R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K
Part Code ST1316
DANES-PICTA.COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

БИБЛІОТЕКА
ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ

Colour Chart #13
Inches Centimetres
Blue Cyan Green Yellow
Red Magenta White 3/Color Black
DANES-PICTA.COM

БИБЛІОТЕКА

ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ

Изданіе Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ.

Библіотека Естествознанія, подъ редакціей проф. П. И. Броунова и В. А. Фаусека.

Ј. Ј. Литровъ.

ТАЙНЫ НЕБА.

съ 8 нѣмецкаго изданія, переработаннаго сообразно съ новѣйшими успѣхами астрономіи

Д-ромъ Эдмундомъ Вейсомъ,

директоромъ Обсерваторіи и профессоромъ Вѣнскаго Университета.

Переводъ съ дополненіями А. А. ИВАНОВА,

доктора астрономіи, приват-доцента С.-Петербургскаго Университета и астронома Пулковской Обсерваторіи.

Съ 336 рисунками въ текстѣ, 8 раскрашенными и 44 черными таблицами.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ. Прачешный пер., № 6.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Первое изданіе книги „Тайны неба“, предлагаемой благосклонному вниманію читателей, было составлено въ 1834 году І. І. Литровымъ. Книга эта обратила на себя вниманіе публики, и еще при жизни автора она выдержала три изданія. Послѣ смерти І. І. Литрова, послѣдовавшей въ 1840 году, заботы о дальнѣйшей судьбѣ этой книги принялъ на себя его сынъ К. Литровъ. Когда явилась потребность въ новомъ изданіи, то К. Литрову уже пришлось значительно переработать все сочиненіе, такъ какъ за это время астрономія сдѣлала большіе успѣхи. Это первое подъ редакціей К. Литрова, а вообще четвертое изданіе „Тайнъ неба“ появилось въ 1853 году. Съ неменьшимъ вниманіемъ отнесся К. Литровъ и къ пятому изданію книги своего отца, которое вышло въ свѣтъ въ 1866 году. Когда же подготовлялось шестое изданіе „Тайнъ неба“, а именно въ концѣ 1877 года, смерть похитила К. Литрова, который передъ тѣмъ долгое время хворалъ и жилъ въ Венеціи. Вслѣдствіе болѣзни К. Литрова уже при его жизни дѣятельное участіе въ подготовленіи шестого изданія „Тайнъ неба“ принималъ его старшій сынъ, внукъ автора книги, А. Литровъ, на долю котораго и выпала честь выпустить въ свѣтъ шестое изданіе. Что же касается седьмого изданія, то его редактированіе было поручено Э. Вейсу, нынѣшнему директору вѣнской обсерваторіи. Подъ его же редакціей вышло и восьмое нѣмецкое изданіе, съ котораго и сдѣланъ предлагаемый читателямъ русскій переводъ. Восьмое нѣмецкое изданіе было напечатано въ 1897 году, т.-е. болѣе чѣмъ черезъ 60 лѣтъ послѣ перваго изданія книги. Имѣя въ виду такой большой промежутокъ времени, всякій пойметъ, что въ восьмомъ изданіи сохранился лишь общій планъ автора книги, І. І. Литрова, въ отдѣльныхъ же своихъ частяхъ книга была ея редакторомъ, Э. Вейсомъ, переработана совершенно заново, такъ какъ за это время во многихъ областяхъ астрономіи, въ полномъ смыслѣ слова, совершились перевороты, и, кромѣ того, образовались цѣлыя новыя отрасли этой науки, напр., примѣненіе спектральнаго анализа и фотографіи къ изученію неба. Такимъ образомъ, уже нѣмецкое изданіе, съ котораго сдѣланъ переводъ, безъ сомнѣ-

нія, стояло на уровнѣ современныхъ требованій науки; но, тѣмъ не менѣе, въ русскомъ переводѣ читатель найдетъ еще немало добавленій, которыя обусловливаются отчасти тѣмъ, что даже за этотъ короткій промежутокъ времени были сдѣланы нѣкоторыя важныя открытія и изслѣдованія, отчасти тѣмъ, что переводчику нѣкоторыя мѣста книги казались недостаточно ясными и полными. Поэтому въ этой книгѣ читатель познакомится со всѣмъ тѣмъ, что въ настоящее время извѣстно астрономамъ относительно небесныхъ тѣлъ. Наконецъ, то обстоятельство, что книга, впервые изданная въ 1834 году, послѣ необходимыхъ измѣненій и дополненій, имѣетъ за границей успѣхъ и въ настоящее время, вполнѣ доказываетъ ея достоинства, и потому выборъ редакціею „Библіотеки Естествознанія“ для русскаго перевода именно этой книги слѣдуетъ признать весьма удачнымъ. Необходимо еще замѣтить, что число рисунковъ въ русскомъ изданіи увеличено сравнительно съ нѣмецкимъ въ два раза, а число таблицъ почти въ четыре.

Апрѣль
1904 г.

Переводчикъ.

СОДЕРЖАНІЕ.

ВВЕДЕНІЕ.

Стран.

Вступленіе 1
§ 1. Круги на шарѣ. 6
§ 2. Свойства большихъ круговъ. 6
§ 3. Взаимное наклоненіе двухъ круговъ 7
§ 4. Небесные и земные круги . . 8
§ 5. Ось міра, полюсы міра, экваторъ 8
§ 6. Горизонтъ, зенитъ, надиръ . . 8
§ 7. Меридіанъ, полуденная линія, главныя точки горизонта . . 9
§ 8. Круги высотъ, высота и азимутъ свѣтила 9
§ 9. Круги склоненія или часовые круги, склоненіе, часовой уголъ. 10
§ 10. Прямое восхожденіе и склоненіе. 10
§ 11. Астрономическія долгота и широта 11
§ 12. Географическія долгота и широта мѣста наблюденія . . . 12
§ 13. Высота полюса міра 12
§ 14. Параллели, альмукантараты . 12
§ 15. Восходъ и заходъ звѣздъ . . 13
§ 16. Кульминація звѣздъ 13
§ 17. Околополярныя звѣзды, ихъ верхняя и нижняя кульминаціи. 13
§ 18. Меридіональная высота свѣтилъ. 14
§ 19. Квадрантъ 14
§ 20. Опредѣленіе высоты полюса. . 15
§ 21. Опредѣленіе склоненій околополярныхъ звѣздъ 15
§ 22. Опредѣленіе склон. звѣздъ, кульминирующихъ къ югу отъ зенита 15
§ 23. Звѣздное время, опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ . . 16
§ 24. Выводы 16

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

Теоретическая астрономія или небесныя явленія вообще.

Глава I. Видъ и размѣры земли.

Стран.

§ 1. Первыя впечатлѣнія 17
§ 2. Земля не есть плоскость и не имѣетъ опоры 17
§ 3. Шарообразность земли . . . 18
§ 4. Другія доказательства шарообразности земли 19
I. Видъ отдаленныхъ предметовъ. 19
II. Путешествія по направленію меридіана и путешествія вокругъ свѣта 20
III. Лунныя затмѣнія 20
IV. Форма другихъ небесныхъ тѣлъ. 20
§ 5. Какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ высокой горы . . 20
§ 6. Размѣры земли 21
§ 7. Болѣе точное опредѣленіе фигуры земли. Основная мѣра. . 22

Глава II. Суточное движеніе земли.

§ 8. Суточное движеніе небеснаго свода. 25
§ 9. Возможность объясненія суточнаго движенія звѣздъ вращеніемъ небесной сферы 27
§ 10. Объясненіе суточнаго движенія звѣздъ вращеніемъ земли . . 27
§ 11. Логическія доказательства вращенія земли 28
I. Скорости вращенія 28
II. Величина небесныхъ тѣлъ . . 29

Стран.

III. Вращеніе другихъ небесныхъ тѣлъ 29
IV. Невозможность допустить равномѣрное движеніе всѣхъ небесныхъ тѣлъ около земли . . 29
V. Отсутствіе центра движенія. . 30
§ 12. Возраженія противъ гипотезы о вращеніи земли 30
§ 13. Физическія доказательства вращенія земли 32
I. Паденіе тѣлъ съ большой высоты 32
II. Пассаты 33
III. Сжатіе земли, центробѣжная сила. 34
§ 14. Сила тяжести, масса и плотность тѣлъ 35
§ 15. Различныя величины силы тяжести на поверхности земли . 36
§ 16. Опредѣленіе напряженія силы тяжести при помощи наблюденій надъ качаніями маятника . . 38
§ 17. Дальнѣйшія доказательства вращенія земли 40
I. Ходъ часовъ 40
II. Опытъ Фуко 41
§ 18. Слѣдствія вращенія земли; перемѣна въ счетѣ чиселъ . . 47

Глава III. Годовое движеніе земли.

§ 19. Явленія, на основаніи которыхъ можетъ быть замѣчено годовое движеніе солнца 49
§ 20. Путь солнца наклоненъ къ экватору 50
§ 21. Опредѣленіе положенія пути солнца относительно экватора . 51
§ 22. Одновременное опредѣленіе наклонности эклиптики и высоты полюса 53
§ 23. Гномонъ 54
§ 24. Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики 55
§ 25. Опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ и положенія равноденственныхъ точекъ 56
§ 26. Составленіе звѣздныхъ каталоговъ 58
§ 27. Двоякое объясненіе годового движенія солнца 58
§ 28. Вѣроятность положенія солнца, какъ важнѣйшаго тѣла нашей планетной системы, въ ея центрѣ. 60
§ 29. Земля движется вокругъ несравненно большаго солнца . 60
§ 30. Сравненіе земли съ другими планетами 60

Стран.

§ 31. Годовое движеніе земли есть слѣдствіе ея суточнаго движенія 62

Глава IV. Времена года.

§ 32. Выгоды и причины смѣны временъ года 63
§ 33. Объясненіе четырехъ временъ года 64
§ 34. Жаркій, холодный и умѣренный поясы земной поверхности. . 67
§ 35. Климаты древнихъ 69
§ 36. Снѣжная граница и изотермы . 70
§ 37. Явленія, которыя наблюдались бы при иной наклонности эклиптики 71

Глава V. Параллаксы свѣтилъ и разстоянія послѣднихъ отъ земли.

§ 38. Кажущееся движеніе предметовъ. 71
§ 39. Опредѣленіе неприступныхъ точекъ и линій на поверхности земли 72
§ 40. Суточный параллаксъ свѣтилъ. 74
§ 41. Опредѣленіе суточнаго параллакса 75
§ 42. Точность опредѣленія разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земли . 76
§ 43. Опредѣленіе размѣровъ небесныхъ тѣлъ 77
§ 44. Годичный параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ 78

Глава VI. Аберрація неподвижныхъ звѣздъ.

§ 45. Первыя, сюда относящіяся явленія. 79
§ 46. Опредѣленіе скорости свѣта . 81
§ 47. Сложеніе и разложеніе скоростей. 85
§ 48. Объясненіе явленія аберраціи . 87
§ 49. Краткій обзоръ всего предыдущаго 88

Глава VII. Прецессія и нутація.

§ 50. Предвареніе равноденствій . . 89
§ 51. Вліяніе прецессіи на видъ неба. 89
§ 52. Полярныя звѣзды для различныхъ эпохъ 90
§ 53. Знаки зодіака и зодіакальныя созвѣздія 91
§ 54. Нѣкоторыя хронологическія изслѣдованія 91

Стран.

§ 55. Нѣкоторыя историческія свѣдѣнія объ астрономіи древнихъ народовъ. 92
§ 56. Нутація. 94
§ 57. Заключеніе. 94

Глава VIII. Планетныя системы.

§ 58. Различныя движенія планетъ. . 95
§ 59. Движенія нижнихъ планетъ . 96
§ 60. Движенія верхнихъ планетъ . 97
§ 61. Первое неравенство въ движеніи планетъ, сидерическія обращенія 99
§ 62. Второе неравенство въ движеніи планетъ, синодическія обращенія. 99
§ 63. Основныя положенія теоріи, предложенной древними астрономами для объясненія движенія планетъ 100
§ 64. Объясненіе перваго неравенства, эксцентрическій кругъ . . . 101
§ 65. Объясненіе второго неравенства, эпициклы и деференты . . . 102
§ 66. Опредѣленіе временъ обращенія планеты по эпициклу и центра эпицикла по деференту . . . 103
§ 67. Планетная система Птоломея. 104
§ 68. Египетская планетная система. 105
§ 69. Планетная система Коперника 106
§ 70. Планетная система Тихо-Браге. 110
§ 71. Недостатокъ планетной системы Коперника 111
§ 72. Первый законъ Кеплера . . 111
§ 73. Другое выраженіе перваго закона Кеплера. 113
§ 74. Изслѣдованія истиннаго вида кривой, описываемой любой изъ планетъ около солнца . . . 114
§ 75. Свойства эллипса 116
§ 76. Второй законъ Кеплера . . 117
§ 77. Третій законъ Кеплера . . 117
§ 78. Постоянная, характеризующая солнечную систему . . . 119

Глава IX. Опредѣленіе элементовъ планетныхъ орбитъ и измѣреніе времени.

§ 79. Геліоцентрическія и геоцентрическія положенія планеты . . 120
§ 80. Наклонность планетныхъ орбитъ; восходящій и нисходящій узлы. 121
§ 81. Долгота планеты въ орбитѣ, долгота въ эклиптикѣ, широта, аргументъ широты 122

Стран.

§ 82. Вычисленіе геліоцентрическаго положенія планеты, средняя и истинная аномаліи 123
§ 83. Таблицы движенія планетъ . . 124
§ 84. Опредѣленіе времени обращенія планеты около солнца. Сидерическія обращенія 125
§ 85. Тропическія обращенія . . . 126
§ 86. Синодическія обращенія . . 126
§ 87. Опредѣленіе сидерическаго обращенія планеты по синодическому 127
§ 88. Опредѣленіе разстояній отъ планетъ до солнца 129
§ 89. Опредѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ 130
§ 90. Опредѣленіе положенія линіи апсидъ 130
§ 91. Движеніе апсидъ 131
§ 92. Продолжительность временъ года въ различныхъ столѣтіяхъ . . 131
§ 93. Измѣреніе времени. Звѣздное время 133
§ 94. Истинное солнечное время . . 134
§ 95. Среднее время 134
§ 96. Уравненіе времени 135
§ 97. Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и обратно 135
§ 98. Введеніе средняго времени въ гражданскую жизнь 138
§ 99. Нормальное время 139

Глава X. Лунныя и солнечныя затмѣнія.

§ 100. Лунныя затмѣнія 141
§ 101. Предвычисленіе луннаго затмѣнія. 145
§ 102. Солнечныя затмѣнія . . . 147
§ 103. Обстоятельства, сопровождающія солнечное затмѣніе. . 150

Глава XI. Земная атмосфера.

§ 104. Высота и плотность атмосферы. 152
§ 105. Рефракція 153
§ 106. Рефракція въ горизонтѣ . . 155
§ 107. Мерцаніе звѣздъ 156
§ 108. Земная рефракція 157
§ 109. Отраженіе солнечныхъ лучей атмосферой 157
§ 110. Сумерки 158
§ 111. Поглощеніе свѣта атмосферой. 159
§ 112. Оптическіе обманы 160
§ 113. Зодіакальный свѣтъ . . . 162

Глава VIII. Сатурнъ.

Стран.
§ 81. Общія свѣдѣнія 377
§ 82. Полосы на поверхности Сатурна и его атмосфера . . . 378
§ 83. Вращеніе и сжатіе Сатурна . 379
§ 84. Система колецъ Сатурна . . 381
§ 85. Измѣненія видимой формы колецъ Сатурна 383
§ 86. Вращеніе колецъ и ихъ физическое строеніе 386
§ 87. Размѣры Сатурна и его колецъ 389
§ 88. Видъ кольца съ Сатурна . . 391

Глава IX. Уранъ.

§ 89. Разстояніе и время обращенія Урана 393
§ 90. Открытіе Урана и общія свѣдѣнія о немъ 393
§ 91. Вращеніе, сжатіе и спектръ Урана 394
§ 92. Времена года на Уранѣ . . 395

Глава X. Нептунъ.

§ 93. Неправильности въ движеніи Урана; догадки о существованіи планеты за Ураномъ. 396
§ 94. Болѣе точныя изслѣдованія движенія Урана. Леверье. 399
§ 95. Открытіе новой планеты и ея названіе 404
§ 96. Работы Адамса, касающіяся теоріи Урана 405
§ 97. Заключительныя замѣчанія. Общія свѣдѣнія относительно Нептуна 408
§ 98. Существуютъ ли транснептуніальныя планеты 410
§ 99. Жители планетъ 410

Глава XI. Луна.

§ 100. Время обращенія луны около земли и ея разстояніе отъ этой послѣдней 411
§ 101. Фазы луны 413
§ 102. Фазы земли, видимыя съ поверхности луны 416
§ 103. Пепельный свѣтъ луны . . . 417
§ 104. Меридіональныя высоты луны во время полнолунія лѣтомъ и зимой 418
§ 105. Вращеніе луны около оси . . 418
§ 106. Времена года и смѣна дней и ночей на лунѣ 419
Стран.
§ 107. Лунная атмосфера и вода на лунѣ 421
§ 108. Какой видъ имѣетъ небо съ поверхности луны 422
§ 109. Передняя и задняя стороны луны 424
§ 110. Вліяніе луны на землю . . . 424
§ 111. Размышленія о путешествіи на луну 425
§ 112. Видъ луны 427
§ 113. Горныя цѣпи, борозды, свѣтлыя полосы и т. д. 430
§ 114. Кольцеобразныя горы на лунѣ. 434
§ 115. Измѣреніе высоты лунныхъ горъ 436
§ 116. Топографія луны 438
§ 117. Перемѣны на поверхности луны. 440
§ 118. Жители луны 442
§ 119. Сношенія съ жителями луны. 444

Глава XII. Спутники внѣшнихъ планетъ.

I. Спутники Марса.

§ 120. Открытіе спутниковъ Марса . 445
§ 121. Размѣры спутниковъ Марса и ихъ движеніе 450

II. Спутники Юпитера.

§ 122. Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера 452
§ 123. Затмѣнія спутниковъ Юпитера и ихъ прохожденія передъ дискомъ планеты 453
§ 124. Замѣчательное соотношеніе между движеніями спутниковъ Юпитера 456
§ 125. Примѣненіе вышеуказаннаго соотношенія къ астрономическимъ изслѣдованіямъ . . 457
§ 126. Элементы орбитъ четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера, размѣры и физическія свойства этихъ небесныхъ тѣлъ 458
§ 127. Открытіе пятаго спутника Юпитера и общія свѣдѣнія о немъ 460
§ 128. Видъ неба со спутниковъ Юпитера 461

III. Спутники остальныхъ планетъ.

§ 129. Спутники Сатурна 461
§ 130. Спутники Урана 464
§ 131. Спутникъ Нептуна 465
§ 132. Возможные спутники Меркурія и Венеры 466

Глава XIII. Кометы.

Стран.

§ 133. Число кометъ 467
§ 134. Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики . 467
§ 135. Видъ и размѣры кометъ . 468
§ 136. Самыя большія кометы . . 471
§ 137. Собственный свѣтъ и спектры кометъ 473
§ 138. Прозрачность кометъ, ихъ масса и плотность . . 474
§ 139. Вычисленіе кометныхъ орбитъ 475
§ 140. Комета Галлея 480
§ 141. Первое отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея . . . 481
§ 142. Второе и третье достовѣрныя появленія кометы Галлея . . 482
§ 143. Четвертое появленіе кометы Галлея 483
§ 144. Пятое появленіе кометы Галлея 484
§ 145. Шестое появленіе кометы Галлея 485
§ 146. Явленія, наблюдавшіяся въ кометѣ Галлея во время ея появленія въ 1835 г. 485
§ 147. Комета 1862 III 488
§ 148. Комета Энке 489
§ 149. Комета Біэлы 491
§ 150. Замѣчанія относительно столкновенія кометъ съ землею . 493
§ 151. Періодическая комета Фая . 496
§ 152. Построеніе модели кометной орбиты 497
§ 153. Комета 1844 I и 1894 IV . 498
§ 154. Комета Брорзена . . . 501
§ 155. Кометы 1770 I и 1889 V . 502
§ 156. Комета Хольмеса 505
§ 157. Большая комета 1843 года . 507
§ 158. Большая южная комета 1880 г. 515
§ 159. Большая комета 1882 года . 518
§ 160. Комета Донати 525
§ 161. Большая комета 1861 года . 531
§ 162. Комета Коджіа 533
§ 162,а. Фотографированіе кометъ . . 534
§ 163. Природа кометъ 536
§ 164. Значеніе и вліяніе, которыя прежде приписывались кометамъ 540
§ 165. Обитатели кометъ 542

Глава XIV. Падающія звѣзды.

§ 166. Общія свѣдѣнія о падающихъ звѣздахъ 542
§ 167. Паденіе аэролитовъ 544
Стран.
§ 168. Высота, на которой появляются метеоры, масса метеоровъ и періодическія измѣненія въ числѣ наблюдаемыхъ метеоровъ 551
§ 169. Спорадическіе метеоры и періодическіе метеорные потоки. 558
§ 170. Происхожденіе метеорныхъ колецъ 562
§ 171. Положеніе кометъ и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ 565
§ 172. Подробныя свѣдѣнія о четырехъ важнѣйшихъ метеорныхъ потокахъ 567

Глава XV. Число неподвижныхъ звѣздъ, ихъ разстояніе отъ земли и размѣры.

§ 173. Видимая величина звѣздъ и ихъ цвѣтъ 575
§ 174. Измѣненія яркости и цвѣта звѣздъ 578
§ 175. Историческія свѣдѣнія относительно параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ 579
§ 176. Точныя опредѣленія параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ 582
§ 177. Размѣры неподвижныхъ звѣздъ и сравненіе ихъ яркости съ яркостью нашего солнца . . 585
§ 178. Физическія свойства звѣздъ 588
§ 179. Число звѣздъ 592
§ 180. Распредѣленіе звѣздъ въ пространствѣ 596
§ 181. Описаніе млечнаго пути . . . 600
§ 182. Другіе млечные пути 602
§ 183. Собственныя движенія звѣздъ 604
§ 184. Движеніе нашего солнца въ пространствѣ 608

Глава XVI. Двойныя звѣзды.

§ 185. Области неба, богатыя звѣздами 610
§ 186. Раздѣленіе двойныхъ звѣздъ на классы, яркость составляющихъ въ двойныхъ звѣздахъ, число и распредѣленіе двойныхъ звѣздъ 611
§ 187. Тройныя и вообще кратныя звѣзды 613
§ 188. Цвѣта двойныхъ звѣздъ . . . 614
§ 189. Движеніе двойныхъ звѣздъ . 616
§ 190. Опредѣленіе орбитъ двойныхъ звѣздъ 618
§ 191. Подробности относительно нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ . 619

Стран.

§ 192. Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ 627
§ 193. Орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ; видъ неба съ этихъ планетъ . . . 629
§ 194. Измѣнчивость собственнаго движенія нѣкоторыхъ неподвижныхъ звѣздъ 631
§ 195. Открытіе двойныхъ звѣздъ при помощи спектроскопа . 635
§ 196. Исторія открытія двойныхъ звѣздъ 637

Глава XVII. Перемѣнныя звѣзды.

§ 197. Общія свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ 639
§ 198. Подробныя свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ . . . 642
§ 199. Старинныя извѣстія о временныхъ, или новыхъ звѣздахъ 657
§ 200. Природа перемѣнныхъ звѣздъ 658

Глава XVIII. Звѣздныя скопленія и туманности.

§ 201. Образованія, подобныя млечному пути 660
§ 202. Звѣздныя скопленія 662
§ 203. Большія туманности . . . 667
§ 204. Туманности правильной формы 669
§ 205. Двойныя туманности 670
§ 206. Планетарныя и кольцеобразныя туманности 670
§ 207. Туманныя звѣзды 672
§ 208. Звѣзды съ туманными лучами 674
§ 209. Спиральныя туманности . . . 675
§ 210. Нѣкоторыя другія замѣчательныя туманности 677
§ 211. Туманность въ Андромедѣ . . 679
§ 212. Большая туманность въ Оріонѣ 679
§ 213. Звѣздныя скопленія и туманности южнаго неба 681
§ 214. Собственныя движенія туманныхъ пятенъ и измѣненія, происходящія въ этихъ небесныхъ тѣлахъ 682
§ 215. Природа туманныхъ пятенъ . 686

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ.

Физическая астрономія или законы небесныхъ движеній.

Глава I. Всемірное тяготѣніе.

Стран.

§ 1. Мгновенныя и непрерывныя силы 690
§ 2. Свободное паденіе тѣлъ на земной поверхности 691
§ 3. Предшественники Ньютона . 693
§ 4. Первыя мысли Ньютона относительно закона всемірнаго тяготѣнія 695
§ 5. Какъ дѣйствуетъ сила притяженія 696
§ 6. Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся и находящіяся въ покоѣ тѣла . . . 698
§ 7. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ лунѣ 699
§ 8. Дальнѣйшія изслѣдованія Ньютона 701
§ 9. Старое преданіе о томъ, какъ Ньютонъ открылъ законъ всемірнаго тяготѣнія . 702
§ 10. Краткое содержаніе «Principia» Ньютона 704
§ 11. Общность закона всемірнаго тяготѣнія 705
§ 12. Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли 706
§ 13. Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ искусственной лунѣ 707
§ 14. Принципъ сохраненія площадей при движеніи подъ вліяніемъ центральной силы . . 708
§ 15. Коническія сѣченія 709
§ 16. Условія, при которыхъ орбита будетъ эллиптической или гиперболической 711
§ 17. Вѣроятность эллиптической орбиты 713
§ 18. Центръ свободнаго вращенія планетъ 714
§ 19. Свободная ось вращенія . . . 714
§ 20. Устойчивость осей вращенія планетъ 715

Глава II. Масса, плотность и фигура небесныхъ тѣлъ.

§ 21. Болѣе подробное разсмотрѣніе закона всемірнаго тяготѣнія . 716
§ 22. Опредѣленіе ускоренія силы тяжести на небесныхъ тѣлахъ 718
§ 23. Опредѣленіе массы солнца . . 719
§ 24. Опредѣленіе массъ планетъ и двойныхъ звѣздъ 720
§ 25. Сжатіе какъ результатъ вращенія 721
§ 26. Положеніе земной оси въ прежнія времена 722
§ 27. Неизмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси . . . 724

Стран.

§ 28. Внутренняя теплота земли . 725
§ 29. Постоянство средней температуры земли въ историческія времена 726
§ 30. Возрастъ земли и планетъ 728
§ 31. Температура мірового пространства 728
§ 32. Плотность небесныхъ тѣлъ . 729
§ 33. Плотность земли 729

Глава III. Морскіе и атмосферные приливы и отливы.

§ 34. Явленіе приливовъ и отливовъ 731
§ 35. Причина приливовъ и отливовъ 732
§ 36. Мѣстныя условія, измѣняющія явленіе приливовъ и отливовъ; прикладной часъ . 732
§ 37. Объясненіе приливовъ и отливовъ 734
§ 38. Опредѣленіе массы луны; исторія теоріи приливовъ и отливовъ 735
§ 39. Атмосферные приливы и отливы 736

Глава IV. Возмущенія планетъ вообще.

§ 40. Трудность опредѣленія возмущеній 737
§ 41. Обстоятельства, облегчающія рѣшеніе задачи. I. Большія разстоянія свѣтилъ отъ земли. 737
§ 42. II. Незначительность планетныхъ массъ въ сравненіи съ массой солнца 738
§ 43. III. Незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ 739
§ 44. IV. Большія взаимныя разстоянія планетъ 740
§ 45. Задача о трехъ тѣлахъ . . . 740

Глава V. Періодическія возмущенія.

§ 46. Два рода возмущеній . . . 741
§ 47. Періодическія возмущенія луны. I. Эвекція 741
§ 48. II. Варіація 743
§ 49. III. Болѣе мелкія возмущенія луннаго движенія 743
§ 50. Опредѣленіе солнечнаго параллакса и сжатія земли изъ возмущеній луны 744
§ 51. Періодическія и частныя возмущенія планетъ 745

Стран.

§ 52. Большое неравенство въ движеніи Юпитера и Сатурна . 746

Глава VI. Вѣковыя возмущенія.

§ 53. Вѣковыя возмущенія луны, движеніе линіи узловъ . . . 747
§ 54. Движеніе линіи апсидъ лунной орбиты 748
§ 55. Наглядное представленіе движенія линіи апсидъ лунной орбиты 748
§ 56. Ускореніе средняго движенія. 751
§ 57. Вѣковыя возмущенія въ движеніи линіи апсидъ и линіи узловъ 752
§ 58. Вѣковыя измѣненія вращенія луны 752
§ 59. Видимыя либраціи луны . . . 753
§ 60. Вѣковыя возмущенія планетъ 754
§ 61. Измѣненіе длины тропическаго года 755
§ 62. Вліяніе возмущеній на времена года 757
§ 63. Вѣковыя возмущенія какъ средство для опредѣленія массъ 757
§ 63,а. Движеніе земли въ пространствѣ 758

Глава VII. Происхожденіе и продолжительность существованія вселенной.

§ 64. Старѣйшія космогоническія гипотезы 758
§ 65. Особенности устройства планетной системы 761
§ 66. Гипотеза Канта-Лапласа 761
§ 66,а. Новѣйшія воззрѣнія на происхожденіе небесныхъ тѣлъ . 765
§ 67. Общія замѣчанія относительно прочности системы міра . 768
§ 68. Неизмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ . . 769
§ 69. Измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ тѣсныхъ предѣлахъ 770
§ 70. Другія причины устойчивости солнечной системы . . . 771
§ 71. Необходимое ограниченіе вышеприведенныхъ соображеній 772

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

Наблюдательная астрономія, или описаніе и употребленіе астрономическихъ инструментовъ.

Стран.

§ 1. Предварительныя замѣчанія . 774
§ 2. Инструменты древнихъ. Гномонъ 777
§ 3. Древніе инструменты: трикветръ, квадрантъ, астролябія, армиллярная сфера . . . 778
§ 4. Стѣнной квадрантъ 782
§ 5. Изобрѣтеніе и устройство зрительной трубы 784
§ 6. Постепенное усовершенствованіе зрительныхъ трубъ . 789
§ 7. Примѣненіе зрительныхъ трубъ къ измѣрительнымъ инструментамъ 795
§ 8. Отражательный секстантъ Гадлея 798
§ 9. Повѣрка отражательнаго секстанта 799
§ 10. Наблюденія отражательнымъ секстантомъ 800
§ 11. Опредѣленіе времени вообще . 802
§ 12. Диплейдоскопъ Дента и пассажная призма Штейнгейля 805
§ 13. Приборъ Эбле для опредѣленія времени 807
§ 14. Опредѣленіе времени по соотвѣтствующимъ высотамъ . . 808
§ 15. Кронодейкъ 810
§ 16. О солнечныхъ часахъ вообще 811
§ 17. Горизонтальные часы 812
§ 18. Экваторіальные часы . . . 815
§ 19. Солнечные часы на любой поверхности 816
§ 20. Опредѣленіе поправки и хода часовъ 817
§ 21. Устройство часовъ 820
§ 22. Испытаніе хронометровъ . . 822
§ 23. Уровень или ватерпасъ 824
§ 24. Полуденная труба 827
§ 25. Повѣрка полуденной трубы . 828
§ 26. Наблюденія полуденной трубою 832
§ 27. Меридіанный кругъ . . 835
§ 28. Опредѣленіе ошибки индекса меридіаннаго круга 837
§ 29. Историческія замѣчанія о меридіанномъ кругѣ 839
§ 30. Универсальный инструментъ . 842
§ 31. Повѣрка универсальнаго инструмента 844

Стран.

§ 32. Теодолитъ. Вертикальный кругъ. 846
§ 33. Экваторіалахъ 847
§ 34. Вывѣрка экваторіала 849
§ 35. Часовой механизмъ экваторіала 851
§ 36. Историческія замѣчанія объ экваторіалахъ 852
§ 37. Наблюденія съ экваторіаломъ . 858
§ 38. Винтовой микрометръ 860
§ 39. Позиціонный микрометръ . . 861
§ 40. Кольцевой микрометръ 863
§ 41. Геліометръ 864
§ 41, *a*. Астрофизическіе приборы . 867
§ 42. Поперечный масштабъ, верньеръ и микроскопъ для отсчитыванія дѣленій 875
§ 43. Опредѣленіе долготы мѣста изъ наблюденій падающихъ звѣздъ, свѣтовыхъ сигналовъ и затмѣній 877
§ 44. Опредѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ и по кульминаціямъ луны 879
§ 45. Опредѣленіе долготы по телеграфу и перевозкой хронометровъ 881
§ 46. Морская астрономія . . . 882
§ 47. Систематическія и случайныя ошибки 887
§ 48. Способъ наименьшихъ квадратовъ 890
§ 49. Обсерваторіи 891
§ 50. Важность любительскихъ работъ въ астрономіи 899

ПРИЛОЖЕНІЕ.

Элементы планетъ, спутниковъ и кометъ нашей солнечной системы.

Обзоръ планетной системы 1
A. Элементы орбитъ большихъ планетъ 8
B. Элементы орбитъ спутниковъ 9
*C. I. Алфавитный списокъ астероидовъ 12
C. II. Элементы орбитъ астероидовъ* 15
Списокъ вычисленныхъ кометъ . . . 30
Примѣчанія къ списку кометъ . . . 42
Сопоставленіе періодическихъ кометъ, которыя наблюдались не менѣе какъ въ двухъ прохожденіяхъ черезъ перигелій 50

Предметный указатель 57

Отдѣльныя иллюстраціи.

А. Цвѣтныя таблицы.

Къ стран.

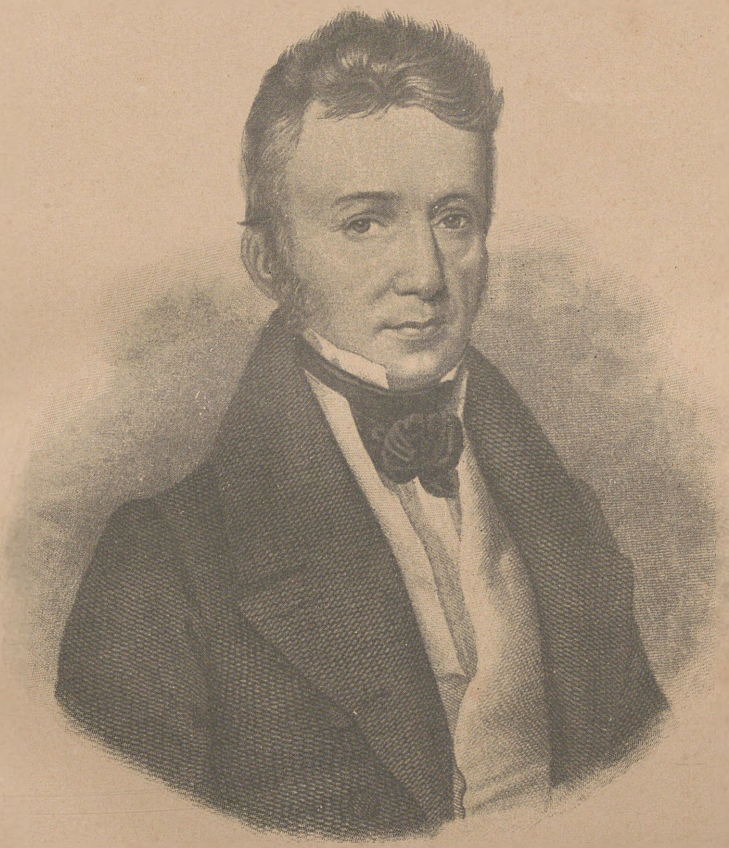
1. Частное затмѣніе луны 3 августа 1887 года 144
2. Сѣверное звѣздное небо 174
3. Южное звѣздное небо 178
4. Спектры лучеиспусканія и поглощенія 202
5. Солнечные протуберанцы 247
6. Марсъ 308
7. Карта луны 428
8. Спектры небесныхъ тѣлъ 589

Б. Черныя таблицы.

1. Портретъ І. І. Литрова, автора книги «Тайны неба» 1
2. Портреты Птоломея, Коперника, Тихо-Браге и Кеплера 112
3. Фотографическій снимокъ солнца, сдѣланный 9 февраля 1892 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ 209
4. Солнечная грануляція. Солнечное пятно, наблюдавшееся въ Неаполѣ 27 сентября 1826 года 210
5. Портреты Гюйгенса, Ньютона, Фраунгофера, Р. Вольфа 214
6. Венера въ 1897 году, по рисункамъ, сдѣланнымъ на обсерваторіи въ Жювизи . 287
7. Портреты Д. Гершеля, Э. Пикеринга, Д. Скіапарелли и К. Фламмаріона 314
8. Юпитеръ, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи 370
9. Сатурнъ, по рисунку, сдѣланному Килеромъ 379
10. Фазы луны 415
11. Видъ земли съ поверхности луны 416
12. Первая четверть луны по фотографіи, снятой Лёви и Пюизе 6 марта 1895 г. 427
13. Апеннины, горная цѣпь на лунѣ 430
14. Борозда въ центрѣ луннаго диска 432
15. Лунный пейзажъ. Архимедъ и Апеннины. Гассенди 434
16. Лунный кратеръ Линней 441
17. Портреты Галилея, Бесселя, В. Я. Струве и А. Холля 452
18. Разныя формы кометъ. Комета 1811 года 471
19. Портреты П. Жансена, Э. Галлея, Л. Вейнека, В. Гульда 480

Къ стран.

20. Комета Галлея 488
21. Комета Донати 526
22. Комета Коджіа 533
23. Комета Рордама, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи 535
24. Метеоритъ изъ Грашина. Палласово желѣзо. Видманштеттовы фигуры 546
25. Спектры звѣздъ 590
26. Часть млечнаго пути въ созвѣздіи Стрѣльца, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Ареквипѣ 602
27. Звѣздныя кучи по Д. Гершелю. Туманности правильной формы 663
28. Скопленіе туманностей около звѣздъ α (Антаресъ) и ν Scorpii, по фотографіи Барнарда 668
29. Спиральная туманность въ Охотничьихъ собакахъ. Кольцевая туманность въ Лирѣ. 671
30. Туманность въ созвѣздіи Андромеды, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи. 679
31. Туманность въ созвѣздіи Оріона, по фотографіи, снятой Исаакомъ Робертсомъ . 680
32. Звѣздная куча около звѣзды ω Centauri, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Ареквипѣ 682
33. Портреты Лапласа, Ньюкомба, Гюльдена и Тиссерана 740
34. Астрономическая обсерваторія въ Пекинѣ. Астрономическая обсерваторія въ Бенаресѣ. 780
35. Астрономическіе инструменты XVII столѣтія. Телескопъ патера Готтиньепа въ Римѣ. 788
36. 30-дюймовый рефракторъ Пулковской обсерваторіи 791
37. Астрономическіе часы Страсбургскаго собора 824
38. Большой меридіанный залъ Парижской обсерваторіи 838
39. Меридіанный кругъ обсерваторіи въ Безансонѣ 841
40. Астрографъ Потсдамской обсерваторіи 871
41. Общій видъ Пулковской обсерваторіи 895
42. Башня 30-дюймоваго рефрактора въ Пулковѣ 895
43. 27-дюймовый рефракторъ Вѣнской обсерваторіи 896
44. Общій видъ Парижской обсерваторіи. Общій видъ Потсдамской астро-физической обсерваторіи 899



Іозефъ-Іоганнъ Литровъ (1781—1840).

авторъ книги „Тайны неба“.

ВВЕДЕНІЕ

Изъ всѣхъ наукъ, которыми человѣкъ занимался съ древнѣйшихъ временъ, астрономія представляетъ наиболѣе длинный рядъ великихъ и важныхъ открытій. Цѣлая бездна лежитъ между простымъ созерцаніемъ неба первыми людьми и тѣмъ знаніемъ, которымъ мы нынѣ вооружены по отношенію къ разнообразнымъ небеснымъ тѣламъ, и которое позволяетъ намъ съ огромною точностью опредѣлять не только явленія давно прошедшихъ вѣковъ, но также и тѣ, которыя въ отдаленномъ будущемъ представятся нашимъ потомкамъ.

Для каждаго образованнаго человѣка представляетъ высокій интересъ тотъ путь, которымъ были достигнуты такія знанія. Для пріобрѣтенія ихъ потребовались соединенныя усилія умнѣйшихъ людей всѣхъ образованныхъ странъ въ теченіе многихъ вѣковъ; эти усилія и подняли астрономію на ту высоту, на которой она находится теперь, на которой она является предметомъ удивленія и составляетъ, такъ сказать, гордость человѣческаго ума. Слово гордость здѣсь, впрочемъ, быть-можетъ, не совсѣмъ умѣстно. Какъ ни высока цѣль, къ достиженію которой умъ человѣческій стремился, и которой онъ, по крайней мѣрѣ отчасти, дѣйствительно, достигъ, все же путь, приведшій его къ этой цѣли, и способъ, какимъ этотъ путь былъ пройденъ, должны скорѣе внушить намъ чувство смиренія и сознаніе безсилія, сопровождающее обыкновенно человѣка при отысканіи истины. Мы увидимъ, что умъ человѣческій въ астрономіи проникъ дальше, чѣмъ во всѣхъ другихъ наукахъ, но увидимъ также, что важнѣйшія открытія часто дѣлались благодаря случаю, и что нерѣдко человѣкъ, въ поискахъ за однѣми истинами, блуждая безплодно по намѣченному пути цѣлыя столѣтія, въ концѣ концовъ наталкивался на совершенно другія.

Въ теченіе почти цѣлыхъ четырехъ первыхъ тысячелѣтій такъ называемаго историческаго періода астрономія находилась въ младенческомъ состояніи, и только за два столѣтія до начала христіанской эры она, въ александрійской школѣ, подъ покровительствомъ Птоломеевъ, сдѣлала первые робкіе шаги. Но наступившее вслѣдъ за тѣмъ господство римлянъ, которые никогда не занимались этой наукой, и разрушеніе ихъ имперіи, потрясшее весь тогдашній міръ, погребли также и астрономію подъ тѣми развалинами, которыя въ теченіе долгаго времени послѣ этой печальной эпохи тяготѣли надъ искусствомъ, наукой и просвѣщеніемъ вообще. Какъ бы въ вознагражденіе за это, въ седьмомъ столѣтіи является кочевой степной народъ, славные завоеватели—арабы, народъ, прославившійся счастіемъ своего оружія, хотя и кратковременнымъ, но сіявшимъ на далекое пространство, а также своимъ покровительствомъ наукамъ и особенно астрономіи. Съ паденіемъ этого геройскаго народа надъ землею снова ложится глубокая ночь варварства. Невѣжество и суевѣріе дѣлаются лозунгомъ одичавшихъ народовъ: общій упадокъ нравовъ, чудовищныя войны и ихъ обычныя послѣдствія — утомленіе, нужда и опустошительныя повальныя болѣзни—наполняютъ лѣтописи послѣдующихъ столѣтій исторіи человѣчества.

Черезъ 1500 лѣтъ послѣ начала нашего лѣтосчисленія снова пробуждается отъ глубокаго сна человѣческій геній. Во второй разъ онъ зажигаетъ факелъ надъ обагренной кровью и покрытой развалинами невѣжества и варварства Европой, погасивъ его, казалось навсегда, надъ Азіей и Африкой. Своими благодѣтельными лучами онъ освѣщаетъ теперь новыя страны, до тѣхъ поръ чуждыя цивилизаціи и неизвѣстныя въ предшествующей исторической эпохѣ.

Направляемые его лучами, Колумбъ открываетъ Новый Свѣтъ, а Коперникъ—новую планетную систему. Ими начинается эпоха новой, лучшей общественной и умственной жизни. Изъ нѣдръ Германіи исходитъ важнѣйшее изъ всѣхъ изобрѣтеній—искусство книгопечатанія, которое обезпечиваетъ сохраненіе всѣхъ остальныхъ искусствъ и наукъ и дѣлаетъ невозможнымъ возвращеніе къ прежнему варварству. Въ то же время въ Италіи, подъ покровительствомъ Медичей, извлекаются изъ могилъ рукописи грековъ и римлянъ, и снова расцвѣтаютъ, подъ животворящимъ дыханіемъ оживающаго духа древнихъ, изящныя искусства. Безъ малаго четыре столѣтія прошло съ тѣхъ поръ до настоящаго времени,—блестящихъ, славныхъ; но и теперь еще дрожатъ струны эпохи Возрожденія, и теперь еще до умственнаго уха человѣчества доходятъ производимые ими небесные звуки. Настоящій моментъ застаетъ насъ въ неудержимомъ движеніи впередъ; широко и глубоко текутъ передъ нами потоки знанія, и теперь уже смѣло можно не опасаться, что они будутъ когда-нибудь задержаны возвратомъ прежнихъ, враждебныхъ наукѣ, силъ.

Нравственный законъ въ насъ самихъ и усѣянное звѣздами небо надъ нами—вотъ что, по словамъ безсмертнаго нѣмецкаго философа, заслуживаетъ особеннаго нашего вниманія, вотъ чему мы постоянно должны удивляться.

Нравственный законъ, носимый человѣкомъ въ душѣ, такъ близко касается каждаго, что не требуетъ никакихъ дальнѣйшихъ разъясненій. Что же касается звѣзднаго неба... Но почему мы всегда съ такимъ наслажденіемъ смотримъ на это усѣянное звѣздами небо, что̀ постоянно снова и снова влечетъ насъ къ нему, какъ бы часто мы имъ ни любовались? Въ чемъ собственно состоитъ то высокое наслажденіе, которое доставляетъ видъ звѣзднаго неба всякому образованному человѣку? Не изъ-за одного же только любопытства такъ часто обращаемъ мы наши взоры къ небесному своду съ его безчисленными звѣздами.

Большой городъ, освѣщенный въ ночное время безчисленнымъ множествомъ фонарей, или безконечно длинная процессія съ факелами, безъ сомнѣнія, тоже представляютъ величественныя зрѣлища. Но мы не можемъ долго любоваться ими, такъ какъ наше вниманіе скоро утомляется однообразіемъ этихъ предметовъ. Точно также и видъ раскинутаго надъ нами небеснаго свода съ его многочисленными звѣздами для того, кто не интересуется наблюдаемыми на немъ явленіями, мало чѣмъ отличается отъ вида куполообразнаго собора, освѣщеннаго безчисленнымъ множествомъ свѣчей. Правда, въ первый разъ мы съ удивленіемъ останавливаемся передъ такой грандіозной картиной, но вскорѣ быстро привыкаемъ къ этому зрѣлищу и совершенно равнодушно проходимъ мимо него.

Для дикихъ, невѣжественныхъ людей видъ звѣзднаго неба только потому представляетъ слишкомъ мало интереса, что они при этомъ вовсе не задумываются надъ причинами наблюдаемыхъ на небесномъ сводѣ явленій. Для образованнаго же человѣка, который не съ простымъ любопытствомъ смотритъ на небо, а, напротивъ того, всецѣло проникнутъ желаніемъ постичь тайны природы, то-же самое звѣздное небо съ каждымъ разомъ дѣлается все привлекательнѣе. Но и среди образованныхъ людей не мало есть такихъ, которые, видя, что солнце, луна и безчисленныя звѣзды ежедневно восходятъ и заходятъ, ни разу не предложили себѣ вопроса, откуда онѣ являются, куда исчезаютъ и почему вѣчно движутся по однимъ и тѣмъ же путямъ около земли. Размышленіе о причинахъ движенія свѣтилъ небесныхъ, желаніе глубже проникнуть въ тайны природы нашимъ умственнымъ взоромъ—вотъ что съ такой неудержимой силою постоянно влечетъ насъ къ этимъ звѣздамъ, въ огромномъ числѣ украшающимъ въ ясныя ночи небосклонъ, и видъ звѣзднаго неба, не смотря на свое однообразіе, не только не надоѣдаетъ, но каждый разъ приноситъ намъ новое наслажденіе.

Впослѣдствіи мы увидимъ, что астрономія на каждомъ шагу доставляетъ намъ случаи къ размышленію. Но теперь мы должны прежде всего отказаться отъ тѣхъ предубѣжденій, которыя укоренились въ насъ съ ранняго дѣтства и которыя сильно мѣшаютъ намъ со-

ставить ясный взглядъ на великія творенія природы. Поводъ къ этому даетъ сама астрономія. Всѣ ея ученія находятся въ прямомъ противорѣчіи съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ. Наша земля, напримѣръ, представляется намъ съ перваго взгляда совершенно неподвижной. А между тѣмъ, въ дѣйствительности, невидимая рука заставляетъ ее, вмѣстѣ со всѣми находящимися на ней предметами, вмѣстѣ съ окружающимъ ее воздушнымъ океаномъ, въ теченіе сутокъ совершать полный оборотъ около оси; кромѣ того, въ теченіе года она описываетъ полный кругъ около солнца, и скорость этого движенія далеко превосходитъ тѣ скорости, которыя мы можемъ получить на землѣ, пользуясь силою пороха или пара. Луна и солнце представляются намъ въ видѣ небольшихъ круглыхъ дисковъ, прикрѣпленныхъ къ небесному своду и, слѣдовательно, находящихся на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ насъ, а, между тѣмъ, въ дѣйствительности разстояніе отъ земли до луны равно 380 тысячамъ километровъ, а отъ земли до солнца 150 милліонамъ километровъ, и солнце почти въ $1^1/_4$ милліона разъ больше земли. Планеты, изъ которыхъ нѣкоторыя представляются едва замѣтными свѣтлыми точками на небесномъ сводѣ, суть ни что иное, какъ земли, подобныя нашей землѣ, и весьма возможно, что онѣ также населены какими-нибудь существами. Мерцающія по ночамъ на небѣ звѣзды, которыя, несмотря на ихъ огромное число, доставляютъ намъ лишь весьма скудное освѣщеніе, суть такія-же солнца, какъ и наше; каждая изъ нихъ служитъ источникомъ жизни и свѣта для окружающихъ ее планетъ. Во всѣхъ этихъ отдаленныхъ системахъ планеты съ незапамятныхъ временъ движутся въ никогда ненарушимомъ порядкѣ около своихъ центральныхъ тѣлъ, причемъ всѣми этими системами управляетъ одинъ и тотъ-же законъ—законъ всемірнаго тяготѣнія.

Наша земля, служащая намъ колыбелью, жилищемъ и могилой, какъ бы огромна она намъ ни казалась, для жителей отдаленнѣйшихъ планетъ нашей солнечной системы должна представляться едва замѣтной свѣтлой точкой на небесномъ сводѣ. Въ свою очередь, наша солнечная система превращается въ такую-же ничтожную точку въ сравненіи со всѣмъ міровымъ пространствомъ, наполненнымъ безчисленнымъ множествомъ подобныхъ системъ. Очевидно, что, если мы поставимъ себѣ цѣлью подробно изучить наблюдаемыя нами на небесномъ сводѣ явленія и отыскать причину разнообразныхъ движеній небесныхъ тѣлъ, то такая задача окажется весьма нелегкой. Явленія, наблюдаемыя нами на усѣянномъ звѣздами небесномъ сводѣ, такъ разнообразны и такъ удивительно между собою перепутаны, что только благодаря остроумію цѣлаго ряда выдающихся людей всѣхъ эпохъ и всѣхъ народовъ возможно было разобраться въ этой путаницѣ и въ видимомъ безпорядкѣ отыскать единство и гармонію. Пришлось преодолѣть необыкновенныя трудности, прежде чѣмъ удалось, наконецъ, удивительную запутанность движеній небесныхъ свѣтилъ объяснить движеніемъ самой земли, съ которой мы, по необходимости, наблюдаемъ всѣ небесныя явленія.

Только тогда, когда перестали смотрѣть на землю, какъ на неподвижный центръ вселенной, явилась возможность отдѣлить видимыя движенія небесныхъ тѣлъ отъ ихъ истинныхъ движеній и затѣмъ, на основаніи этихъ послѣднихъ, найти законы, подчиняясь которымъ планеты движутся около солнца. Наконецъ еще одинъ шагъ впередъ,—и мы изъ этихъ законовъ выводимъ самый общій законъ, дѣйствующій во вселенной, такъ называемый законъ всемірнаго тяготѣнія, на основаніи котораго весьма просто и точно объясняются самыя разнообразныя небесныя явленія. Онъ состоитъ въ томъ, что всякія два тѣла въ природѣ взаимно притягиваются съ силою прямо пропорціональною произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональною квадрату разстоянія между ними.

Если бы на планеты дѣйствовала только сила солнца, то онѣ двигались бы около солнца по эллиптическимъ путямъ. Но, по закону всемірнаго тяготѣнія, каждая планета притягивается не только солнцемъ, но и всѣми остальными планетами, и хотя массы планетъ весьма незначительны въ сравненіи съ массою солнца, все же подъ ихъ общимъ дѣйствіемъ всякая планета должна описывать около солнца не эллипсъ, а нѣкоторую другую

кривую, до крайности сложную и запутанную. Для примѣра разсмотримъ дѣйствіе планетъ на движеніе нашей земли около солнца. Если бы не было другихъ планетъ, кромѣ нашей земли, если бы не было возмущающихъ тѣлъ, какъ говорятъ астрономы, то земля наша двигалась бы около солнца по эллипсу. Но въ дѣйствительности она постоянно уклоняется отъ этого чисто эллиптическаго пути вслѣдствіе притяженія, оказываемаго на нее другими планетами. Сообразно съ различными положеніями планетъ относительно земли, и вліяніе ихъ на ея движеніе выражается различнымъ образомъ.

Подъ дѣйствіемъ планеты, которая находится на линіи, проходящей черезъ центры солнца и земли, эта послѣдняя или приближается къ солнцу или удаляется отъ него. Планета, по направленію къ которой въ данный моментъ земля движется, увеличиваетъ скорость ея движенія; напротивъ того, движеніе земли замедляется подъ дѣйствіемъ планеты, притягивающей землю по направленію, обратному ея движенію. Наконецъ, планеты, дѣйствующія по направленію, перпендикулярному къ той плоскости, въ которой происходитъ движеніе земли, стремятся вывести ее изъ этой плоскости. Словомъ, возмущающія силы планетъ не только измѣняютъ скорость движенія земли, но также оказываютъ вліяніе на размѣры, видъ и положеніе описываемой ею кривой. Если мы сложную кривую, описываемую землею около солнца, мысленно раздѣлимъ на очень малыя части, то каждую такую часть можно разсматривать какъ дугу нѣкотораго эллипса, и въ этомъ смыслѣ мы можемъ сказать, что земля въ каждый моментъ описываетъ около солнца новую кривую.

Какъ ни сложны истинныя движенія планетъ около солнца, но еще большую запутанность представляютъ ихъ видимыя движенія на небесномъ сводѣ. Чтобы понять это, надо имѣть въ виду, что астрономы опредѣляютъ положенія небесныхъ свѣтилъ относительно такъ называемой плоскости эклиптики, въ которой земля описываетъ свой путь около солнца. Но эта плоскость сама непрерывно измѣняетъ свое положеніе въ пространствѣ, вслѣдствіе чего постоянно мѣняется и положеніе относительно эклиптики тѣхъ плоскостей, въ которыхъ движутся планеты. Впрочемъ, положеніе этихъ послѣднихъ плоскостей, вслѣдствіе взаимнаго дѣйствія планетъ другъ на друга, не оставалось бы неизмѣннымъ даже и въ томъ случаѣ, если бы сама плоскость эклиптики была неподвижна. Не надо также забывать, что, вслѣдствіе вращенія земли около своей оси, планеты вмѣстѣ съ остальными свѣтилами принимаютъ участіе въ видимомъ суточномъ вращеніи всего небеснаго свода. Какъ бы для еще большаго усложненія видимыхъ движеній свѣтилъ, и самая ось вращенія земли, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, не остается неизмѣнной въ пространствѣ. Легко понять, что малѣйшее измѣненіе въ положеніи земной оси для наблюдателя, находящагося на землѣ, выражается соотвѣтственнымъ смѣщеніемъ всей небесной сферы; при этомъ не сохраняютъ своего положенія даже тѣ начальные пункты, отъ которыхъ астрономы считаютъ всѣ угловыя разстоянія свѣтилъ на небесной сферѣ.

На этомъ небѣ, на которое мы смотримъ съ благоговѣйнымъ восторгомъ, все, повидимому, находится въ безпорядкѣ; въ этомъ хаосѣ перепутанныхъ между собою движеній ни одна точка небесной сферы не остается неподвижной; и если бы мы вздумали составить карту звѣзднаго неба, для чего, конечно, потребовалось бы не мало времени, то мы не могли бы отыскать на небесномъ сводѣ такихъ опорныхъ точекъ, которыя съ теченіемъ времени не измѣнялись бы и къ которымъ мы могли бы постоянно относить положенія звѣздъ. Звѣздное небо каждый день представляетъ намъ новую картину; мало того, можно даже сказать, что оно, подобно Протею, мѣняетъ свой видъ каждое мгновеніе. Вспомнимъ далѣе, что нашъ наблюдательный пунктъ — земля, самъ не остается неподвижнымъ: въ теченіе сутокъ она вращается около оси, а въ теченіе года совершаетъ свой путь около солнца. Вспомнимъ еще, что наша земля окружена плотной воздушной оболочкой, которая преломляетъ лучи свѣта, идущіе къ намъ отъ небесныхъ свѣтилъ; вслѣдствіе этого мы ни одного свѣтила не видимъ на томъ мѣстѣ, которое оно въ дѣйствительности занимаетъ на небѣ.

Вотъ часть тѣхъ затрудненій, съ которыми приходилось бороться астрономамъ въ ихъ постоянномъ стремленіи къ возвышенной цѣли—къ познанію тайны движенія небесныхъ свѣтилъ. Но чтобы узнать тотъ путь, идя по которому мы, если и не достигли вполнѣ такой возвышенной цѣли, то все же весьма близко подошли къ ней, необходима нѣкоторая математическая подготовка. Всѣ заключенія астрономовъ основываются на математическихъ разсужденіяхъ, и, благодаря этому, всѣ добытые ими результаты отличаются необыкновенною точностью и убѣдительностью, составляющими ихъ главную цѣну. Безъ предварительной математической подготовки невозможно даже понять нѣкоторыя астрономическія открытія, и многое пришлось бы принимать на вѣру. А между тѣмъ многіе изъ добытыхъ астрономіей фактовъ находятся въ такомъ явномъ противорѣчіи съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ, что на вѣру ни одинъ образованный и развитой человѣкъ не согласится, конечно, ихъ принять. Можно ли, напримѣръ, повѣрить астрономамъ на слово, что солнце почти въ $1^1/_4$ милліона разъ больше нашей земли, и что оно находится отъ земли на разстояніи 150 милліоновъ километровъ; или что ближайшая неподвижная звѣзда отстоитъ отъ насъ по крайней мѣрѣ въ 200 000 разъ дальше, чѣмъ солнце? Можно ли повѣрить на слово, что свѣтъ всего только въ $8^1/_4$ минутъ пробѣгаетъ то разстояніе, которое отдѣляетъ землю отъ солнца? Кто, наконецъ, повѣритъ, что дѣйствіе волшебной силы, которая заставляетъ планеты двигаться около солнца, въ одинъ мигъ распространяется на отдаленнѣйшія тѣла нашей солнечной системы? Какъ измѣрили величину солнца, какъ измѣрили разстояніе отъ земли до неподвижныхъ звѣздъ, какъ опредѣлили скорость свѣта, какъ, наконецъ, изслѣдовали волшебную силу солнца, и какой путь довелъ человѣка до полученныхъ имъ поразительныхъ результатовъ? Только съ помощью математики астрономы могли разрѣшить всѣ эти вопросы, которые безъ ея помощи навсегда остались бы неразрѣшенными.

Слѣдуетъ пожалѣть, что математическія науки до сихъ поръ еще не составляютъ главнаго предмета нашего общаго образованія. Весьма многіе ученѣйшіе люди, обладающіе огромнымъ запасомъ знаній въ самыхъ разнообразныхъ научныхъ областяхъ, къ сожалѣнію, съ математическими науками совершенно незнакомы. Еще печальнѣе то, что они даже не считаютъ для себя обязательнымъ знакомство съ этими науками, и если случайно заходитъ о нихъ рѣчь, они безъ всякаго стѣсненія признаются въ своемъ полномъ невѣжествѣ, а между тѣмъ незнакомство со всякой другой наукой они охотно ставятъ себѣ въ вину.

Не говоря о необходимости математическихъ знаній въ ученой и часто даже въ общественной жизни, не говоря о томъ, что безъ нихъ почти совсѣмъ невозможно самое прекрасное и самое подходящее для человѣка занятіе—изученіе природы, мы должны были бы отвести математическимъ наукамъ одно изъ первыхъ мѣстъ въ нашемъ общемъ образованіи только ради одного благодѣтельнаго вліянія, которое онѣ оказываютъ на развитіе человѣческаго ума. Какая другая наука представляетъ такую опредѣленность понятій, такой строгій чорядокъ заключеній, такую точность доказательствъ? Благодаря математикѣ мы впервые узнали, что́ такое доказательство, и какая сила заключается въ немъ. Математика научаетъ насъ отыскивать истину и помогаетъ намъ бороться съ заблужденіями. Благодаря математикѣ, мы отбрасываемъ неправильныя положенія и не соглашаемся съ такими мнѣніями, которыя не основаны на нашемъ собственномъ убѣжденіи. Наконецъ, эта наука, какъ лучшая дисциплина для человѣческаго ума, доставляетъ нашему юношеству наиболѣе удобный случай упражнять свои духовныя силы: она возбуждаетъ и укрѣпляетъ въ нихъ желаніе отыскивать *истину* и развиваетъ стремленіе къ *правдѣ*. Но, конечно, въ жизни человѣкъ можетъ, вообще, легко обойтись безъ полнаго и глубокаго знанія математическихъ наукъ, и потому во всей своей полнотѣ математическія науки не должны входить въ программу нашего общаго образованія. Подробное изученіе математическихъ наукъ, какъ и прежде, можетъ быть предоставлено тѣмъ немногимъ лицамъ, которыя имѣютъ особенное влеченіе къ этимъ наукамъ. У такихъ лицъ не

только найдется достаточно силъ и энергіи, чтобы подробно изучить эту труднѣйшую научную область, но они, быть можетъ, и сами обогатятъ науку новыми открытіями.

Въ настоящей книгѣ мы намѣрены изложить одну изъ математическихъ наукъ— астрономію. Уподобляя эту науку величественному зданію, во внутренность котораго могутъ входить лишь посвященные, мы считаемъ достаточнымъ ознакомить нашихъ читателей лишь съ наружнымъ видомъ этого зданія, и только иногда мы будемъ вводить ихъ и въ преддверіе. Однако и для этого нужна нѣкоторая математическая подготовка, хотя и незначительная; но тѣмъ легче пріобрѣтетъ читатель всѣ необходимыя для него предварительныя знанія, и тѣмъ настоятельнѣе мы будемъ требовать отъ него этихъ знаній для его же собственной пользы. Если мы собираемся путешествовать по чужой странѣ, то только въ томъ случаѣ это путешествіе доставитъ намъ удовольствіе, когда мы хотя бы до нѣкоторой степени знакомы съ языкомъ ея обитателей. Совершенно также читатель, желающій совершить экскурсію въ область астрономіи, долженъ быть знакомъ съ тѣмъ языкомъ, который выработала она, подобно всѣмъ наукамъ, достигшимъ извѣстной степени совершенства. Конечно, мы могли бы изучать этотъ языкъ, по мѣрѣ необходимости, во время самого путешествія; но при такомъ способѣ изученія трудно было бы избѣжать частыхъ повтореній.

Поэтому-то слѣдующая, вторая часть введенія и имѣетъ въ виду познакомить вкратцѣ благосклоннаго читателя съ элементами астрономическаго языка. Эти первыя страницы слѣдуетъ прочитать внимательно и даже нѣсколько разъ, чѣмъ чрезвычайно облегчится чтеніе остальной книги. Чтобы глубже запечатлѣть въ памяти значеніе различныхъ терминовъ, которые здѣсь приведены, вмѣстѣ съ ихъ объясненіями, и чтобы облегчить впослѣдствіи ихъ цитированіе, мы вездѣ придерживаемся раздѣленія нашей книги на особые параграфы, изъ которыхъ каждый посвященъ выясненію какого-нибудь термина или изложенію какого-нибудь вопроса.

---

§ 1. **Круги на шарѣ.** Всякая плоскость въ пересѣченіи съ шаромъ дастъ кругъ. Если сѣкущая плоскость проходитъ черезъ центръ шара, то получающійся въ сѣченіи кругъ называется большимъ кругомъ. На первыхъ порахъ мы будемъ разсматривать лишь большіе круги. На рис. 1 круги $AWQO$, $HWRO$ и $ANQN'$ суть большіе круги; мы ихъ, для краткости, будемъ по порядку обозначать символами I, II и III.

Извѣстно, что окружность всякаго круга дѣлится обыкновенно на 360 частей, которыя называются градусами; градусъ подраздѣляется на 60 минутъ, минута на 60 секундъ. Эти части въ послѣдовательномъ порядкѣ обозначаются знаками $^{0}\ ^{\prime}\ ^{\prime\prime}$, такъ что, напр., $45^{0}13^{\prime}20^{\prime\prime}$ читается такъ: 45 градусовъ, 13 минутъ и 20 секундъ.

Въ астрономіи часто встрѣчается еще другое раздѣленіе окружности, перенесенное также и въ обыденную жизнь и основанное на томъ, что земля въ теченіе сутокъ совершаетъ оборотъ около своей оси. Въ этомъ второмъ случаѣ вся окружность дѣлится на 24 части, называемыя часами; часъ подраздѣляется на 60 минутъ, минута на 60 секундъ. Эти минуты и секунды называются минутами и секундами времени, въ отличіе отъ вышеупомянутыхъ дуговыхъ минутъ и секундъ. Это второе раздѣленіе круга обозначается знаками $^{h}, ^{m}, ^{s}$ *). Легко сообразить, что, умножая на 15 данное число часовъ, минутъ и секундъ времени, мы получимъ соотвѣтственное число градусовъ, минутъ и секундъ дуги; обратно, дѣленіе на 15 опредѣленнаго числа градусовъ, минутъ и секундъ дуги даетъ соотвѣтственное число часовъ, минутъ и секундъ времени.

§ 2. **Свойства большихъ круговъ.** Діаметръ шара, перпендикулярный къ плоскости большого круга, называется осью этого круга; точки встрѣчи этого діаметра съ поверх-

---

*) Начальныя буквы латинскихъ словъ: horae (часы), minutae (минуты) и secundae (секунды). *Ред.*

ностью шара суть полюсы большого круга. Ось большого круга всегда проходитъ черезъ его центръ, и каждый полюсъ отъ всѣхъ точекъ, лежащихъ на окружности большого круга, отстоитъ по поверхности шара на 90^0.

Такъ, NN' есть ось большого круга I, а точки N и N'—его полюсы. Совершенно также ZZ' есть ось, а Z и Z'—полюсы круга II (рис. 1).

Всякій большой кругъ, проходящій черезъ полюсъ даннаго большого круга, проходитъ также и черезъ другой его полюсъ; плоскости такихъ большихъ круговъ взаимно перпендикулярны. Такъ, большіе круги NQ, NQ', NQ''..., проведенные черезъ полюсъ N большого круга I, проходятъ также и черезъ другой его полюсъ N' и вмѣстѣ съ тѣмъ перпендикулярны къ кругу I, т. е. дуги NQ, NQ', NQ''... составляютъ съ дугой QW прямые углы. Точно также круги ZR, ZR', ZR''..., проходящіе черезъ точку Z, перпендикулярны къ кругу II, и кругъ III, проходящій черезъ точки N и Z, перпендикуляренъ какъ къ кругу I, такъ и кругу II.

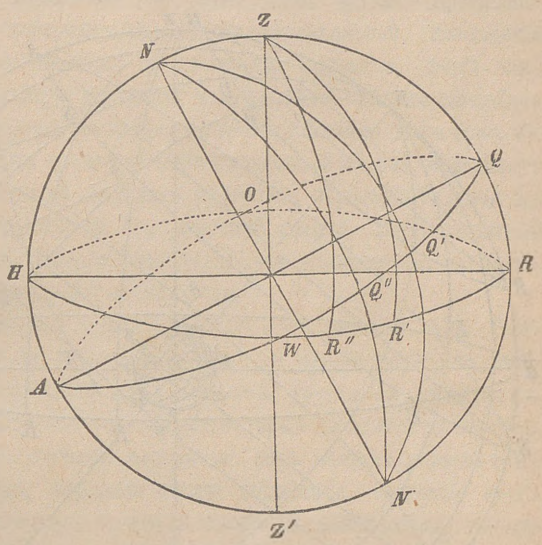


Рис. 1.

Если, наоборотъ, два большихъ круга взаимно перпендикулярны, то полюсы одного изъ нихъ лежатъ на окружности другого. Напримѣръ, круги NQ, NQ'.... перпендикулярны къ кругу I; поэтому полюсы всѣхъ этихъ круговъ лежатъ на окружности круга I. Подобнымъ же образомъ полюсы круговъ ZR, ZR'...., перпендикулярныхъ къ кругу II, лежатъ гдѣ-нибудь на окружности этого послѣдняго.

Всякій большой кругъ дѣлитъ поверхность шара на двѣ равныя части. Каждые два большихъ круга взаимно пересѣкаются по линіи, проходящей черезъ центръ шара; окружности двухъ большихъ круговъ въ точкахъ пересѣченія дѣлятся на двѣ равныя части, и обратно, если окружности двухъ круговъ на шарѣ, пересѣкаясь, дѣлятся пополамъ, то оба эти круга суть большіе круги.

§ 3. **Взаимное наклоненіе двухъ круговъ.** Уголъ, составляемый плоскостями двухъ большихъ круговъ, называется взаимнымъ наклоненіемъ этихъ круговъ. Взаимное наклоненіе двухъ круговъ измѣряется дугой большого круга, заключенной между полюсами данныхъ круговъ. Такъ, наклоненіе круговъ I и II измѣряется взаимнымъ разстояніемъ ихъ полюсовъ $NZ=N'Z'$, считаемымъ по кругу III.

Взаимное наклоненіе круговъ I и II можетъ быть выражено также дугой $QR=HA$ большого круга III, проходящаго черезъ полюсы N и Z данныхъ круговъ и перпендикулярнаго къ нимъ обоимъ. Замѣтимъ, что точки O и W взаимнаго пересѣченія круговъ I и II служатъ полюсами круга III.

Взаимное наклоненіе двухъ большихъ круговъ еще можетъ быть выражено угломъ, который составляютъ между собою окружности этихъ круговъ при ихъ точкѣ пересѣченія. Такимъ образомъ уголъ $RWQ=AWH$ есть взаимное наклоненіе круговъ I и II. Совершенно также взаимное наклоненіе круговъ NQ' и NQ'' выражается или угломъ $Q'NQ''$ или перпендикулярной къ нимъ другой $Q'Q''$ большого круга I. Наклоненіе круговъ ZR' и ZR'' выражается или угломъ $R'ZR''$, или перпендикулярной къ нимъ дугой $R'R''$ большого круга II. Всѣ высказанныя положенія строго доказываются въ геометріи, но мы на

доказательствахъ останавливаться не будемъ, такъ какъ эти положенія и безъ того ясны, особенно если подъ руками имѣется глобусъ.

§ 4. **Небесные и земные круги.** Примѣнимъ сказанное къ кругамъ, которые астрономы проводятъ на небесной сферѣ и на земномъ шарѣ. Положимъ, что $ANQN'$ (рис. 2) есть небесная сфера, центръ C которой совпадаетъ съ центромъ шарообразной земли $anqn'$.

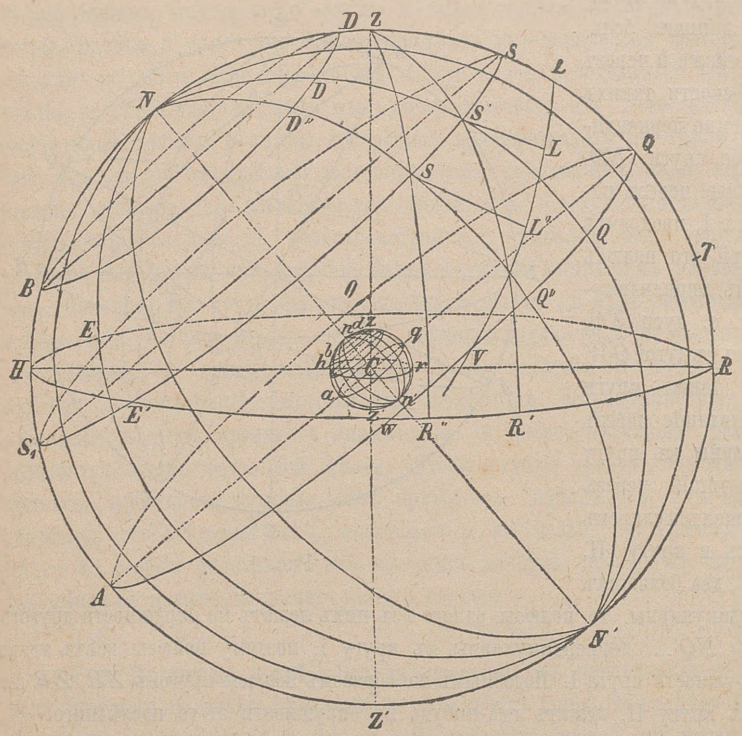


Рис. 2.

Въ такомъ случаѣ всякая плоскость, проходящая черезъ общій центръ C, въ пересѣченіи какъ съ небесной сферой, такъ и съ землей (по § 1), даетъ большой кругъ. Одинъ изъ этихъ круговъ называется небеснымъ, другой — соотвѣтствующимъ ему земнымъ. Круги $AWQO$ и aq $HWRO$ и hr $ANQN'$ и $anqn'$ представляютъ пары такихъ соотвѣтствующихъ одинъ другому круговъ.

§ 5. **Ось міра, полюсы міра, экваторъ.** Если мы будемъ слѣдить за звѣздами на небесномъ сводѣ, то замѣтимъ, что всѣ онѣ движутся ежедневно около земли. Такъ какъ относительное расположеніе звѣздъ при этомъ не мѣняется, то у насъ получается впечатлѣніе, будто небесная сфера со всѣми находящимися на ней звѣздами вращается около оси, проходящей черезъ центръ земли C. Эта ось вращенія NCN' (рис. 2) называется осью міра. Точки N и N', въ которыхъ ось міра пересѣкаетъ небесную сферу, называются полюсами міра; видимый въ нашихъ странахъ полюсъ N носитъ названіе сѣвернаго полюса, а противоположный N' называется южнымъ. Плоскость, проходящая черезъ центръ земли и перпендикулярная къ оси міра, пересѣкаетъ небесную сферу по небесному экватору $AWQO$, а поверхность земли—по земному экватору aq. Точки, въ которыхъ ось міра встрѣчаетъ поверхность земли, называются земными полюсами, причемъ n есть сѣверный полюсъ земли, а n'—южный. Экваторъ, какъ большой кругъ, дѣлитъ землю и небесную сферу на двѣ равныя части (§ 1). Та часть, въ которой лежитъ сѣверный полюсъ, называется сѣвернымъ полушаріемъ, другая часть—южнымъ.

§ 6. **Горизонтъ, зенитъ, надиръ.** Если мы находимся среди ровной мѣстности или въ открытомъ морѣ, то поверхность земли представляется намъ въ видѣ плоскости, дающей въ пересѣченіи съ небесной сферой кругъ, который называется видимымъ горизонтомъ наблюдателя. Плоскость, параллельная плоскости видимаго горизонта, но проходящая черезъ центръ земли, даетъ въ пересѣченіи съ небесной сферой истинный горизонтъ наблюдателя.

Линія, перпендикулярная къ плоскости горизонта и проходящая черезъ ту точку земной поверхности, гдѣ находится наблюдатель, называется вертикальной линіей даннаго мѣста. Направленіе вертикальной линіи даетъ намъ отвѣсъ, состоящій изъ нити съ небольшимъ грузомъ на концѣ. Поэтому вертикальная линія иначе называется отвѣсной. Вертикальная линія пересѣкается съ небесной сферой въ двухъ точкахъ, изъ которыхъ одна, находящаяся надъ наблюдателемъ, называется его зенитомъ, другая, противоположная,—надиромъ. Прямая линія, перпендикулярная къ вертикальной, называется горизонтальной линіей. Всякая линія, лежащая въ плоскости горизонта, даетъ намъ горизонтальное направленіе. За горизонтальную плоскость можетъ быть принята спокойная поверхность воды въ сосудѣ. Пусть наблюдатель находится въ точкѣ z земного шара (рис. 2). Тогда діаметръ zCz', при продолженіи своемъ до пересѣченія съ небесной сферой, опредѣлитъ зенитъ z и надиръ z' наблюдателя. Плоскость большого круга hr, перпендикулярная къ этому діаметру, при продолженіи ея до встрѣчи съ небесной сферой, даетъ истинный горизонтъ $HWRO$ наблюдателя. Плоскость, параллельная только что упомянутой, но проходящая черезъ точку z, даетъ видимый горизонтъ наблюдателя.

Линія ZZ' есть ось истиннаго горизонта, а точки Z и Z'—его полюсы (§ 2). Горизонтомъ $HWRO$ небесная сфера дѣлится на двѣ равныя части (§ 2). Та часть, въ которой находится зенитъ Z, называется видимымъ полушаріемъ, другая—невидимымъ. И въ самомъ дѣлѣ, мы можемъ наблюдать только тѣ свѣтила, которыя находятся въ верхней части небесной сферы, иначе говоря тѣ, которыя находятся надъ нашимъ горизонтомъ

§ 7. **Меридіанъ, полуденная линія, главныя точки горизонта.** Большой кругъ $NZRA$, проходящій черезъ полюсъ N экватора и черезъ зенитъ Z наблюдателя, находящагося въ z, называется меридіаномъ наблюдателя. Очевидно, меридіанъ проходитъ также и черезъ точки N' и Z'. Плоскость меридіана въ одно и то же время перпендикулярна и къ плоскости экватора и къ плоскости горизонта (§ 2). Плоскость меридіана пересѣкаетъ поверхность земли по земному меридіану $nzra$.

Меридіанъ и горизонтъ въ точкахъ пересѣченія R и H дѣлятся пополамъ (§ 2). Точка R, наиболѣе удаленная отъ сѣвернаго полюса N, называется точкой юга, другая точка H—точкой сѣвера. Діаметръ HCR, соединяющій эти точки, носитъ названіе полуденной линіи. Подобнымъ же образомъ въ точкахъ O и W дѣлятся пополамъ экваторъ и горизонтъ (§ 2). Точка O, лежащая влѣво отъ наблюдателя, обращеннаго лицомъ къ югу, называется точкой востока, противоположная точка W—точкой запада. Точками H, O, R, W, которыя называются главными точками горизонта, окружность послѣдняго дѣлится на четыре равныя части.

Меридіанъ дѣлитъ небесную сферу на двѣ равныя части (§ 2.) Часть, заключающая въ себѣ точку востока O, называется восточнымъ полушаріемъ, другая часть—западнымъ.

§ 8. **Круги высотъ, высота и азимутъ свѣтила.** Большіе круга ZR, ZR', ZR''....., проходящіе черезъ зенитъ Z и надиръ Z' и перпендикулярные къ горизонту, называются вертикальными кругами или кругами высотъ. Дуга круга высотъ, заключенная между горизонтомъ и какой-нибудь точкой, лежащей на кругѣ высотъ, измѣряетъ угловое разстояніе этой точки отъ горизонта и называется ея высотой. Считаемое по кругу высотъ разстояніе той же точки отъ зенита Z называется ея зенитнымъ разстояніемъ.

Высота и зенитное разстояніе дополняютъ другъ друга до 90^0. Такимъ образомъ дуги RS, $R'S'$ и $R''S''$ суть высоты свѣтилъ S, S', S'', а дуги ZS, ZS', ZS''—ихъ зенитныя разстоянія.

Плоскость горизонта перпендикулярна ко всѣмъ кругамъ высотъ. Замѣтимъ, что меридіанъ $NZRA$ есть также кругъ высотъ. Угловое разстояніе какого-нибудь круга высотъ отъ меридіана измѣряется дугой горизонта, заключенной между меридіаномъ и даннымъ кругомъ высотъ. То же разстояніе можетъ быть измѣрено угломъ при зенитѣ

Z, составляемымъ кругомъ высотъ съ меридіаномъ (§ 3). Это угловое разстояніе круга высотъ отъ меридіана называется азимутомъ. Азимутъ считается отъ южной части меридіана черезъ западъ до 360°. Впрочемъ, азимуты можно считать также въ обѣ стороны отъ южной части меридіана до 180°. Такъ, дуга $R'R$, равная, по числу градусовъ, углу RZR', есть азимутъ свѣтила S'; дуга RR'', равная углу RZR'', есть азимутъ свѣтила S'' и т. д. Азимутъ и высота свѣтила опредѣляютъ его положеніе на небесномъ сводѣ во всякій моментъ. Напр., если для какого-нибудь горизонта даны азимутъ RR'' и высота $R''S''$ свѣтила S'', то этимъ въ данный моментъ вполнѣ опредѣляется его положеніе на небѣ.

§ 9. **Круги склоненія или часовые круги, склоненіе, часовой уголъ.** Большіе круги NQ, NQ', NQ''..., проходящіе черезъ полюсы міра N и N' и, слѣдовательно, перпендикулярные къ плоскости экватора (§ 2), называются кругами склоненія или часовыми кругами. Меридіанъ $NZRA$ есть также кругъ склоненія. Дуга, считаемая по кругу склоненія отъ экватора до какой-нибудь звѣзды, называется склоненіемъ этой звѣзды. Такъ, дуги QS, QS', QS'' суть склоненія звѣздъ S, S', S''. Если свѣтило находится подъ экваторомъ, т. е. въ южномъ полушаріи (§ 5), его склоненіе называется южнымъ и сопровождается знакомъ —. Напротивъ того, склоненія свѣтилъ, находящихся въ сѣверномъ полушаріи, называются сѣверными; передъ ними ставится знакъ +. Угловыя растоянія NS, NS', NS''... свѣтилъ S, S', S''... отъ сѣвернаго полюса N называются ихъ полярными разстояніями. Полярное разстояніе свѣтила, находящагося въ южномъ полушаріи, больше 90°. Полярное разстояніе и склоненіе, взятое съ соотвѣтствующимъ знакомъ, составляютъ вмѣстѣ 90°. Плоскость экватора перпендикулярна ко всѣмъ кругамъ склоненія. Угловое разстояніе какого-нибудь круга склоненія отъ меридіана, какъ отъ перваго часового круга, измѣряется дугой экватора, заключенной между меридіаномъ и даннымъ кругомъ склоненія. То же самое разстояніе можетъ быть измѣрено угломъ при сѣверномъ полюсѣ N, составляемымъ кругомъ склоненія съ меридіаномъ. Это угловое разстояніе круга склоненія отъ меридіана называется часовымъ угломъ. Часовой уголъ считается отъ южной части меридіана черезъ западъ до 360° или 24^h (§ 1). Впрочемъ часовые углы, подобно азимутамъ, можно считать также въ обѣ стороны отъ южной части меридіана до 180° или до 12^h. Такъ, дуга QQ', равная, по числу градусовъ, углу QNQ', есть часовой уголъ свѣтила S'; дуга QQ'', равная углу QNQ'', есть часовой уголъ свѣтила S'' и т. д.

Склоненіе и часовой уголъ опредѣляютъ положеніе свѣтила на небѣ въ каждый данный моментъ. Если, напр., извѣстны часовой уголъ QQ'' и склоненіе $Q''S''$ свѣтила S'', то положеніе этого послѣдняго на небѣ для даннаго момента вполнѣ опредѣляется.

Часовой уголъ солнца называется также истиннымъ солнечнымъ временемъ мѣста наблюденія. Когда солнце проходитъ черезъ верхнюю часть меридіана NQ или, какъ говорятъ, кульминируетъ, его часовой уголъ, а слѣдовательно, и истинное время мѣста наблюденія равны нулю. Въ этотъ моментъ въ мѣстѣ наблюденія считается полдень. Когда солнце проходитъ черезъ нижнюю, невидимую, часть меридіана HZ' или, какъ говорятъ, находится въ нижней кульминаціи, его часовой уголъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и истинное время мѣста наблюденія равны 12^h; въ этотъ моментъ наблюдатель считаетъ полночь.

§ 10. **Прямое восхожденіе и склоненіе.** Азимутъ, высота и часовой уголъ какого-нибудь свѣтила съ теченіемъ времени мѣняются, даже если свѣтило и не имѣетъ собственнаго движенія. Въ самомъ дѣлѣ, вслѣдствіе видимаго суточнаго вращенія небесной сферы около оси NN' непрерывно мѣняется положеніе свѣтилъ относительно плоскостей горизонта и и меридіана. Поэтому, чтобы вполнѣ опредѣлить положеніе свѣтила на небѣ, необходимо дать не только его азимутъ, высоту и часовой уголъ, но также и время, которому эти величины соотвѣтствуютъ. Кромѣ того, при перемѣщеніи наблюдателя изъ одной точки на поверхности земли въ другую мѣняются его горизонтъ и меридіанъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, опять мѣняются величины, опредѣляющія положеніе какого-нибудь свѣтила на небѣ. Поэтому

гораздо удобнѣе относить положеніе свѣтилъ исключительно къ плоскости экватора, который при суточномъ вращеніи небесной сферы не мѣняетъ своего положенія относительно этой послѣдней.

Съ этой цѣлью на экваторѣ выбираютъ нѣкоторую точку V (§ 11), которая называется точкой весенняго равноденствія, и отъ нея считаютъ угловыя разстоянія круговъ склоненія въ направленіи VQO, т. е. отъ юга къ востоку и т. д., до 360^0 или 24^h. Такое угловое разстояніе называется прямымъ восхожденіемъ. Прямое восхожденіе и склоненіе (§ 9) представляютъ самыя удобныя величины для опредѣленія положенія звѣздъ на небѣ. Такъ, положеніе свѣтила S'' вполнѣ опредѣляется его прямымъ восхожденіемъ VQ'' и склоненіемъ $Q''S''$. Прямое восхожденіе и склоненіе свѣтила суть величины постоянныя для всякаго момента, лишь бы свѣтило не имѣло собственнаго движенія. Эти величины не измѣняются также при перемѣщеніи наблюдателя въ другую точку земной поверхности.

§ 11. **Астрономическія долгота и широта.** Астрономы проводятъ черезъ точку V и черезъ центръ земли C, подъ угломъ въ $23^1/_2{}^0$ къ экватору, еще другую плоскость, которая въ пересѣченіи съ небесной сферой даетъ большой кругъ $VL''L'$, называемый эклиптикой, Относительно эклиптики также съ удобствомъ можно опредѣлять положенія свѣтилъ на небѣ. Проведемъ черезъ точки S' и S'' большіе круги, перпендикулярные къ эклиптикѣ, и, слѣдовательно, проходящіе черезъ оба ея полюса (§ 2). На рис. 2 даны только дуги $S'L'$ и $S''L''$ этихъ большихъ круговъ. Положеніе свѣтила S' вполнѣ опредѣлится, если будутъ даны дуги VL' и $L'S'$. Дугу VL' называютъ долготой, дугу $L'S'$ широтой свѣтила S'. Точно также VL'' и LS'' суть долгота и широта свѣтила S''. Если свѣтило находится подъ эклиптикой, то его широта называется южной или отрицательной и сопровождается знакомъ—.

По эклиптикѣ $VL''L'$ солнце ежегодно совершаетъ свой видимый путь. Точка V, въ которой эклиптика пересѣкаетъ экваторъ и отъ которой считаются прямыя восхожденія и долготы, называется точкой весенняго равноденствія. Прямо противоположная ей точка на небесномъ сводѣ носитъ названіе точки осенняго равноденствія. Обѣ эти точки вмѣстѣ называются равноденственными точками. По серединѣ между равноденственными точками на окружности эклиптики лежатъ точки солнцестояній. Та изъ нихъ, которая находится въ сѣверномъ полушаріи (§ 5), называется точкой лѣтняго солнцестоянія, другая, находящаяся въ южномъ,—точкой зимняго солнцестоянія.

Уголъ QVL, составляемый плоскостью эклиптики съ плоскостью экватора, называется наклонностью эклиптики.

Древніе астрономы дѣлили эклиптику не на 360^0, какъ всѣ остальные круги, а на 12 частей по 30^0 въ каждой. Это такъ называемые знаки зодіака. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены названія знаковъ зодіака и значки, употребляемые для ихъ обозначенія. Свои названія знаки зодіака получили отъ 12 созвѣздій, лежащихъ по всей окружности эклиптики.

Овенъ	♈	0^0— 30^0	Вѣсы	♎	180^0—210^0
Телецъ	♉	30 — 60	Скорпіонъ	♏	210 —240
Близнецы	♊	60 — 90	Стрѣлецъ	♐	240 —270
Ракъ	♋	90 —120	Козерогъ	♑	270 —300
Левъ	♌	120 —150	Водолей	♒	300 —330
Дѣва	♍	150 —180	Рыбы	♓	330 —360

Чтобы легче запомнить знаки зодіака въ томъ порядкѣ, въ какомъ они слѣдуютъ одинъ за другимъ, можно воспользоваться извѣстнымъ латинскимъ двустишіемъ.

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arciteneus, Caper, Amphora, Pisces.

Древніе при помощи знаковъ зодіака выражали долготы солнца и, вообще, всѣхъ небесныхъ тѣлъ. Напр., 136^0 долготы они изображали знакомъ ♌ 16^0, что слѣдуетъ читать такъ: шестнадцатый градусъ знака Льва.

§ 12. **Географическая долгота и широта мѣста наблюденія.** Земной меридіанъ какого-нибудь пункта z на земной поверхности есть большой кругъ, проходящій черезъ этотъ пунктъ и черезъ полюсы n и n' земного экватора (§ 7). Какъ на окружности экватора можно вообразить безчисленное множество точекъ, такъ точно и земныхъ меридіановъ существуетъ безчисленное множество. Изъ всѣхъ ихъ, по произволу, одинъ, напр., меридіанъ, проходящій черезъ Гринвичскую обсерваторію, принимаютъ за первый земной меридіанъ и отъ него считаютъ угловыя разстоянія всѣхъ остальныхъ меридіановъ къ востоку и западу до 180°, или только къ востоку до 360°. Угловое разстояніе какого-нибудь меридіана отъ перваго, считаемое по экватору, называется географической долготой этого меридіана. Всѣ мѣста, лежащія на одномъ и томъ-же меридіанѣ, имѣютъ одну и ту-же географическую долготу, Чтобы различить такія мѣста между собою, дается еще угловое разстояніе каждаго изъ нихъ отъ экватора, считаемое по меридіану и называемое географической широтой мѣста наблюденія. Широты мѣстъ, лежащихъ въ южномъ полушаріи (§ 5), называются южными. Географическія долгота и широта вполнѣ опредѣляютъ положеніе какого-нибудь мѣста на земной поверхности, совершенно такъ же, какъ прямое восхожденіе и склоненіе вполнѣ опредѣляютъ положеніе свѣтилъ на небѣ. Для примѣра приведемъ географическія долготы и широты нѣкоторыхъ мѣстъ на земной поверхности.

Названіе мѣста.	Долгота отъ Гринвича.				Широта.			
Парижъ	2°	20′	15″	къ вост.	48°	50′	11″	сѣв.
Вѣна.	16	20	22	»	48	13	55	»
Пулково	30	19	30	»	59	46	18	»
Пекинъ	116	28	19	»	39	54	13	»
Квито	281	10	0	»	0	14	0	южн.
	78	50	0	къ зап.				

§ 13. **Высота полюса міра.** Наклонъ экватора AWQ къ горизонту HWR можетъ быть выраженъ или дугой меридіана $QR=AH$, заключенной между этими плоскостями, или угловымъ разстояніемъ $NZ=N'Z'$ между полюсами экватора и горизонта, или, наконецъ, угломъ $QWR=QOR$ (§ 3). Этотъ наклонъ называется высотой экватора надъ горизонтомъ наблюдателя.

Изъ рис. 2 видно, что $HN+NZ=90°$ и $RQ+QZ=90°$. Но такъ какъ дуга RQ равна дугѣ NZ, то и дуги QZ и HN должны быть равны между собою. Дугу $HN=QZ$ называютъ высотой полюса въ мѣстѣ наблюденія, такъ какъ она даетъ высоту сѣвернаго полюса N надъ горизонтомъ. Высота полюса и высота экватора дополняютъ другъ друга до 90°.

Совершенно также на поверхности земли дуга hn равна дугѣ qz, ибо въ этихъ дугахъ заключается столько же градусовъ, сколько и въ соотвѣтственныхъ дугахъ HN и QZ на небесной сферѣ. Слѣдовательно высота полюса HN въ мѣстѣ наблюденія Z равна разстоянію qz этого мѣста отъ земного экватора aq; иначе говоря, высота полюса равна географической широтѣ мѣста (§ 12).

§ 14. **Параллели, альмукантараты.** До сихъ поръ мы разсматривали только большіе круги, т. е. такіе, центръ которыхъ совпадалъ съ центромъ шара. Но астрономамъ приходится имѣть дѣло также съ малыми кругами.

Мы знаемъ, что небесная сфера постоянно совершаетъ кажущееся вращеніе съ востока на западъ около оси міра NN'. Вслѣдствіе этого каждая звѣзда описываетъ кругъ, плоскость котораго перпендикулярна къ оси вращенія и центръ котораго лежитъ на этой оси. Такимъ образомъ получается система круговъ, лежащихъ въ параллельныхъ другъ къ другу плоскостяхъ, и потому называемыхъ небесными суточными параллелями. Всѣ точки, лежащія на окружности малаго круга, отстоятъ на одинаковомъ разстояніи отъ любой точки оси вращенія, а слѣдовательно также и отъ полюсовъ N и N'. Суточныя параллели суть малые круги, за исключеніемъ одной, самой большой—небеснаго экватора (§ 5). Центръ экватора, какъ большого круга, совпадаетъ съ центромъ сферы C; центры же остальныхъ параллелей тѣмъ дальше отстоятъ отъ центра C и тѣмъ ближе лежатъ къ полюсамъ N или N', чѣмъ меньше самая параллель. На рис. 2 круги $SS'S''E$ и $DD'D''B$ суть параллели.

Параллели, отстоящія отъ экватора на $23^1/_2{}^0$, называются тропиками; въ сѣверномъ полушаріи лежитъ тропикъ Рака, а въ южномъ—тропикъ Козерога.

Каждой небесной параллели соотвѣтствуетъ земная параллель. Чтобы получить земную параллель, соотвѣтствующую, напр., небесной параллели $DD'D''B$, соединимъ всѣ точки, лежащія на окружности этой послѣдней, съ центромъ шара C; мы получимъ поверхность конуса, основаніемъ которому служитъ небесная параллель $DD'D''B$ и вершина котораго находится въ C. Этотъ конусъ пересѣкаетъ поверхность земли по земной параллели db, соотвѣтствующей небесной параллели $DD'D''B$.

Двѣ земныя параллели, отстоящія отъ экватора на $23^1/_2{}^0$ и расположенныя—одна въ сѣверномъ, а другая въ южномъ полушаріи, называются земными тропиками. Параллели же, отстоящія отъ обоихъ полюсовъ на $23^1/_2{}^0$, носятъ названіе полярныхъ круговъ. Параллели, какъ малые круги, могутъ совсѣмъ не пересѣкаться съ горизонтомъ; въ случаѣ же встрѣчи съ нимъ въ точкахъ пересѣченія, онѣ дѣлятся, вообще, на части неравныя.

Такъ, напримѣръ, параллель $SE'S_1E$ раздѣлена горизонтомъ на двѣ весьма неравныя части, а параллель $DD'D''B$ и совсѣмъ не пересѣкается съ нимъ.

Можно вообразить на небесной сферѣ рядъ малыхъ круговъ, параллельныхъ истинному горизонту и лежащихъ по обѣ стороны отъ него къ зениту или надиру. Такіе круги называются альмукантаратами.

§ 15. **Восходъ и заходъ звѣздъ.** Вообразимъ какую-нибудь параллель, пересѣкающуюся съ горизонтомъ, напр., параллель $SE'S_1E$. Звѣзда, совершающая при суточномъ вращеніи небеснаго свода движеніе по этой параллели, видима для наблюдателя только въ теченіе того времени, когда она находится на той части параллели, которая лежитъ надъ горизонтомъ, т. е. на части $ESS''E'$. Будемъ называть эту часть параллели видимой ея частью, въ отличіе отъ невидимой части $E'S_1E$, лежащей подъ горизонтомъ.

Параллель $SE'S_1E$ пересѣкается съ горизонтомъ въ двухъ точкахъ E и E'. Въ первой изъ нихъ, лежащей въ восточномъ полушаріи (§ 7), звѣзда восходитъ, т. е. начинаетъ подниматься надъ горизонтомъ, въ противоположной же точкѣ E' звѣзда заходитъ, т. е. перестаетъ быть видимой.

Для звѣздъ, лежащихъ на экваторѣ, видимая часть OQW равна невидимой части WAO; для всѣхъ остальныхъ звѣздъ сѣвернаго полушарія (§ 5) видимая часть параллели, описываемой звѣздой, тѣмъ больше, чѣмъ эта параллель отстоитъ дальше отъ экватора, иначе говоря, чѣмъ больше склоненіе звѣзды (§ 9). Если для какой-нибудь параллели $DD'B$ сѣвернаго полушарія, дуга NB меньше дуги $NH=ZQ$, т. е. если полярное разстояніе звѣзды, описывающей эту параллель, меньше высоты полюса (§ 13) надъ горизонтомъ мѣста наблюденія, то параллель такой звѣзды горизонтомъ совсѣмъ не пересѣкается. Значитъ, эта звѣзда всегда остается надъ горизонтомъ наблюдателя, находящагося въ точкѣ z. Если же разстояніе отъ экватора до какой-нибудь параллели южнаго полушарія больше дуги $RQ=NZ$, т. е. если южное склоненіе звѣзды, описывающей эту параллель, больше высоты экватора (§ 13) надъ горизонтомъ мѣста наблюденія, то звѣзда для даннаго мѣста никогда не восходитъ и потому постоянно остается невидимой.

§ 16. **Кульминація звѣздъ.** Всѣ звѣзды, которыя для даннаго мѣста наблюденія восходятъ и заходятъ, начиная съ момента своего восхода поднимаются надъ горизонтомъ все выше и выше до тѣхъ поръ, пока въ моментъ своего прохожденія черезъ меридіанъ $SZRQ$, иначе говоря въ моментъ своей кульминаціи (§ 9), не достигнутъ наибольшей высоты. Послѣ этого онѣ подобнымъ же образомъ спускаются опять къ горизонту, такъ что по обѣ стороны отъ меридіана равнымъ часовымъ угламъ (§ 9) или равнымъ азимутамъ (§ 8) соотвѣтствуютъ равныя высоты одной и той же звѣзды.

§ 17. **Околополярныя звѣзды, ихъ верхняя и нижняя кульминаціи.** Такія звѣзды, которыя находятся вблизи полюса и для даннаго мѣста наблюденія никогда не заходятъ

(§ 15), называются околополярными звѣздами. Таковы, напр., звѣзды, описывающія параллель $DD'B$. Околополярныя звѣзды при суточномъ вращеніи небесной сферы дважды проходятъ черезъ меридіанъ: одинъ разъ въ моментъ верхней кульминаціи въ D, другой разъ въ моментъ нижней кульминаціи въ B.

Такія звѣзды, которыя для даннаго мѣста наблюденія восходятъ и заходятъ, въ моментъ ихъ нижней кульминаціи остаются для наблюдателя невидимыми (§ 9).

§ 18. **Меридіональная высота свѣтилъ.** Для всякой звѣзды, находящейся въ сѣверномъ полушаріи и кульминирующей къ югу отъ зенита, напр., въ точкѣ S (рис. 2), имѣемъ: $QS = RS - RQ$ или сѣв. склоненіе = высотѣ свѣтила — высота экватора. Для свѣтила же съ южнымъ склоненіемъ, кульминирующаго въ точкѣ T, находимъ: южное склоненіе = высотѣ экватора — высота свѣтила.

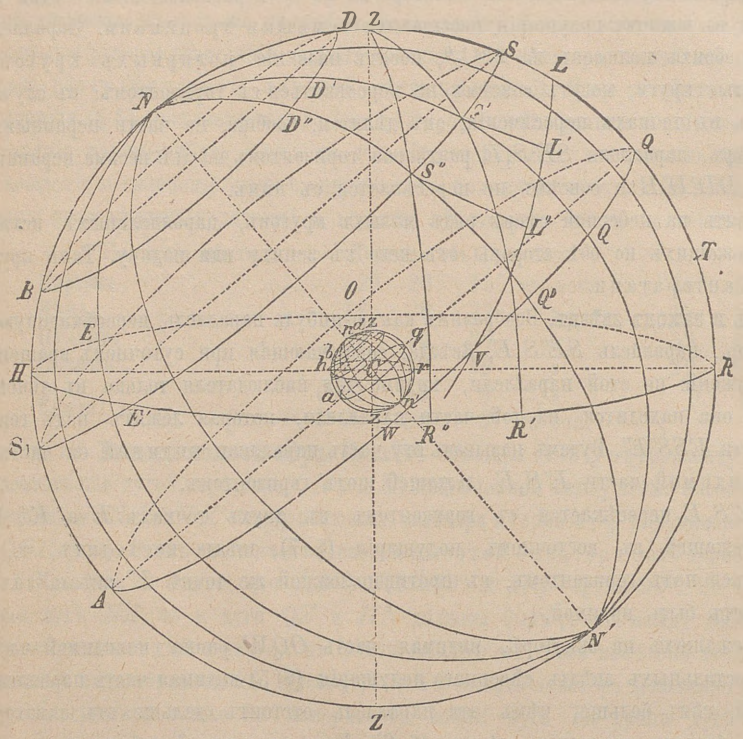


Рис. 2.

Для околополярной звѣзды, кульминирующей къ сѣверу отъ зенита, напр., въ точкѣ D, имѣемъ $HD = HN + ND$. Но такъ какъ $HN = 90^0 -$ высота экватора (§ 13) и $ND = 90^0 -$ склоненіе свѣтила (§ 9), то получаемъ: высота свѣтила $= 180^0 -$ склоненіе — высота экватора, или, иначе: склоненіе $= 180^0 -$ высота экватора — высота свѣтила.

Наконецъ для нижней кульминаціи околополярной звѣзды въ точкѣ B выводимъ $HB = HN - BN$; отсюда, подобно предыдущему, находимъ: высота свѣтила = склоненію — высота экватора или, что то-же самое, склоненіе = высотѣ свѣтила + высота экватора.

Итакъ, если извѣстна высота экватора надъ горизонтомъ мѣста наблюденія, то, измѣривъ высоту какого-нибудь свѣтила въ моментъ ея кульминаціи, мы, на основаніи выведенныхъ въ этомъ параграфѣ соотношеній, можемъ опредѣлить склоненіе этого свѣтила.

§ 19. **Квадрантъ.** Квадрантомъ называется инструментъ, служащій для измѣренія высоты свѣтилъ, или, вообще, какихъ-нибудь предметовъ надъ горизонтомъ. Квадрантъ есть не что иное, какъ плоская доска ACB, имѣющая форму четверти круга (рис. 3). Точка C есть центръ этого круга; уголъ ACB равенъ 90^0. Дуга AB квадранта раздѣлена на градусы и болѣе мелкія части. Около центра C, какъ около оси, вращается труба; при вращеніи своемъ она всегда остается параллельной плоскости квадранта. Чтобы измѣрять этимъ инструментомъ высоты свѣтилъ, прикрѣпимъ его къ столбу, такъ, чтобы плоскость ACB была вертикальна, а радіусъ CA горизонталенъ (§ 6). Приведемъ затѣмъ трубу

въ положеніе, параллельное радіусу CA, и пусть при этомъ положеніи трубы наблюдатель, глазъ котораго находится въ O, видитъ звѣзду S. Въ такомъ случаѣ, звѣзда S лежитъ на горизонтѣ наблюдателя, и высота ея равна нулю. Когда труба занимаетъ положеніе, параллельное радіусу C 30 и составляющее съ первоначальнымъ положеніемъ уголъ въ 30^0, глазъ наблюдателя находится въ точкѣ 30. Положимъ, что въ этомъ положеніи трубы наблюдатель усматриваетъ звѣзду S'. Такъ какъ линія OCS горизонтальна, то высота звѣзды S' надъ горизонтомъ измѣряется угломъ $S'CS$ или равнымъ ему угломъ OC 30. Слѣдовательно, высота звѣзды S' надъ горизонтомъ равна 30^0. Совершенно также высота звѣзды S'' надъ горизонтомъ получается равною 50^0 и т. д.

§ 20. **Опредѣленіе высоты полюса.** Установимъ описанный въ предыдущемъ параграфѣ квадрантъ въ плоскости меридіана, такъ, чтобы конецъ C горизонтальнаго радіуса CA былъ направленъ къ сѣверу, а конецъ A къ югу, и будемъ этимъ инструментомъ опредѣлять высоту какой-нибудь околополярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминацій (§ 17). Если выбранная нами звѣзда описываетъ параллель $DD'B$, то въ моментъ верхней кульминаціи она находится въ точкѣ D, въ моментъ нижней кульминаціи въ точкѣ B (рис. 2). Въ первомъ случаѣ ея высота надъ горизонтомъ равна HD, во второмъ—HB. Изъ рисунка 2 видно, что $HD=HN+ND$ и $HB=HN-BN$. Но такъ какъ всѣ точки параллели находятся на одинаковомъ разстояніи отъ полюса N (§ 14), то $BN=ND$. Поэтому высота въ верхней кульминаціи$=HN+ND$, высота въ нижней кульминаціи$=HN-ND$. Отсюда слѣдуетъ, что средняя ариѳметическая изъ этихъ двухъ высотъ равна HN или высотѣ полюса въ мѣстѣ наблюденія (§ 13). А высота полюса въ свою очередь равна географической широтѣ мѣста наблюденія (§ 12).

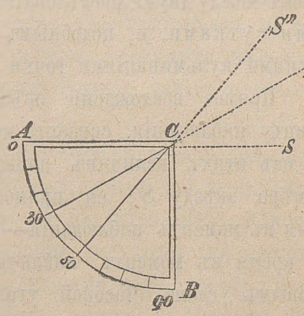


Рис. 3.

Слѣдовательно, чтобы опредѣлить высоту полюса надъ горизонтомъ какого-нибудь мѣста на земной поверхности, нужно пронаблюдать высоты какой-нибудь незаходящей звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминацій и взять полусумму этихъ высотъ. Такъ, напр., въ Вѣнѣ были найдены слѣдующія высоты Полярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминацій: $49^027{,}5'$ и $47^00{,}3'$. Полусумма этихъ высотъ $48^013{,}9'$ и равна высотѣ полюса надъ горизонтомъ Вѣны.

§ 21. **Опредѣленіе склоненій околополярныхъ звѣздъ.** Наблюдая высоты какой-нибудь околополярной звѣзды въ моменты ея верхней и нижней кульминацій, можно также опредѣлить ея склоненіе (§ 9). Въ самомъ дѣлѣ, разность наблюденныхъ высотъ HD и HB равна BD или $2ND$. Полуразность этихъ высотъ равна полярному разстоянію звѣзды ND (§ 9); склоненіе же звѣзды QD дополняетъ ея полярное разстояніе до 90^0, т. е. $QD=90^0-ND$. Слѣдовательно, чтобы получить склоненіе наблюденной околополярной звѣзды, надо полуразность ея высотъ вычесть изъ 90^0. Въ примѣрѣ предыдущаго параграфа высоты Полярной звѣзды были $49^027{,}5'$ и $47^00{,}3'$. Полуразность ихъ равна $1^013{,}6'$. Вычитая эту полуразность изъ 90^0, получаемъ склоненіе Полярной звѣзды $+88^0\ 46{,}4'$.

§ 22. **Опредѣленіе склоненій звѣздъ, кульминирующихъ къ югу отъ зенита.** Изъ наблюденій околополярныхъ звѣздъ можетъ быть опредѣлена высота полюса (§ 20). Зная же высоту полюса, мы будемъ знать также и высоту экватора RQ надъ горизонтомъ даннаго мѣста, такъ какъ высота полюса и высота экватора дополняютъ другъ друга до 90^0 (§ 13). Напр., высота полюса надъ горизонтомъ Вѣны равна $48^013{,}9'$; слѣдовательно, высота экватора въ томъ же мѣстѣ будетъ $41^046{,}1'$.

Повернемъ теперь нашъ квадрантъ (рис. 3) около линіи CB, какъ около оси, такъ, чтобы плоскость инструмента снова совпала съ плоскостью меридіана, но чтобы

конецъ C горизонтальнаго радіуса CA былъ направленъ къ югу, а конецъ A къ сѣверу. Если мы установленнымъ такимъ образомъ квадрантомъ опредѣлимъ высоту RS звѣзды S, кульминирующей къ югу отъ зенита (рис. 2), то, вычитая изъ этой высоты RS высоту экватора RQ, мы получимъ сѣверное склоненіе QS нашей звѣзды (§ 18). Если же звѣзда проходитъ черезъ меридіанъ ниже экватора между точками R и Q, то надо наоборотъ наблюденную высоту звѣзды вычесть изъ высоты экватора, чтобы получить южное склоненіе этой звѣзды (§ 18).

§ 23. **Звѣздное время, опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ.** Если бы мы могли въ моментъ кульминаціи какой-нибудь звѣзды S опредѣлить часовой уголъ точки весенняго равноденствія V (§§ 9 и 10), то мы знали бы также прямое восхожденіе этой звѣзды (§ 10). Въ самомъ дѣлѣ, часовой уголъ точки весенняго равноденствія измѣряется угломъ VNQ, или дугой VQ (§ 9); а эта послѣдняя дуга VQ и есть прямое восхожденіе звѣзды S. Какъ опредѣляются прямыя восхожденія на практикѣ, это будетъ изложено впослѣдствіи.

Часовой уголъ QV точки весенняго равноденствія, соотвѣтствующій какому-нибудь моменту, называется звѣзднымъ временемъ, соотвѣтствующимъ этому моменту, совершенно такъ же, какъ часовой уголъ солнца называется истиннымъ солнечнымъ временемъ (§ 9). Такимъ образомъ моменту, когда точка весенняго равноденствія проходитъ черезъ верхнюю часть ZQ меридіана, соотвѣтствуетъ 0^h звѣзднаго времени; моменту же прохожденія этой точки черезъ нижнюю часть HZ' соотвѣтствуетъ 12^h звѣзднаго времени. Промежутокъ между двумя послѣдовательными верхними кульминаціями солнца называется солнечными сутками, и, подобнымъ же образомъ, промежутокъ между двумя послѣдовательными верхними кульминаціями точки весенняго равноденствія называется звѣздными сутками.

Прямое восхожденіе звѣзды, ея часовой уголъ и звѣздное время, соотвѣтствующее моменту наблюденія, связаны между собою весьма простымъ соотношеніемъ. Поэтому, если двѣ изъ этихъ величинъ даны, то третья всегда можетъ быть найдена. Возьмемъ для примѣра звѣзду S'; ея прямое восхожденіе есть VQ', часовой уголъ—QQ', а звѣздное время въ моментъ наблюденія—VQ. Изъ рис. 2 видно, что $VQ=VQ'+Q'Q$. Значитъ, звѣздное время въ моментъ наблюденія равно прямому восхожденію звѣзды, сложенному съ ея часовымъ угломъ. Часовой уголъ звѣзды въ моментъ ея кульминаціи равенъ нулю, и тогда звѣздное время, соотвѣтствующее моменту наблюденія, равно прямому восхожденію звѣзды, что мы видѣли уже въ началѣ этого параграфа.

§ 24. **Выводы.** Напомнимъ читателю значеніе всѣхъ терминовъ, объясненныхъ въ предыдущихъ параграфахъ, и воспользуемся для этого рисункомъ 4. На этомъ рисункѣ обозначаютъ: HWR—горизонтъ мѣста наблюденія, Z—зенитъ мѣста наблюденія, AWQ—экваторъ, N—сѣверный полюсъ экватора, MVL—эклиптику, E—сѣверный полюсъ эклиптики, NE—наклонность эклиптики, H—точку сѣвера, W—точку запада, R—точку юга, V—точку весенняго равноденствія, $NH=QZ$—высоту полюса надъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Проведемъ черезъ полюсы Z, N и E и черезъ звѣзду S' дуги ZR', NQ' и EL', перпендикулярныя соотвѣтственно къ кругамъ HWR, AWQ и MVL. Круги ZR', NQ' и EL' называются соотвѣтственно: кругомъ высотъ, кругомъ склоненій и кругомъ широтъ. Далѣе для звѣзды S' будетъ: $S'R'$—высота, ZS'—зенитное разстояніе, $S'Q'$—склоненіе, NS'—полярное разстояніе, $S'L'$—широта, $RZR'=RR'$—азимутъ, $QNQ'=QQ'$—часовой уголъ, $VNQ'=VQ'$—прямое восхожденіе, $VEL'=VL'$—долгота. Наконецъ $VNQ=VQ$ есть часовой уголъ точки весенняго равноденствія или звѣздное время въ моментъ наблюденія.

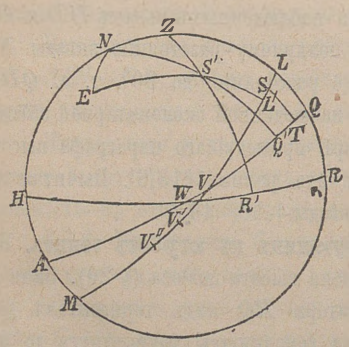


Рис. 4.

ЧАСТЬ I.

Теоретическая астрономія или небесныя явленія вообще.

ГЛАВА I.

Видъ и размѣры земли.

§ 1. **Первыя впечатлѣнія.** На первый взглядъ земля представляется намъ плоскостью, надъ которою, въ видѣ свода, возвышается небо съ его облаками и звѣздами. Съ высокихъ башенъ или горъ нашъ кругозоръ больше, но все же та часть земли, которую мы видимъ изъ этихъ точекъ, намъ кажется тоже плоскостью, если, конечно, не принимать во вниманіе небольшихъ неровностей окружающей насъ мѣстности. Въ открытомъ спокойномъ морѣ явленіе это выступаетъ еще яснѣе. Такимъ образомъ, на основаніи первыхъ впечатлѣній, человѣкъ приходитъ къ заключенію, что земля есть простирающаяся во всѣ стороны до безконечности плоскость, надъ которой, въ видѣ шатра, раскинутъ небесный сводъ. Таковы, безъ сомнѣнія, были астрономическія представленія перваго человѣка; таковы они еще и теперь у дикихъ народовъ.

§ 2. **Земля не есть плоскость и не имѣетъ опоры.** Достаточно нѣсколько бо́льшаго вниманія, чтобы замѣтить ошибочность вышеприведеннаго предположенія, что земля есть простирающаяся безгранично во всѣ стороны плоскость, и что она покоится, какъ нѣкогда думали, на какой-то подставкѣ. Мы ежедневно видимъ, что солнце восходитъ на востокѣ и заходитъ на западѣ, и никто, конечно, не сомнѣвается, что каждый день передъ нами является постоянно одно и то-же солнце. Но гдѣ же бываетъ солнце по ночамъ? Что дѣлается съ луной и со всѣми остальными свѣтилами, когда они также ежедневно исчезаютъ на западѣ съ тѣмъ, чтобы черезъ нѣкоторое время опять появиться на восточной части неба? Вѣдь, очевидно, это тѣ-же самыя свѣтила, которыя мы видѣли вчера, третьяго дня и т. д. А въ такомъ случаѣ они должны были пройти подъ нами, подъ землей; очевидно, что надъ землей находятся лишь части тѣхъ круговъ, которые свѣтила описываютъ около земли, между тѣмъ какъ другія части ихъ находятся подъ землей и заслонены отъ насъ тѣломъ самой земли. Изъ этого слѣдуетъ, что земля не можетъ быть плоскостью, простирающеюся во всѣ стороны до безконечности: какъ бы велика она ни была, она во всякомъ случаѣ простирается въ ту или другую сторону только до извѣстныхъ предѣловъ; иначе небесныя свѣтила не могли бы совершать своихъ движеній вокругъ земли.

Точно также мы должны отказаться отъ предположенія, что земля поддерживается какой-то подставкой. Въ самомъ дѣлѣ, трудно представить себѣ такой пьедесталъ, который поддерживалъ бы огромнѣйшую массу земли; но вѣдь эту подставку, въ свою очередь, должна поддерживать другая подставка, эту—третья и т. д.! На чемъ же покоится послѣдняя изъ всѣхъ этихъ подставокъ? Далѣе, какимъ образомъ небесныя свѣтила, совершая свое движеніе подъ землей, могли бы миновать всѣ эти подставки? Вѣдь они должны были бы или разломать ихъ, или двигаться по безчисленному множеству каналовъ, перерѣзывающихъ весь этотъ массивный пьедесталъ!

Очевидно, что мысль о какой бы то ни было подставкѣ должна быть отброшена, и надо допустить, что земля не только въ горизонтальномъ направленіи, т. е. въ той своей

части, на которой находимся мы сами, но также и въ нижней своей части, для насъ невидимой, простирается лишь до извѣстныхъ предѣловъ. Итакъ, очевидно, что земля есть тѣло, ограниченное со всѣхъ сторонъ, и, какую бы форму она ни имѣла, она во всѣхъ частяхъ своей поверхности соприкасается съ окружающимъ ее воздухомъ, или, вообще, съ такъ называемымъ міровымъ пространствомъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо допустить, что она свободно виситъ въ міровомъ пространствѣ. По истинѣ, это смѣлая мысль для того, кому она впервые пришла въ голову, хотя бы онъ дошелъ до нея путемъ послѣдовательныхъ логическихъ размышленій!

§ 3. **Шарообразность земли.** Намъ остается опредѣлить внѣшнюю форму свободно висящей въ міровомъ пространствѣ земли. Имѣетъ ли она форму куба, цилиндра или какого-нибудь другого тѣла? Такіе вопросы, очевидно, могутъ быть рѣшены только съ помощью наблюденій. Если бы мы могли увидѣть нашу землю съ весьма удаленнаго отъ насъ пункта, напр., съ луны, то, конечно, вопросъ былъ бы сразу рѣшенъ. Но такъ какъ мы постоянно находимся на землѣ, и пути, которые могли бы насъ привести на луну, намъ неизвѣстны, то ограничимся тѣмъ, что поднимемся надъ поверхностью земли какъ можно выше, чтобы охватить глазомъ по возможности бо́льшую часть ея. Въ этомъ отношеніи весьма подходящими для насъ являются горы, особенно тѣ, которыя уединенно возвышаются надъ окружающею ихъ равниною. Въ какомъ же видѣ представляется наблюдателю та часть земли, которую онъ видитъ съ вершины такой горы? Она представляется ему въ видѣ круга, въ центрѣ котораго находится самъ наблюдатель. Всѣ предметы на окружности этого круга кажутся наблюдателю находящимися отъ него на одинаковыхъ разстояніяхъ и лежащими одинаково низко относительно вершины горы. Точнѣйшія измѣренія приспособленными для этой цѣли инструментами вполнѣ это подтверждаютъ, а въ открытомъ морѣ это положеніе даже съ перваго взгляда является неоспоримой истиной.



Рис. 5.

Но если поверхность земли всюду, откуда бы мы на нее съ возвышенной точки ни смотрѣли, представляется намъ ограниченной круговой линіей, то сама земля, очевидно, должна имѣть форму шара, такъ какъ только при этомъ предположеніи можетъ имѣть мѣсто такое явленіе во всѣхъ точкахъ. Итакъ, обитаемая нами земля не есть плоскость, безгранично простирающаяся во всѣ стороны; нѣтъ, наша земля есть шаръ, безъ всякой поддержки свободно висящій въ міровомъ пространствѣ (рис. 5), подобно лунѣ и солнцу, которыя намъ представляются шарами, висящими на небѣ. Солнце, появляясь на востокѣ и освѣщая своими лучами обитаемыя нами страны, приноситъ намъ день. Совершивъ расположенную надъ нами и потому видимую у насъ часть своего суточнаго пути по небесному своду и скрывшись вечеромъ отъ нашихъ глазъ, солнце переходитъ въ ту часть своего пути,

которая лежитъ подъ нами, по другую сторону земли, и начинаетъ освѣщать противоположныя намъ страны земного шара. Послѣднія радостно встрѣчаютъ дневной свѣтъ, между тѣмъ какъ мы погружаемся въ мракъ ночи и пребываемъ въ немъ до тѣхъ поръ, пока утренняя заря на востокѣ не разбудитъ насъ снова отъ нашего сна. Тогда у насъ настаетъ новый день, между тѣмъ какъ противоположныя намъ страны въ свою очередь окутываются темнымъ покровомъ наступающей ночи. Такимъ образомъ свѣтъ и мракъ смѣняютъ другъ друга на нашей шарообразной землѣ, и одно и то же солнце, совершая въ теченіе сутокъ свой круговой путь около земли, послѣдовательно освѣщаетъ и согрѣваетъ своими благодѣтельными лучами всѣ страны земного шара.

§ 4. **Другія доказательства шарообразности земли.** I. Видъ отдаленныхъ предметовъ. Если мы, путешествуя по ровной мѣстности, станемъ постепенно приближаться къ отдаленной горѣ или къ высокой башнѣ, то, прежде всего, нашимъ взорамъ представятся высшія точки этихъ предметовъ, а затѣмъ постепенно будутъ выступать нижележащія. Точно



Рис. 6.

также и въ открытомъ морѣ—наблюдатель, находящійся на берегу и слѣдящій за удаляющимся судномъ, сначала теряетъ изъ виду нижнія части корабля, затѣмъ болѣе высокія, наконецъ, видитъ однѣ лишь верхушки мачтъ, и только ужъ послѣ этого исчезаетъ весь корабль

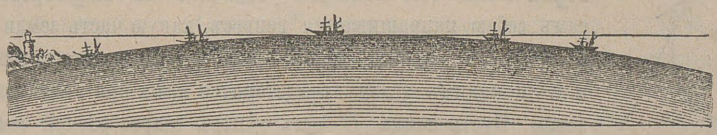


Рис. 7.

(рис. 6 и 7). Такъ какъ это явленіе наблюдается во всѣхъ мѣстахъ земной поверхности, то, слѣдовательно, земля должна имѣть шарообразную форму; ибо, если бы она была плоскостью, то удаляющійся отъ насъ корабль не скрывался бы изъ виду постепенно, какъ это описано выше, но, по мѣрѣ удаленія, дѣлался бы, подобно птицѣ или воздушному шару, все меньше и меньше, сразу во всѣхъ своихъ частяхъ, пока, наконецъ, не изчезъ бы совершенно.

II. Путешествія по направленію меридіана и путешествія вокругъ свѣта. Каждому извѣстно прекрасное созвѣздіе нашего сѣвернаго неба, называемое Большой Медвѣдицей или Колесницей. Оно состоитъ изъ 7 яркихъ звѣздъ, изъ которыхъ четыре, играющія роль колесъ, образуютъ почти правильный четыреугольникъ, между тѣмъ какъ три остальныя представляютъ нѣсколько искривленное дышло. Если черезъ два заднихъ колеса этой колесницы провести прямую линію и продолжить ее по направленію къ сѣверу на разстояніе, въ 5 разъ превышающее разстояніе между самими колесами, то мы встрѣтимъ яркую звѣзду, которая носитъ названіе Полярной. Эта звѣзда, о которой мы уже упоминали выше (Введ. §§ 20 и 21) и о которой впослѣдствіи будемъ имѣть случай говорить не одинъ разъ, почти совсѣмъ не движется на небесномъ сводѣ, въ то время какъ другія въ теченіе сутокъ описываютъ около нея меньшіе или бо́льшіе круги. Если мы будемъ передвигаться по поверхности земли по направленію съ юга на сѣверъ, имѣя все время передъ глазами Полярную звѣзду, то высота этой звѣзды надъ горизонтомъ будетъ постоянно увеличиваться, притомъ пропорціонально пройденному нами разстоянію. Такое путешествіе съ юга на сѣверъ мы совершили бы, если бы, напр., переѣхали изъ Рима въ Венецію, затѣмъ въ Регенсбургъ, Лейпцигъ и наконецъ въ Роштокъ. Въ Римѣ высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ равна 42^0, а въ Роштокѣ 54^0. Такимъ образомъ, при перемѣщеніи наблюдателя изъ Рима въ Роштокъ, разстояніе между которыми составляетъ 1330 километровъ, высота Полярной звѣзды увеличивается на 12^0. Слѣдовательно увеличеніе этой высоты на 1^0 соотвѣтствуетъ перемѣщенію наблюдателя по поверхности земли на 111 километровъ.

Далѣе извѣстно, что кругосвѣтные мореплаватели, придерживаясь во время своего путешествія неизмѣнно одного и того же направленія, напр., съ востока на западъ, и, повидимому, постоянно удаляясь отъ начальнаго пункта своего путешествія, въ концѣ концовъ опять достигали того же самаго пункта, изъ котораго они выѣхали, но только съ другой стороны; ни то, ни другое не было бы возможно, если бы земля была плоскостью.

III. Лунныя затмѣнія. Кто видѣлъ лунное затмѣніе и знаетъ, что оно происходитъ тогда, когда луна вступаетъ въ тѣнь, отбрасываемую освѣщенной солнцемъ землей, тому одинъ видъ этого явленія доставляетъ уже доказательство шарообразности земли: при лунномъ затмѣніи граница тѣни, отбрасываемой землей на поверхность луны, всегда представляется круглой; поэтому очевидно, что земля, отбрасывающая эту тѣнь, не можетъ быть плоскостью, а должна быть тѣломъ, ограниченнымъ кривою поверхностью.

IV. Форма другихъ небесныхъ тѣлъ. Когда въ 16-мъ столѣтіи была изобрѣтена зрительная труба, астрономы замѣтили, что нѣкоторыя другія небесныя тѣла имѣютъ шарообразную форму. Но если форму шара имѣютъ солнце, луна и всѣ планеты съ ихъ спутниками, то почему же земля должна имѣть иную форму? Форма другихъ небесныхъ тѣлъ, слѣдовательно, даетъ намъ новое, хотя и не прямое, доказательство шарообразности земли.

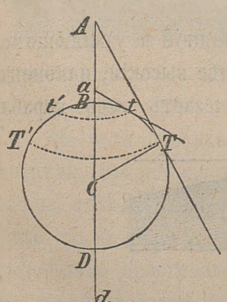


Рис. 8.

§ 5. **Какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ высокой горы.** Послѣ того какъ мы убѣдились въ шарообразности земли, самъ собою напрашивается вопросъ, какую часть земли мы можемъ обозрѣть съ вершины какой-нибудь горы, высота которой извѣстна, и подъ какимъ угломъ представится намъ при этомъ видимая часть земли. Пусть точка C есть центръ шарообразной земли, и пусть одинъ наблюдатель a находится на высотѣ Ba, а другой A на высотѣ BA надъ поверхностью земли (рис. 8). Проведемъ изъ точекъ a и A прямыя линіи at и AT, касающіяся поверхности земли въ точкахъ t и T. Окружности tt' и TT' ограничиваютъ части земли, видимыя изъ точекъ a и A. Дуги Bt и BT мы можемъ принять за радіусы этихъ окружностей. Дополненіе до 90^0 угловъ Cat и CAT, подъ которыми наблюдатель видитъ радіусы Bt и BT, называется

пониженіемъ горизонта. Изъ рисунка видно, что съ увеличеніемъ высоты наблюдателя увеличивается также радіусъ окружности, ограничивающей видимую часть поверхности земли, такъ что мы видимъ тѣмъ бо́льшую часть ея, чѣмъ выше мы поднимаемся. Но вмѣстѣ съ тѣмъ, хотя видимая часть земли и увеличивается по мѣрѣ нашего поднятія надъ поверхностью земли, все же нашему глазу она представляется все подъ меньшимъ и меньшимъ угломъ и, слѣдовательно, кажется намъ все меньше и меньше. Такъ, если мы поднимемся надъ поверхностью земли на незначительную высоту въ 10 метровъ, то въ открытомъ морѣ мы можемъ обозрѣть часть, ограниченную окружностью, радіусъ которой равенъ 11 километрамъ; но этотъ радіусъ мы видимъ подъ угломъ, отличающимся отъ прямого угла всего только на 6′. Другими словами, всѣ линіи, соединяющія нашъ глазъ съ точками, лежащими на этой окружности, лишь весьма незначительно наклонены къ горизонту, и вся видимая часть земли намъ кажется почти вполнѣ горизонтальною плоскостью. А если бы мы могли перемѣститься на луну, которая отстоитъ отъ поверхности земли на 384 000 километровъ, то съ такого большого разстоянія мы увидѣли бы почти цѣлую обращенную къ намъ половину земли; но такую большую часть земли мы видѣли бы лишь подъ небольшимъ угломъ, не превышающимъ 2^0, т. е. земля намъ представлялась бы шаромъ, діаметръ котораго былъ бы приблизительно только въ 4 раза больше видимаго діаметра солнца или луны.

Нижеслѣдующая таблица даетъ радіусъ BT окружности, ограничивающей видимую съ высоты BA часть земли, и уголъ CAT, подъ которыыъ глазу въ A представляется радіусъ BT. Этотъ послѣдній данъ въ километрахъ, высота же BA выражена въ метрахъ

Высота.	Радіусъ.	Уголъ.	Высота.	Радіусъ.	Уголъ.	Высота.	Радіусъ.	Уголъ.
10 м.	11,4 клм.	89°54,4′	100 м.	35,8 км.	89°40,7′	1000 м.	112,9 км.	88°59,1′
20 »	15,5 »	51,4	200 »	50,4 »	32,8	2000 »	159,5 »	33,9
30 »	19,7 »	49,4	300 »	61,7 »	26,7	3000 »	195,5 »	14,5
40 »	22,6 »	47,8	400 »	71,3 »	21,5	4000 »	225,7 »	87°58,2
50 »	25,2 »	46,4	500 »	79,9 »	16,9	5000 »	252,4 »	43,8
60 »	27,6 »	45,1	600 »	87,5 »	12,8	6000 »	276,5 »	30,8
70 »	29,8 »	43,9	700 »	94,5 »	9,0	7000 »	298,5 »	18,9
80 »	31,9 »	42,9	800 »	101,0 »	5,5	8000 »	319,1 »	7,8
90 »	33,9 »	41,7	900 »	107,1 »	2,2	9000 »	338,9 »	86°57,1
100 »	35,8 »	40,7	1000 »	112,9 »	88°59,1	10000 »	356,7 »	47,5

Пользуясь этой таблицей находимъ, что съ Монблана (высота 4800 м.) видна часть земли, ограниченная окружностью, радіусъ которой равенъ 247 километрамъ. Для высочайшей на землѣ вершины Гауризанкаръ въ Гималаяхъ (высота 8850 метровъ) радіусъ соотвѣтственной окружности равенъ 330 километрамъ.

§ 6. **Размѣры земли.** Весьма интересно и важно знать размѣры земного шара. Обратимся опять къ рисунку 8. Линія AT касается кругового сѣченія $BTDT'$ земли, а такъ какъ касательная къ кругу перпендикулярна къ радіусу въ точкѣ касанія, въ нашемъ случаѣ къ радіусу CT, то центральный уголъ ACT равенъ 90° безъ угла CAT. Но на поверхности земли центральному углу ACT соотвѣтствуетъ дуга BT, которая есть не что иное, какъ радіусъ окружности, ограничивающей видимую изъ A часть земли. Если бы мы могли измѣрить уголъ $CAT = 90^0 - ACT$ и дугу BT, то по простой пропорціи мы нашли бы и длину окружности кругового сѣченія земли, именно:

Дуга BT : окружн. $BTDT'B$ = уголъ ACT : 360^0.

Положимъ, напр., что съ высоты въ 5000 метровъ мы видимъ радіусъ BT, равный 252,4 килом., подъ угломъ 87°43,8′. Въ такомъ случаѣ соотвѣтственный центральный

уголъ ACT равенъ $90^0 - 87^0 43{,}8' = 2^0\ 16{,}2'$, и длину окружности $BTDT'B = x$ мы найдемъ по пропорціи

$$252{,}4 : x = 2^0 16{,}2' : 360^0,$$

откуда получаемъ $x = 40\ 028$ километрамъ.

Эта величина весьма близка къ истинной. Впрочемъ точное опредѣленіе угла CAT весьма затруднительно; измѣреніе же разстоянія отъ точки T, гдѣ линія AT касается поверхности земли, до основанія B горы BA представляетъ еще бо́льшія трудности. Поэтому по только что изложенному способу совсѣмъ нельзя надѣяться получить сколько-нибудь удовлетворительный результатъ.

Гораздо болѣе удобный и точный способъ представляютъ намъ путешествія по направленію меридіана. Мы выше (§ 4, II) видѣли, что при передвиженіи наблюдателя съ юга на сѣверъ на 111 километровъ высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ увеличивается на 1^0. Другими словами, протяженію въ 111 километровъ на поверхности земли соотвѣтствуетъ при центрѣ земли уголъ въ 1^0. Слѣдовательно, длина всей окружности кругового сѣченія земли должна быть равна $111 \times 360 = 39\ 960$ килом., что, круглымъ числомъ, составляетъ, какъ и раньше, 40000 километровъ *).

Такимъ образомъ мы видимъ, что задача объ опредѣленіи величины земли распадается собственно на двѣ части. Во-первыхъ, надо по возможности точно измѣрить на поверхности земли разстояніе между двумя точками, лежащими на одномъ и томъ же меридіанѣ, а затѣмъ необходимо опредѣлить разность географическихъ широтъ (Введ. §§ 13 и 20) этихъ точекъ; тогда длина окружности кругового сѣченія земли вычислится по простой пропорціи.

Такъ какъ въ этой задачѣ окончательно дѣло сводится къ опредѣленію длины дуги, соотвѣтствующей центральному углу въ 1^0, то всѣ необходимыя для этого дѣйствія носятъ названіе градуснаго измѣренія.

§ 7. **Болѣе точное опредѣленіе фигуры земли. Основная мѣра.** На основаніи наблюденій, о которыхъ говорилось въ предыдущихъ параграфахъ, мы пришли къ тому заключенію, что земля шарообразна. Эти наблюденія въ прежнія времена не отличались высокой точностью и потому могли дать только общее понятіе о фигурѣ земли. И только много времени спустя стало извѣстно, что земля въ точности не представляетъ собою шара. Въ такихъ наукахъ, которыя, подобно геометріи, основываются на нѣкоторыхъ очевидныхъ истинахъ, мы, послѣ цѣлаго ряда разсужденій, доходимъ до вполнѣ точныхъ и строгихъ результатовъ. Астрономія же, хотя и пользуется математическими разсужденіями для вывода окончательныхъ результатовъ, но исходитъ при этомъ изъ такихъ фактовъ, которые получаются изъ наблюденій и потому, въ зависимости отъ наблюдательныхъ средствъ, могутъ болѣе или менѣе отличаться отъ истины: чѣмъ точнѣе наблюденія, тѣмъ ближе къ истинѣ добытый изъ наблюденій фактъ, и тѣмъ строже окончательныя заключенія астрономовъ. Но при наблюденіяхъ надъ внѣшнимъ окружающимъ насъ міромъ слишкомъ трудно сразу предвидѣть всѣ обстоятельства, которыя могутъ вліять на результаты. Поэтому-то мы сначала стремимся понять наблюдаемое нами явленіе въ общихъ чертахъ, или, какъ говорятъ астрономы, рѣшаемъ задачу въ первомъ приближеніи. Только выяснивъ самую сущность явленія, мы приступаемъ къ новому ряду изслѣдованій для изученія мелкихъ подробностей, сопровождающихъ явленіе, и, благодаря этому, постепенно все ближе и ближе подходимъ къ истинному его объясненію. Такого пути къ достиженію истины придерживались по крайней мѣрѣ всѣ наиболѣе талантливые изслѣдователи. То же самое было и съ

*) Если извѣстна окружность большого круга, то легко вычислить и радіусъ шара, его поверхность и объемъ. Пусть r радіусъ шара, $\pi = 3{,}1415926$; тогда окружность большого круга будетъ $2\pi r$, площадь его πr^2, поверхность шара $4\pi r^2$, объемъ шара $^4/_3\pi r^3$. Принимая радіусъ земли равнымъ 6380 килом., получаемъ: окружность большого круга земли равна 40086 кил., поверхность земли 510 милліон. квадр. килом., а объемъ земли 1 083 000 милл. кубич. килом.

Ред.

задачей объ опредѣленіи фигуры земли. Весьма нелегко, конечно, было первому изслѣдователю, занявшемуся размышленіемъ о фигурѣ земли, отрѣшиться отъ мысли, что земля есть плоскость, отъ мысли, не допускавшей раньше никакого сомнѣнія, и представить себѣ емлю въ видѣ огромнаго шара. Но, безъ сомнѣнія, было еще труднѣе опредѣлить истинную фигуру земли со всѣми ея небольшими уклоненіями отъ шарообразной формы. Въ теченіе многихъ столѣтій довольствовались предположеніемъ, что земля есть шаръ, и это предположеніе вполнѣ соотвѣтствовало общему состоянію астрономическихъ знаній того времени. Въ то время изслѣдованія касались скорѣе размѣровъ земли, чѣмъ ея фигуры. Всѣ пути, которыми шли къ достиженію этой цѣли, были, подобно вышеуказанному, направлены къ тому, чтобы найти длину дуги большого круга на поверхности земли и соотвѣтствующій этой дугѣ уголъ при центрѣ земли. Эратосѳенъ (род. въ 276 г. до Р. Хр.) напалъ на мысль, что, если выбрать дугу по направленію меридіана, то опредѣленіе соотвѣтственнаго этой дугѣ угла значительно облегчается, такъ какъ искомый уголъ въ этомъ случаѣ равенъ разности географическихъ широтъ конечныхъ пунктовъ дуги. Но не легко измѣрить эту дугу. Она, безъ сомнѣнія, можетъ быть измѣрена съ помощью непосредственнаго укладыванія извѣстной мѣры на поверхности земли по направленію дуги меридіана, какъ это уже въ 827 году сдѣлалъ Калифъ Альмамунъ въ степи Синджаръ, а въ болѣе позднее время Мазонъ (1764—1768) въ Пенсильваніи. Но такой способъ примѣнимъ только къ измѣренію небольшихъ дугъ, по длинѣ которыхъ нельзя съ достаточною точностью опредѣлять длину цѣлой окружности. Въ случаѣ же большихъ дугъ непосредственное измѣреніе ихъ крайне затруднительно, а въ большинствѣ случаевъ, вслѣдствіе встрѣчающихся на пути неровностей, водныхъ бассейновъ и другихъ препятствій даже совершенно невозможно. Послѣ различныхъ болѣе или менѣе неудовлетворительныхъ попытокъ прійти къ цѣли другимъ путемъ, наконецъ, отдали предпочтеніе способу, извѣстному подъ названіемъ тріангуляціи. Дугу, которую желаютъ измѣрить, связываютъ цѣпью треугольниковъ съ болѣе короткою и удобоизмѣримою прямою линіей, такъ называемымъ базисомъ, который измѣряютъ непосредственно, притомъ возможно тщательнѣе, а въ треугольникахъ измѣряютъ одни углы, что можетъ быть исполнено съ большою точностью. Длина дуги получается чрезъ послѣдовательное рѣшеніе треугольниковъ. Такого рода измѣреніе дуги ввелъ голландскій астрономъ Снелліусъ въ началѣ 17-го столѣтія. Оно дало возможность открыть небольшія разницы въ длинахъ дугъ, соотвѣтствующихъ равнымъ угламъ, но лежащихъ въ разныхъчастяхъ земной поверхности, а слѣдовательно и небольшія отклоненія земли отъ шарообразной формы.

Какъ бы ни былъ великъ шагъ впередъ, сдѣланный Снелліусомъ, все же только конецъ 17-го столѣтія, когда выступилъ на сцену французъ Пикаръ, впервые примѣнившій при тріангуляціи зрительныя трубы, можетъ считаться началомъ періода, въ которомъ можно было ожидать точнаго рѣшенія задачи о видѣ земли. Несмотря на это, приблизительно на 40 лѣтъ позже, на основаніи новаго измѣренія, произведеннаго подъ руководствомъ выдающихся астрономовъ Лагира, Дом. и Як. Кассини, пришли къ невѣрному заключенію, что земля имѣетъ удлиненную яйцевидную форму. Когда теоретически была доказана несостоятельность такого заключенія (см. ниже § 13 III), Парижская Академія Наукъ, чтобы не оставить мѣста для сомнѣнія, въ началѣ 18-го столѣтія, снарядила двѣ экспедиціи испытанныхъ геометровъ, одну подъ начальствомъ Бугера и Кондамина въ Перу, другую подъ начальствомъ Клеро и Мопертюи въ Лапландію. Благодаря этимъ новымъ измѣреніямъ, доказавшимъ, что земля есть тѣло, приплюснутое у полюсовъ, спорный вопросъ былъ окончательно рѣшенъ.

Послѣдовавшее съ теченіемъ времени усовершенствованіе инструментовъ побудило французскую Академію въ 1792 году поручить Мешеню и Деламбру произвести со всей возможной точностью измѣреніе дуги меридіана отъ Дюнкирхена до Монжуи близъ Барселоны. Эта дуга въ первые годы 19-го столѣтія была продолжена астрономами Біо и Араго

до острова Форментеры. Вычисленіе этихъ измѣреній было поручено астрономамъ Бувару Буркгарту и Матье; результатъ всей работы, охватившей дугу длиною болѣе 12°, или 1400 километровъ, опубликованъ въ обширномъ сочиненіи: «Base du système métrique», вышедшемъ подъ редакціей Деламбра.

При этомъ французская Академія, какъ видно изъ самого заглавія только что упомянутаго сочиненія, имѣла въ виду не только опредѣлить точные размѣры и фигуру земли, но также установить и такъ называемую основную мѣру, т. е. неизмѣнную единицу длины, которая была бы заимствована изъ природы, и которую всегда можно было бы снова опредѣлить, если бы образецъ ея затерялся. Эта единица, которую назвали метромъ, должна была составлять одну десятимилліонную часть четверти земного меридіана. Мысль о неизмѣнной основной мѣрѣ длины, впрочемъ, въ то время уже была не новою. Еще въ 1670 году Мутонъ предложилъ за единицу длины принять дугу меридіана длиною въ 1′, т. е. въ сущности еще и теперь употребляющуюся морскую милю. Около этого же времени Королевское Общество въ Лондонѣ, подъ предсѣдательствомъ Христофора Врена, неоднократно занималось этимъ вопросомъ, но не пришло ни къ какому опредѣленному результату, отчасти потому, что и тогда уже видѣли неудобства, съ которыми пришлось бы встрѣтиться при приведеніи въ исполненіе мысли о такой основной мѣрѣ, отчасти потому, что не могли прійти къ соглашенію относительно того, выбрать ли за основную мѣру длины длину секуднаго маятника или длину извѣстной части земного меридіана. Лѣтъ пятьдесятъ спустя, Бугеръ снова указывалъ на длину секуднаго маятника, какъ на основную мѣру длины.

Какъ ни заманчива кажется на первый взглядъ идея объ основной мѣрѣ, тѣмъ не менѣе она непрактична или, вѣрнѣе сказать, призрачна. Что касается собственно до метра, то онъ, какъ одна десятимилліонная часть четверти земного меридіана, былъ бы лишь идеальнымъ метромъ, и, въ случаѣ необходимости снова получить его величину, пришлось бы снова производить сопряженное съ большими трудностями градусное измѣреніе. Поэтому прежде всего было необходимо установить матеріальный метръ, эталонъ, который, какъ метръ-прототипъ, и сдѣлался основаніемъ всей новой системы мѣръ. Но вмѣстѣ съ этимъ уже была оставлена идея объ основной мѣрѣ, заимствованной изъ самой природы. Кромѣ того, если даже допустить, что фигура земли вообще остается неизмѣнной (хотя и тутъ возможны нѣкоторыя измѣненія), то все же опредѣленіе величины метра зависитъ отъ наблюденій и отъ способовъ вычисленія; но какъ для тѣхъ, такъ и для другихъ возможны усовершенствованія, благодаря которымъ каждое новое измѣреніе, произведенное съ болѣе точными вспомогательными средствами, вообще даетъ новую величину метра, нѣсколько отличающуюся отъ прежней. Для бо́льшей убѣдительности замѣтимъ, что и въ настоящее время выведенная изъ наблюденій длина четверти земного меридіана невѣрна на нѣсколько сотъ метровъ, несмотря на то, что теперь прибавилось большое число точныхъ и охватывающихъ огромное пространство градусныхъ измѣреній въ Германіи, Россіи, Швеціи, Остъ-Индіи, на мысѣ Доброй Надежды и т. д., и не смотря на то, что точность новыхъ измѣреній значительно превзошла точность французскихъ. Въ 1837 году Бессель изъ совокупности всѣхъ извѣстныхъ тогда и заслуживающихъ довѣрія градусныхъ измѣреній вычислилъ размѣры земли, наилучшимъ образомъ удовлетворяющіе этимъ измѣреніямъ, и нашелъ, что четверть земного меридіана равна не 10 000 000 метровъ, а 10 000 856 метрамъ, если за длину метра считать его первоначальную длину, выведенную изъ французскаго измѣренія. Такимъ образомъ эта мнимо-неизмѣнная единица длины должна была бы быть увеличена приблизительно на $^1/_{10}$ миллиметра, если за длину метра дѣйствительно считать одну десятимилліонную часть четверти меридіана.

Что же теперь дѣлать? Измѣнить ли длину метра или отношеніе его къ четверти земного меридіана? Парижская Академія Наукъ постановила не мѣнять длины метра-прототипа, а оставить его и впредь основной единицей длины. При введеніи метрической системы

мѣръ было изготовлено большое число копій съ метра-прототипа, которыя, послѣ сравненія съ нимъ, и были разосланы въ различныя государства для храненія. Всѣ эти копіи служатъ только для сравненія съ ними тѣхъ мѣръ, которыя употребляются для непосредственныхъ измѣреній. Въ случаѣ порчи какой-нибудь копіи, она можетъ быть отправлена въ Парижъ для новаго сравненія съ хранящимся тамъ метромъ.

Собственно говоря позднѣйшая географическая или нѣмецкая миля явилась также основной мѣрой въ томъ-же смыслѣ, какъ и метръ. Если принять окружность экватора равной 5400 географическимъ милямъ, то 1^0 экватора будетъ равенъ 15 геогр. милямъ. Одна минута, какъ шестидесятая часть градуса, равна $^1/_4$ геогр. мили; эта длина еще и теперь употребляется подъ названіемъ морской мили. По вычисленію Бесселя, окружность экватора равна 40070,368 километрамъ. Сообразно съ этимъ, географическая миля составляетъ 7,420 или, приблизительно, $7^1/_2$ километровъ. Пользуясь этимъ соотношеніемъ, мы легко можемъ перечислять километры въ географическія мили и обратно.

ГЛАВА II.

Суточное движеніе земли.

§ 8. **Суточное движеніе небеснаго свода.** Мы уже видѣли, что небесный сводъ со всѣми находящимися на немъ свѣтилами, вращаясь около земли съ востока на западъ, совершаетъ полный оборотъ въ теченіе сутокъ. По крайней мѣрѣ, такое впечатлѣніе получается у всякаго при разсматриваніи звѣзднаго неба, почему предположеніе о вращеніи небеснаго свода и существовало у всѣхъ народовъ съ незапамятныхъ временъ. Нѣсколько столѣтій назадъ этого мнѣнія придерживались и ученые; мало того, оно считалось непреложной истиной, за одно сомнѣніе въ которой привлекали къ суду.

Прежде чѣмъ рѣшить вопросъ, правильно ли такое мнѣніе, необходимо обстоятельно разсмотрѣть то явленіе, на основаніи котораго этого мнѣніе составилось. Съ этой цѣлью выйдемъ въ ясный вечеръ, вскорѣ послѣ захода солнца, на открытое ровное мѣсто и обратимъ вниманіе на небо. Оно намъ представится въ видѣ обширнаго шарообразнаго свода, усѣяннаго звѣздами различныхъ величинъ. Выберемъ какую-нибудь отдѣльную группу звѣздъ, наиболѣе бросающуюся въ глаза, и будемъ слѣдить за этой группой въ теченіе нѣкотораго времени, относя положенія звѣздъ къ какимъ-нибудь неподвижнымъ земнымъ предметамъ, напр., къ дереву, башнѣ и т. п. Мы вскорѣ замѣтимъ, что звѣзды избранной нами группы, не мѣняя своего относительнаго положенія, перемѣщаются всѣ вмѣстѣ по небесному своду съ востока на западъ. Обратимся лицомъ къ Полярной звѣздѣ (§ 4 II), иначе говоря, къ сѣверу. Тогда мы замѣтимъ, что звѣзды, лежащія на восточной сторонѣ небесной сферы, т. е. направо отъ насъ, поднимаются все выше и выше надъ горизонтомъ, между тѣмъ какъ звѣзды, находящіяся на противоположной, западной сторонѣ неба, или налѣво отъ насъ, опускаются все ниже и ниже; на западѣ свѣтила, достаточно удаленныя отъ Полярной звѣзды, приближаясь къ горизонту, наконецъ, совсѣмъ исчезаютъ подъ нимъ; зато на востокѣ изъ-за горизонта появляются новыя звѣзды и, присоединившись къ остальнымъ, вмѣстѣ съ ними совершаютъ свое дальнѣйшее движеніе съ востока на западъ.

При нѣкоторомъ вниманіи легко замѣтить, что пути, описываемые свѣтилами на небесномъ сводѣ, суть окружности круговъ. Если звѣзда находится недалеко отъ Полярной звѣзды, то можно видѣть весь описываемый ею кругъ, такъ какъ такая звѣзда, постоянно находясь надъ горизонтомъ, не восходитъ и не заходитъ (Введ. § 15), а совершаетъ въ теченіе сутокъ свой круговой путь около неподвижной точки, лежащей весьма близко къ Полярной звѣздѣ. Къ такимъ звѣздамъ принадлежатъ, напр., звѣзды Большой Медвѣдицы (§ 4 II).

Чѣмъ больше разстояніе звѣзды отъ упомянутой выше неподвижной точки, тѣмъ больше описываемый ею кругъ. Наконецъ, если это разстояніе для какой-нибудь звѣзды дѣлается больше высоты Полярной звѣзды надъ горизонтомъ, то мы видимъ лишь находящуюся надъ горизонтомъ часть круга, описываемаго звѣздой, между тѣмъ какъ другая его часть, находящаяся подъ горизонтомъ, заслонена отъ насъ самою землей.

Мы знаемъ (§ 4 II), что при передвиженіи наблюдателя съ юга на сѣверъ въ сѣверномъ полушаріи высота Полярной звѣзды надъ горизонтомъ постепенно увеличивается; вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаетъ число такихъ звѣздъ, которыя постоянно остаются надъ горизонтомъ. Этимъ наглядно доказывается, что всѣ звѣзды описываютъ на небѣ полные круги, но въ болѣе южныхъ странахъ для большинства звѣздъ видны лишь нѣкоторыя части описываемыхъ ими круговъ, остальныя же части ихъ скрыты подъ горизонтомъ. Положимъ, что, двигаясь все дальше на сѣверъ, мы, наконецъ, достигли сѣвернаго полюса (Введ. § 5). Въ этомъ пунктѣ земной поверхности Полярная звѣзда находится весьма близко отъ зенита наблюдателя, и всѣ звѣзды, лежащія на видимомъ полушаріи небесной сферы, описываютъ на небѣ полные круги, параллельные горизонту, причемъ, чѣмъ ближе звѣзда къ горизонту, тѣмъ больше описываемый ею кругъ (рис. 9). Если же наблюдатель, вмѣсто того, чтобы передвигаться къ сѣверу, постоянно переѣзжаетъ въ болѣе южныя страны, то Полярная звѣзда все больше и больше приближается къ горизонту; въ то-же время на югѣ появляются изъ-подъ горизонта новыя звѣзды, до тѣхъ поръ невидимыя, причемъ плоскости круговъ, описываемыхъ южными звѣздами, составляютъ съ плоскостью горизонта все бо́льшіе и бо́льшіе углы. Продолжая путешествіе на югъ, мы, наконецъ, достигнемъ экватора. Для всякой точки земного экватора Полярная звѣзда находится почти на самомъ горизонтѣ наблюдателя; всѣ круги, описываемые звѣздами, перпендикулярны къ горизонту, а видимыя или лежащія надъ горизонтомъ (Введ. § 15) части ихъ въ точности равны невидимымъ частямъ ихъ, находящимся подъ горизонтомъ; изъ всѣхъ круговъ, описываемыхъ звѣздами, самый большой тотъ, который проходитъ черезъ зенитъ наблюдателя; круги, лежащіе по обѣ стороны отъ зенита, тѣмъ меньше, чѣмъ ближе къ горизонту звѣзды ихъ описывающія; въ двухъ противоположныхъ пунктахъ горизонта круги обращаются въ точки. Эти двѣ точки суть единственныя неподвижныя точки на небесномъ сводѣ; изъ нихъ одна, вблизи которой находится вышеупомянутая Полярная звѣзда, называется сѣвернымъ полюсомъ міра, а другая, ей противоположная—южнымъ. Наибольшій изъ всѣхъ параллельныхъ круговъ, проходящій въ настоящемъ случаѣ черезъ зенитъ, называется (Введ. § 5) небеснымъ экваторомъ (рис. 10). Плоскости его и земного экватора совпадаютъ.

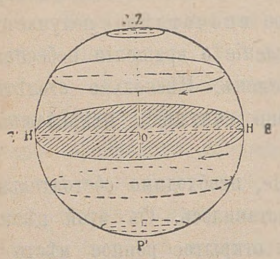


Рис. 9.

При передвиженіи наблюдателя еще дальше на югъ, въ южное полушаріе, невидимый въ сѣверномъ полушаріи южный полюсъ поднимается все выше надъ горизонтомъ, и число звѣздъ, описывающихъ на небѣ около южнаго полюса полные круги, постепенно увеличивается. Словомъ, всѣ тѣ явленія, которыя наблюдались относительно сѣверныхъ звѣздъ при перемѣщеніи къ сѣверу, теперь повторяются въ томъ-же порядкѣ относительно южныхъ звѣздъ. Наконецъ, наблюдатель достигаетъ такой точки, гдѣ южный полюсъ міра находится въ зенитѣ; здѣсь всѣ круги, описываемые звѣздами, опять параллельны горизонту. Эта точка есть ни что иное, какъ южный полюсъ земли. Но звѣзды, которыя наблюдатель видитъ съ южнаго полюса земли, уже не тѣ, которыя укра-

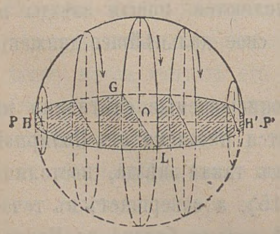


Рис. 10.

шаютъ небесный сводъ тогда, когда въ зенитѣ находится Полярная звѣзда: въ одномъ случаѣ наблюдатель видитъ южное полушаріе неба, а въ другомъ—сѣверное.

§ 9. **Возможность объясненія суточнаго движенія звѣздъ вращеніемъ небесной сферы.** Наблюдаемое суточное движеніе свѣтилъ прежде всего можетъ быть объяснено вращеніемъ всей небесной сферы около неподвижной оси, проходящей черезъ центръ земли. При такомъ объясненіи точно представляются всѣ мельчайшія подробности явленія; къ тому же это объясненіе весьма просто и вполнѣ согласуется съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ. Поэтому понятно, что слова «вращеніе небеснаго свода» издавна вошли во всеобщее употребленіе для обозначенія разсматриваемаго нами явленія.

Но не всегда можно довѣрять первому впечатлѣнію. Мы уже видѣли, что наши чувства часто насъ обманываютъ, и, слѣдовательно, основывая свои заключенія на непосредственномъ впечатлѣніи, мы можемъ впасть въ крупныя ошибки. Въ первой главѣ мы уже познакомились съ одной изъ таковыхъ: земля на первый взглядъ представляется намъ въ видѣ плоскости, а между тѣмъ, въ дѣйствительности, она имѣетъ совершенно другую форму.

Посмотримъ, не допускаетъ ли суточное движеніе небесныхъ свѣтилъ какого-нибудь иного объясненія. Если намъ удастся найти другое объясненіе, другую гипотезу, какъ говорятъ астрономы, то надо будетъ взвѣсить доводы за и противъ того и другого предположенія и затѣмъ уже рѣшить, на сторонѣ котораго лежитъ истина.

§ 10. **Объясненіе суточнаго движенія звѣздъ вращеніемъ земли.** До сихъ поръ мы принимали, что небесная сфера совершаетъ оборотъ въ теченіе сутокъ съ востока на западъ около неподвижной, находящейся въ ея центрѣ, земли. Сдѣлаемъ обратное предположеніе, что небесная сфера находится въ покоѣ, а земля вращается съ запада на востокъ около оси, про ходящей черезъ ея центръ, и въ теченіе сутокъ совершаетъ полный оборотъ. Какъ ни странно, можетъ быть, кажется на первый взглядъ такое предположеніе, все же надо сознаться, что оно объясняетъ явленіе суточнаго движенія звѣздъ такъ же полно и хорошо, какъ и первое предположеніе.

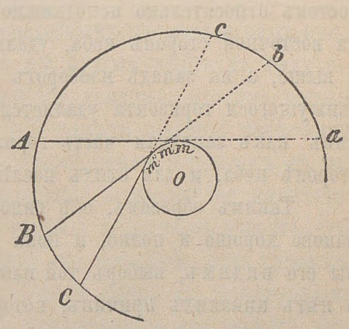


Рис. 11.

Намъ кажется, что на восточной сторонѣ неба звѣзды, при восходѣ, поднимаются надъ нашимъ неподвижнымъ горизонтомъ, на западной же онѣ, наоборотъ, при закатѣ, приближаются къ горизонту и, опускаясь все ниже и ниже, наконецъ, исчезаютъ. То же самое явленіе имѣетъ мѣсто при допущеніи, что небесная сфера со всѣми находящимися на ней звѣздами неподвижна, а земля вращается около оси въ обратномъ направленіи, т. е. съ запада на востокъ. При такомъ предположеніи наблюдатель самъ движется вмѣстѣ съ землей по направленію къ востоку Понятно, что въ этомъ вращеніи съ запада на востокъ принимаетъ участіе также и горизонтъ, который всегда касается мѣста наблюденія (Введ.§ 6). Слѣдовательно, горизонтъ, который по первой гипотезѣ предполагается неподвижнымъ, по второй самъ движется.

Пусть точка O есть центръ земли $mm'm''$, а $CBAcba$—окружающее землю небо (рис. 11). Если небесная сфера вращается около неподвижной земли съ востока на западъ въ направленіи CAc, то наблюдателю m, остающемуся неподвижнымъ, кажется, что звѣзды, лежащія около A, восходятъ надъ его неподвижнымъ горизонтомъ Aa, между тѣмъ какъ звѣзды, находящіяся около a, заходятъ. Черезъ нѣкоторое время небесная сфера повернется слѣва направо такъ, что точка B перейдетъ въ A, а точка b въ a. Въ этотъ моментъ для наблюдателя, помѣщающагося въ m, звѣзды, лежащія около B, восходятъ, звѣзды же, которыя находятся около b, и которыя раньше наблюдатель видѣлъ

на значительной высотѣ, заходятъ. Еще черезъ нѣсколько времени восходить будутъ звѣзды, лежащія около точки C, а заходить такія, которыя наблюдатель усматриваетъ около c и т. д.

Если же мы предположимъ, что земля вращается съ запада на востокъ въ направленіи $mm'm''$, то вмѣстѣ съ ней будутъ вращаться также наблюдатель и его горизонтъ, такъ какъ послѣдній всегда проходитъ черезъ ту точку, гдѣ находится наблюдатель, и въ этой точкѣ касается поверхности земли.

Горизонтъ наблюдателя, находящагося въ m, при продолженіи своемъ, встрѣчаетъ небесную сферу, въ точкахъ A и a; иначе говоря, наблюдателю въ m звѣзды въ A кажутся восходящими, а звѣзды въ a заходящими. Черезъ нѣкоторый промежутокъ времени, вслѣдствіе вращенія земли, наблюдатель перемѣстится изъ точки m въ точку m', и горизонтъ его приметъ положеніе Bb. Такимъ образомъ, восточная часть горизонта перемѣстилась изъ A въ B, и звѣзды въ A, которыя раньше казались наблюдателю восходящими, теперь находятся на значительной высотѣ на восточной части неба, между тѣмъ какъ звѣзды въ a, которыя раньше казались заходящими, теперь лежатъ уже низко подъ горизонтомъ и потому невидимы; заходящими же теперь кажутся наблюдателю звѣзды въ b, а восходящими звѣзды въ B. Еще черезъ нѣсколько времени наблюдатель займетъ положеніе m'', а его горизонтъ положеніе Cc; тогда звѣзды въ C для наблюдателя m'' восходятъ, а звѣзды въ c заходятъ и т. д.

По первой гипотезѣ, небесный сводъ вращается около неподвижнаго горизонта съ востока на западъ; по второй же, мѣняющій свое положеніе горизонтъ движется съ запада на востокъ относительно неподвижной небесной сферы. Въ первомъ случаѣ звѣзды, видимыя на восточной сторонѣ неба, удаляются отъ неподвижнаго горизонта и поднимаются все выше и выше, а на западѣ наоборотъ приближаются къ горизонту; во второмъ—восточная часть движущагося горизонта удаляется отъ звѣздъ, которыя поэтому кажутся восходящими, между тѣмъ какъ западная часть горизонта приближается къ звѣздамъ, лежащимъ на западной сторонѣ неба, и для этихъ послѣднихъ наступаетъ время ихъ захода.

Такимъ образомъ, обѣ гипотезы объясняютъ явленіе суточнаго движенія звѣздъ одинаково хорошо и полно, и пока дѣло идетъ только о представленіи явленія такъ, какъ мы его видимъ, выборъ той или другой гипотезы зависитъ вполнѣ отъ нашего произвола, и нѣтъ никакихъ причинъ, которыя могли бы заставить насъ остановиться на одной изъ нихъ предпочтительно передъ другой.

§ 11. **Логическія доказательства вращенія земли.** I. Скорости вращенія. Небольшого размышленія достаточно, чтобы изъ двухъ вышеприведенныхъ гипотезъ выбрать вторую. По первой гипотезѣ движется небесная сфера, между тѣмъ какъ мы, пребывая въ полнѣйшемъ покоѣ, любуемся этимъ движеніемъ; по второй же небесная сфера предполагается неподвижной, между тѣмъ какъ земля, вмѣстѣ со всѣми находящимися на ней предметами, вращается около оси съ огромною скоростью, которая подъ экваторомъ составляетъ 27,8 километровъ въ минуту. Но вѣдь никто изъ насъ никогда не замѣчалъ этого движенія. Кто же, поэтому, подастъ голосъ за вторую гипотезу? Съ перваго взгляда всякій, конечно, первую гипотезу, по которой земля предполагается неподвижной, признаетъ въ высшей степени вѣроятной и даже единственно вѣрной. Но это только съ перваго взгляда. А такъ какъ мы знаемъ, что первому впечатлѣнію довѣряться нельзя, то и разсмотримъ болѣе подробно обѣ гипотезы.

Какъ бы огромна ни казалась намъ скорость вращенія земли, но впослѣдствіи мы познакомимся съ гораздо бо́льшими скоростями, сравнительно съ которыми эта скорость является ничтожной. Даже точки, лежащія на экваторѣ, вращаются со скоростью, которая не на очень большую величину отличается отъ скорости звука, составляющей, по опредѣленію Реньо, 19,8 километровъ въ минуту. А чѣмъ дальше отъ экватора отстоитъ какое-нибудь мѣсто на землѣ, тѣмъ меньше его скорость вращенія, такъ какъ земныя параллели,

въ плоскостяхъ которыхъ происходитъ это движеніе, уменьшаются по мѣрѣ удаленія отъ экватора (Введ. § 14). Такъ, Вѣна, лежащая на параллели, широта которой равна 48° (Введ. § 12), движется со скоростью 18,6 километровъ въ минуту; скорость вращенія для Петербурга, лежащаго подъ широтой 60°, равна только 13,9 километрамъ. Наконецъ, вблизи обоихъ земныхъ полюсовъ это движеніе дѣлается столь медленнымъ, что его можно считать почти за абсолютный покой.

Съ какими невѣроятными, напротивъ того, скоростями придется намъ имѣть дѣло, если мы представимъ себѣ нашу землю неподвижной и мысленно заставимъ небесную сферу вращаться около нея! Такъ, напр., разстояніе отъ земли до луны равно 384 000 километровъ. Слѣдовательно, длина окружности, которую она должна описать около земли въ 24 часа, равна приблизительно 2 400 000 километровъ*). Такимъ образомъ, въ минуту луна должна пробѣгать 1670 километровъ. Эта скорость въ 60 разъ превосходитъ ту, съ которой должна была бы вращаться точка, лежащая на земномъ экваторѣ. Солнце, отстоящее отъ земли на 150 милліоновъ километровъ, должно пробѣгать въ минуту 654000 километровъ. Эта скорость въ 23000 разъ больше той, изъ-за которой мы съ перваго взгляда хотѣли откинуть предположеніе о вращеніи земли. Но эта невѣроятная скорость еще одна изъ небольшихъ. На небѣ есть тѣла, отстоящія отъ насъ такъ далеко, что даже огромное разстояіе отъ земли до солнца представляется совершенно ничтожнымъ сравнительно съ разстояніемъ до этихъ тѣлъ. Съ какими же ужасающими и непостижимыми для ума скоростями должны вращаться около земли эти тѣла! И для чего они должны совершать такое движеніе? Только для того, чтобы не нарушать нашего покоя! Какъ будто всѣ онѣ существуютъ только ради насъ и ради нашего удобства!

II. Величина небесныхъ тѣлъ. Не менѣе неправдоподобнымъ покажется намъ предположеніе о вращеніи небесныхъ тѣлъ около земли, если мы будемъ имѣть въ виду огромныя массы, которыми эти тѣла обладаютъ. Впослѣдствіи мы увидимъ, что изъ нашего солнца, напримѣръ, можно сдѣлать приблизительно 1 300 000 такихъ шаровъ, какъ наша земля. И это-то огромное тѣло должно двигаться около маленькой земли, и притомъ съ непонятною для нашего ума скоростью! А вѣдь на небѣ находится безчисленное множество такихъ же и даже болѣе крупныхъ тѣлъ! Неужели же мы должны принять въ высшей степени невѣроятное предположеніе, что всѣ эти огромныя тѣла, въ милліоны разъ превосходящія нашу землю, вращаются около нея? Неужели вся небесная сфера съ безконечнымъ числомъ звѣздъ, которыхъ размѣры и разстоянія до земли непостижимы для нашего ума, должна вращаться около маленькаго шара, около нашей земли, которая въ сравненіи съ безпредѣльнымъ міровымъ пространствомъ представляется ничтожной точкой? И все это только потому, что эта точка—наше жилище!

III. Вращеніе другихъ небесныхъ тѣлъ. Станемъ также, какъ и при изслѣдованіи вида земли, разсматривать землю не только какъ наше жилище, но какъ одно изъ тѣлъ, въ огромномъ числѣ украшающихъ наше ночное небо. Намъ извѣстно нѣсколько небесныхъ тѣлъ, которыя, какъ это слѣдуетъ изъ наблюденій при помощи зрительной трубы, вращаются съ запада на востокъ. Луна совершаетъ оборотъ около своей оси въ $27^3/_{10}$ сутокъ, солнце приблизительно въ 25 сутокъ, Марсъ въ 24 часа, наконецъ Юпитеръ, величайшая изъ всѣхъ планетъ нашей солнечной системы, въ 9—10 часовъ. Если мы наблюдаемъ вращеніе у всѣхъ этихъ небесныхъ тѣлъ, то почему же не допустить, что и земля вращается около оси?

IV. Невозможность допустить равномѣрное движеніе всѣхъ небесныхъ тѣлъ около земли. Если мы допустимъ, что наша земля неподвижна, то всѣ небесныя тѣла должны, очевидно, двигаться около нея совершенно равномѣрно; всѣ тѣла, небольшія и

*) Если r есть радіусъ окружности, то длина ея равна $2\pi r$, гдѣ $\pi=3{,}1416$.

огромныя, близкія и отдаленныя, должны совершать полный оборотъ около земли въ одно и то-же время, въ 24 часа. Если земля неподвижна, а всѣ свѣтила движутся около нея, то она, очевидно, обладаетъ какой-то волшебной и непостижимой для насъ силой, которая и является причиной всѣхъ этихъ движеній. Но, по законамъ механики, всякая сила должна дѣйствовать на ближайшія тѣла иначе, чѣмъ на отдаленныя. Мы же видимъ какъ разъ обратное: эта сила на близкую къ намъ луну дѣйствуетъ совершенно такъ-же, какъ и на безконечно удаленныя звѣзды. Всѣ безъ исключенія тѣла мірового пространства, по этой гипотезѣ, должны приводиться въ движеніе этою силою съ такою правильностью, что ни одно изъ нихъ ни на одну секунду не отстаетъ отъ другихъ и не опережаетъ ихъ. Какъ будто все назначеніе этихъ тѣлъ состоитъ только въ томъ, чтобы мы могли по ихъ движенію повѣрять свои часы! Какъ будто только для того они совершаютъ свое суточное движеніе на небесной сферѣ, чтобы дать намъ возможность полюбоваться этой красивой картиной!

V. Отсутствіе центра движенія. Приписывая землѣ такую силу, гдѣ мы должны искать ея мѣстопребываніе? Очевидно, въ самой землѣ и именно въ ея центрѣ. Но суточное вращеніе небеснаго свода происходитъ собственно не около центра земли, а около оси міра; звѣзды движутся въ плоскостяхъ параллельныхъ круговъ, всѣ центры которыхъ находятся на этой оси (Введ. § 14). Поэтому, если предположить, что какая-то сила заставляетъ каждую звѣзду двигаться по соотвѣтственному параллельному кругу, то мѣстопребываніемъ этой силы долженъ служить центръ круга. Но такъ какъ лишь небольшая часть оси вращенія лежитъ внутри самой земли, остальныя же части ея простираются по обѣ стороны отъ земли далеко въ безконечное небесное пространство, то для большей части звѣздъ центры круговъ находятся внѣ земли, на огромныхъ разстояніяхъ отъ нея, въ сравненіи съ которыми сама земля можетъ быть разсматриваема какъ точка. Кромѣ того, чѣмъ ближе звѣзда къ тому или другому полюсу, тѣмъ медленнѣе она движется. Слѣдовательно, мы для каждой звѣзды должны допустить существованіе особой силы; мѣстопребываніемъ большинства этихъ силъ служатъ воображаемыя, ничѣмъ не занятыя точки мірового пространства. Вотъ какія несообразности влечетъ за собою предположеніе о неподвижности земли. Если же мы допустимъ, что земля вмѣстѣ со всѣми находящимися на ней предметами, вмѣстѣ съ наблюдателями, слѣдящими за движеніемъ небесныхъ свѣтилъ, вращается около оси, то всѣ вышеприведенныя несообразности тотчасъ-же отпадаютъ, и причина на первый взглядъ загадочнаго явленія дѣлается ясной и понятной. Правда, для объясненія суточнаго движенія свѣтилъ небесныхъ можно еще прибѣгнуть къ кристальной сферѣ древнихъ и предположить, вмѣстѣ съ ними, что всѣ звѣзды прикрѣплены къ твердому шарообразному куполу, какъ блестящіе брилліанты къ темному бархату. Но такое предположеніе находится въ прямомъ противорѣчіи со всѣми нашими наблюденіями надъ разстояніями небесныхъ тѣлъ отъ земли и, кромѣ того, несогласно съ наблюдаемыми собственными движеніями свѣтилъ. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ необходимости принять предположеніе, что земля вращается около оси.

§ 12. **Возраженія противъ гипотезы о вращеніи земли.** Въ предыдущемъ параграфѣ мы собственно доказывали, что предположеніе о неподвижности земли весьма невѣроятно или даже совсѣмъ недопустимо. Это такъ называемыя отрицательныя доказательства вращенія земли около оси; но существуетъ не мало и положительныхъ доказательствъ этого вращенія. Прежде чѣмъ, однако, перейти къ нимъ, мы постараемся опровергнуть важнѣйшія возраженія, которыя обыкновенно приводятся противъ предположенія о вращеніи земли. Скептики задаютъ вопросъ: «Отчего мы не чувствуемъ движенія земли?» Но мы въ свою очередь спросимъ: «Что собственно мы должны чувствовать?». При вращеніи земли не можетъ быть никакого сотрясенія, такъ какъ это вращеніе совершается постоянно съ одною и тою-же скоростью и безъ всякихъ толчковъ. Не чувствуемъ же мы движенія корабля, скользящаго по гладкой зеркальной поверхности моря, а между тѣмъ мы вполнѣ увѣрены въ этомъ движеніи, такъ

какъ береговые предметы, которые стоятъ неподвижно на своихъ мѣстахъ, кажутся намъ быстро пробѣгающими мимо насъ. Но движеніе корабля далеко не такое равномѣрное, какъ движеніе земли, такъ какъ вѣтеръ и волны нерѣдко заставляютъ корабль перемѣщаться то въ ту, то въ другую сторону, и, кромѣ того, корабль не движется постоянно по одному и тому-же направленію, а время отъ времени мѣняетъ свой курсъ. Впрочемъ, движеніе корабля, скользящаго по спокойной водной поверхности, даетъ довольно вѣрную картину нашего движенія на вращающейся землѣ, на этомъ міровомъ кораблѣ. Хотя мы и не чувствуемъ непосредственно нашего движенія, но мы можемъ очень хорошо замѣтить его по быстрому пробѣганію мимо насъ блестящихъ небесныхъ свѣтилъ — этихъ неподвижныхъ острововъ, которые всюду разсѣяны на поверхности неизмѣримаго небеснаго океана. Внѣ нашего корабля все намъ кажется въ движеніи, хотя, въ дѣйствительности, все находится въ покоѣ; на самомъ же кораблѣ, на которомъ все движется вмѣстѣ съ нимъ, мы не можемъ замѣтить этого движенія; даже окружающій нашу землю воздухъ, которымъ мы дышемъ, вращается вмѣстѣ съ землей съ тою-же самою скоростью и въ томъ-же самомъ направленіи.

Возражая противъ гипотезы о вращеніи земли, иногда также говорятъ, что, если бы земля въ теченіе сутокъ совершала полный оборотъ около оси, то, по крайней мѣрѣ, жители странъ, лежащихъ не далеко отъ экватора, должны были бы черезъ 12 часовъ отъ опредѣленнаго момента перевернуться ногами вверхъ, а головой внизъ. Однако этого никогда не бываетъ.

Благодаря кругосвѣтнымъ путешествіямъ мы знаемъ, что страны, прямо противоположныя тѣмъ, въ которыхъ мы живемъ, также заселены людьми, и что эти люди, такъ называемые наши антиподы, подобно намъ, ходятъ на ногахъ, а не на головѣ. Такъ, жители острова Суматры въ Остъ-Индіи суть антиподы жителей города Квито въ Южной Америкѣ. Прямая линія, проходящая черезъ оба эти мѣста, проходитъ также и черезъ центръ земли; иначе говоря, если бы земля дѣлалась все меньше и меньше, то въ концѣ концовъ жители этихъ двухъ мѣстъ коснулись бы другъ друга своими подошвами. Слѣдовательно, жители Суматры стоятъ вверхъ ногами относительно жителей Квито и наоборотъ; но тѣмъ не менѣе и тѣ и другіе ходятъ по землѣ ногами. Такимъ образомъ мы должны прежде всего дать себѣ ясный отчетъ, что мы разумѣемъ подъ словами «стоять вверхъ головой». Стоять вверхъ головой это значитъ держать голову по направленію къ небу. Верхъ это все то, что находится далеко отъ земли; низъ — все, что близко къ землѣ. Совершенно также понимаютъ эти слова наши антиподы. И у нихъ голова находится выше ногъ, и у нихъ дождь падаетъ по направленію отъ d къ D (рис. 8, стр. 20), т. е. съ неба на землю, подобно тому какъ у насъ онъ падаетъ по направленію отъ a къ B. Оба эти направленія dD и aB, хотя они на самомъ дѣлѣ прямо противоположны, представляются одинаковыми мѣстнымъ жителямъ, которые все относятъ къ центру земли: дождь, подобно всякому другому тѣлу, падаетъ всегда въ одномъ и томъ же направленіи для всѣхъ жителей земли, именно въ направленіи къ ея центру, къ которому притягиваются всѣ тѣла.

Но здѣсь опять является вопросъ: «Если всѣ тѣла притягиваются къ центру земли, то отчего же не падаютъ на землю солнце, луна и звѣзды?» Никакое тѣло въ природѣ не мѣняетъ своего положенія безъ дѣйствія посторонней силы. Если камень удерживается на поверхности земли, то это происходитъ оттого, что онъ притягивается силой земли, такъ называемой силой тяжести. Звѣзды же землей не притягиваются, такъ какъ земля слишкомъ мала и въ то-же время слишкомъ далеко отстоитъ отъ звѣздъ, чтобы могла оказывать на нихъ свое дѣйствіе.

Что же касается луны, то она, безъ сомнѣнія, упала бы на землю, если бы этому не препятствовала центробѣжная сила (см. ниже, § 13, III), которая и удерживаетъ ее на пути, описываемомъ ею около земли. Относительно же солнца мы скоро узнаемъ, что не

оно движется около земли, а земля около солнца, и потому мы скорѣе должны были бы спросить, почему земля не падаетъ на солнце, а не наоборотъ.

§ 13. **Физическія доказательства вращенія земли.** I. Паденіе тѣлъ съ большой высоты. Вообще извѣстно, что всѣ тѣла, не поддерживаемыя подставкой, падаютъ по направленію отвѣсной линіи (Введ. § 6), т. е. по направленію къ центру земли. На это обстоятельство долгое время смотрѣли, какъ на прямое доказательство неподвижности земли. Лица, стоявшія за неподвижность земли, полагали, что камень, брошенный внизъ съ вершины башни, въ случаѣ вращенія земли съ запада на востокъ, долженъ упасть на землю не у основанія башни, а нѣсколько къ западу отъ него, такъ какъ, во время паденія камня, земля вмѣстѣ съ башней перемѣщается къ востоку. Ежедневныя наблюденія надъ падающими тѣлами ничего подобнаго не показываютъ и потому опровергаютъ, какъ кажется на первый взглядъ, предположеніе о вращеніи земли. Мы сейчасъ увидимъ, что только что приведенныя разсужденія неправильны, но тѣмъ не менѣе даже такіе люди, какъ Тихо, были увлечены этимъ мнимымъ доказательствомъ неподвижности земли.

Ньютонъ первый составилъ себѣ правильное понятіе о паденіи тѣлъ, брошенныхъ по вертикальному направленію; но и этотъ геніальнѣйшій мыслитель, по крайней мѣрѣ вначалѣ, упустилъ изъ виду нѣкоторыя мелкія подробности. 28 ноября 1679 г. онъ письменно сообщилъ Королевскому Обществу въ Лондонѣ, что вращеніе земли около оси можетъ быть доказано непосредственными наблюденіями надъ паденіемъ небольшого плотнаго тѣла съ значительной высоты, напр., съ вершины башни. Если земля неподвижна, то тѣло должно упасть на землю по направленію отвѣсной линіи. Если же земля вращается съ запада на востокъ, то падающее тѣло отклоняется отъ отвѣсной линіи къ востоку, а не къ западу, какъ думали раньше. Въ самомъ дѣлѣ, во вращательномъ движеніи земли должны принимать участіе всѣ находящіяся на ней тѣла, окружающій ее воздухъ, а также камень, который мы бросаемъ съ вершины башни. Поэтому камень во время своего паденія двигается вмѣстѣ съ башней съ запада на востокъ съ такою-же скоростью, съ какою совершаетъ свое движеніе вершина башни A (рис. 12). Но вершина башни, отстоящая отъ центра земли дальше, чѣмъ основаніе, движется быстрѣе этого послѣдняго: въ то время какъ основаніе описываетъ около центра земли дугу BB', вершина башни перемѣщается на бо́льшую дугу AA'. Поэтому камень, участвующій во время своего паденія въ болѣе быстромъ вращеніи вершины башни, достигаетъ земли въ точкѣ D, лежащей нѣсколько къ востоку отъ основанія башни B'.

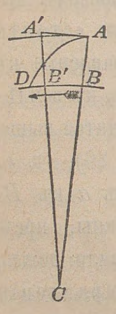


Рис. 12.

Королевское Общество тотчасъ же признало всю важность идеи, изложенной Ньютономъ въ его письменномъ докладѣ и поручило своему секретарю Гуку, выдающемуся математику и превосходному наблюдателю, произвести соотвѣтственные опыты. Отъ вниманія этого ученаго не ускользнуло, что Ньютонъ далъ не совсѣмъ полное объясненіе явленія: въ случаѣ вращенія земли, камень долженъ отклониться не только къ востоку отъ основанія башни, но, въ нашихъ сѣверныхъ широтахъ, на весьма небольшую величину также и къ югу.

Произведенные Гукомъ опыты, однако, не привели ни къ какимъ результатамъ, такъ какъ онъ наблюдалъ паденія тѣлъ съ незначительныхъ высотъ. Въ 1791 году подобные опыты повторилъ Гульельмини (Guglielmini) въ Болоньѣ. Онъ бросалъ тѣла съ башни Азинелли, высота которой равнялась 78 метрамъ; его опыты также не удались, такъ какъ сквозной вѣтеръ въ башнѣ оказывалъ большое вліяніе на паденіе тѣлъ. Новыя наблюденія надъ паденіемъ тѣлъ съ высоты были произведены Бенценбергомъ въ 1802 году въ Гамбургѣ, а въ 1803 и 1804 годахъ въ угольной шахтѣ въ Шлебушѣ. Въ этомъ послѣднемъ мѣстѣ, при паденіи тѣла съ высоты 85 метровъ, оно откло-

нилось къ востоку отъ отвѣсной линіи на 11,4 миллиметровъ, тогда какъ по теоріи это отклоненіе должно составлять 10,5 миллиметровъ. Такимъ образомъ, согласіе получилось вполнѣ удовлетворительное. Отклоненіе къ югу для этого случая, какъ показываетъ теорія, составляетъ всего 0,001 миллиметра, т. е. представляетъ собою совершенно незамѣтную величину. Еще болѣе точные опыты были произведены Рейхомъ въ 1832 году въ шахтѣ Трехъ Братьевъ, около Фрейбурга. При паденіи съ высоты 158,5 метровъ тѣло отклонилось къ востоку на 28,4 миллиметровъ; по теоріи же оно должно было отклониться на 27,5 миллиметровъ. Чѣмъ больше высота, съ которой падаетъ тѣло, тѣмъ больше должно быть его отклоненіе отъ отвѣсной линіи. Напр., при паденіи съ высоты 3000 метровъ въ среднихъ широтахъ восточное отклоненіе должно составлять уже 2,6 метра, между тѣмъ какъ къ югу и въ этомъ случаѣ тѣло отклонилось бы на весьма небольшую величину, едва достигающую 2 миллиметровъ.

II. Пассаты. Наши моряки очень хорошо знаютъ, что въ обоихъ полушаріяхъ земного шара, приблизительно въ 20° отъ экватора, дуютъ постоянные вѣтры: въ сѣверномъ сѣверо-восточный, а въ южномъ юго-восточный. Эти вѣтры называются тропическими или пассатами. Ими обыкновенно пользуются парусныя суда, совершая переѣздъ изъ Европы въ Америку. Происхожденіе этихъ постоянныхъ восточныхъ вѣтровъ объясняется разницею температуръ экваторіальныхъ и умѣренныхъ странъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и вращеніемъ земли около оси. Въ странахъ, лежащихъ между экваторомъ и обоими тропиками (Введ., § 14), солнце, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, дважды въ годъ проходитъ черезъ зенитъ наблюдателя. Эти страны—самыя теплыя на земномъ шарѣ, и потому поясъ земли между обоими тропиками называется жаркимъ поясомъ. Въ жаркихъ странахъ обоихъ полушарій воздухъ, прилегающій къ землѣ, вслѣдствіе высокой температуры, нагрѣвается, расширяется, приподнимается до нѣкоторой высоты и поверху направляется къ полюсамъ. Такимъ образомъ, въ обоихъ полушаріяхъ въ верхнихъ слояхъ атмосферы получаются постоянныя теченія воздуха отъ экватора къ полюсамъ. Такъ какъ теплый воздухъ жаркихъ странъ поднимается вверхъ, то внизу около земли образуется разрѣженное пространство, въ которое и устремляется болѣе холодный и болѣе плотный воздухъ странъ, лежащихъ по другую сторону обоихъ тропиковъ, отчего въ нижнихъ слояхъ атмосферы являются постоянныя теченія холоднаго воздуха отъ полюсовъ къ экватору. Но вся атмосфера вращается вмѣстѣ съ землей съ запада на востокъ, причемъ частицы воздуха въ высшихъ широтахъ вращаются медленнѣе, чѣмъ въ экваторіальныхъ; поэтому тѣ частицы, которыя перемѣщаются отъ полюсовъ къ экватору, сохраняя первоначальную скорость вращенія, отстаютъ во вращательномъ движеніи и, слѣдовательно, уклоняются къ западу отъ тѣхъ точекъ земного шара, которыхъ онѣ достигли бы, если бы земля была неподвижна. Жителямъ земли кажется, что частицы воздуха движутся съ сѣверо-востока на юго-западъ въ сѣверномъ полушаріи и съ юго-востока на сѣверо-западъ—въ южномъ. Такъ объясняются СВ и ЮВ пассаты. Въ верхнихъ слояхъ атмосферы частицы воздуха, перемѣщающіяся отъ экватора къ полюсамъ, движутся, вслѣдствіе вращенія земли, съ бо́льшею скоростью, чѣмъ тѣ точки земного шара, которыхъ онѣ достигли бы въ случаѣ неподвижности земли; частицы воздуха опережаютъ эти точки, уклоняются отъ нихъ къ востоку, вслѣдствіе чего въ верхнихъ слояхъ атмосферы въ жаркомъ поясѣ дуетъ въ сѣверномъ полушаріи юго-западный вѣтеръ, а въ южномъ сѣверо-западный.

Плотность окружающей нашу землю атмосферы весьма незначительна; масса земли болѣе, чѣмъ въ 100 милліоновъ разъ превосходитъ массу всей атмосферы. Тѣмъ не менѣе внезапное перемѣщеніе огромнаго количества воздуха, напр., нѣсколькихъ кубическихъ километровъ, изъ болѣе холодныхъ странъ въ экваторіальныя могло бы произвести ужасную бурю вслѣдствіе того, что скорости вращенія различныхъ точекъ земного шара весьма различны. Но, въ дѣйствительности, это перемѣщеніе происходитъ медленно и постепенно.

Частицы воздуха, прилегающія непосредственно къ землѣ, вслѣдствіе тренія о ея поверхность, мало-по-малу пріобрѣтаютъ ту скорость, съ которою вращаются соотвѣтственныя точки земного шара. Поэтому, медленно двигающіяся съ запада на востокъ частицы воздуха болѣе холодныхъ странъ, достигая тропиковъ и постепенно приближаясь къ экватору, мало-по-малу пріобрѣтаютъ все бо́льшую и бо́льшую вращательную скорость, пока, наконецъ, эта послѣдняя не сравняется со скоростью вращенія соотвѣтственныхъ точекъ земного шара. Но такъ какъ частицы воздуха, далеко не достигнувъ экватора, уже начинаютъ вращаться съ запада на востокъ съ такою же скоростью, какъ соотвѣтственныя точки земного шара, то постоянные восточные вѣтры должны дуть только на границахъ жаркаго пояса, около тропиковъ, но не подъ экваторомъ, что въ дѣйствительности и наблюдается. Такъ какъ другого объясненія пассатамъ, кромѣ вышеприведеннаго, дать нельзя, то это явленіе и служитъ однимъ изъ доказательствъ вращенія земли. Замѣтимъ, что направленіе весьма важнаго для Европы морского теченія гольфштрома объясняется также вращеніемъ земли около оси.

III. Сжатіе земли, центробѣжная сила. Внимательно разсматривая планету Юпитеръ въ сильную зрительную трубу, мы, кромѣ вышеупомянутаго (§ 11 III) вращенія его около оси, замѣчаемъ еще другое весьма интересное явленіе. Юпитеръ не представляется намъ вполнѣ круглымъ, онъ сильно сжатъ у полюсовъ. Наша земля также сжата у полюсовъ, но далеко не такъ значительно, какъ Юпитеръ. Сжатіе земли опредѣлено на основаніи вышеприведенныхъ (§ 7) градусныхъ измѣреній. Послѣднія показали, что земля не шаръ, хотя и мало отличается отъ него.

* Чтобы дать понятіе объ истинной фигурѣ земли, необходимо ясно представить себѣ, что называется эллипсомъ. Возьмемъ нить и укрѣпимъ ее, напримѣръ булавками, въ двухъ точкахъ F и S, такъ, чтобы она не была натянута (рис. 13); затѣмъ натянемъ нить карандашемъ и, заставляя карандашъ постоянно скользить по нити, вычертимъ кривую линію. Начерченная такимъ образомъ кривая линія ограничиваетъ фигуру, называемую эллипсомъ. Точки F и S называются фокусами эллипса, а линія $A'A$, проходящая черезъ оба фокуса, большою осью эллипса. Длина большой оси, очевидно, равна длинѣ нити между закрѣпленными точками ея. Если раздѣлимъ большую ось пополамъ, то получимъ точку C, называемую центромъ эллипса. Линія BB', проходящая черезъ центръ и перпендикулярная къ большой оси, носитъ названіе малой оси эллипса. Чѣмъ меньше малая ось отличается отъ большой, тѣмъ больше эллипсъ приближается къ кругу. *

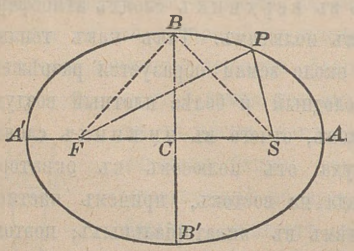


Рис. 13.

Если мы будемъ вращать эллипсъ, мало отличающійся отъ круга, около его малой оси, то получится тѣло, называемое эллипсоидомъ вращенія около малой оси или сфероидомъ. Такую форму имѣетъ и наша земля. По вычисленіямъ Бесселя малая полуось эллипса, черезъ вращеніе котораго получается фигура земного сфероида, иначе говоря, разстояніе отъ центра земли до каждаго изъ ея полюсовъ составляетъ 6 356 клм., большая же полуось или радіусъ экватора, имѣющаго форму круга, равенъ 6 377 клм. Разность этихъ полуосей, равная 21 клм., даетъ понятіе о сплюснутости земли при ея полюсахъ.

Не произошло ли сжатіе Юпитера, а равно также и наблюдаемое сжатіе Сатурна вслѣдствіе вращенія этихъ планетъ около ихъ осей? Если это такъ, то сжатіе земли дало бы намъ возможность заключить о вращеніи около оси и этого тѣла.

Мы сейчасъ увидимъ, что сжатіе тѣлъ дѣйствительно является слѣдствіемъ ихъ вращенія. Если какое-нибудь тѣло быстро движется по окружности круга, то всѣ частицы

этого тѣла испытываютъ стремленіе удалиться отъ центра круга. Это стремленіе и называется центробѣжной силой. Если мы быстро вращаемъ нить, на концѣ которой прикрѣпленъ, напр., желѣзный шаръ, то, вслѣдствіе центробѣжной силы, нить натягивается и въ концѣ концовъ даже можетъ разорваться. Если мы станемъ быстро вращать около вертикальной оси ведро, наполненное наполовину или нѣсколько болѣе водою, то вслѣдствіе центробѣжной силы вода сначала поднимается вдоль стѣнокъ ведра, а въ концѣ концовъ можетъ и перелиться черезъ край. Предметы, лежащіе на круглой деревянной доскѣ, по той же причинѣ улетаютъ въ стороны при вращеніи доски около оси, проходящей черезъ ея центръ. Наконецъ, центробѣжная сила удерживаетъ планеты и луну отъ паденія на ихъ центральныя тѣла и заставляетъ ихъ описывать замкнутыя кривыя около этихъ тѣлъ (§ 12).

Представимъ себѣ, что нѣсколько гибкихъ металлическихъ колецъ, имѣющихъ круглую форму, надѣты на вертикальный желѣзный стержень, такъ что этотъ послѣдній проходитъ черезъ общій центръ всѣхъ колецъ (рис. 14), и положимъ, что въ нижнихъ частяхъ своихъ кольца прикрѣплены къ стержню, а въ верхнихъ могутъ свободно скользить вдоль него. Приведемъ стержень, а вмѣстѣ съ нимъ и всѣ кольца въ быстрое вращательное движеніе. Всѣ кольца примутъ овальную, эллиптическую форму. Это явленіе объясняется опять таки дѣйствіемъ центробѣжной силы. Тѣ точки колецъ, которыя дальше всѣхъ другихъ отстоятъ отъ стержня, вращаются съ наибольшими скоростями и потому испытываютъ наибольшее стремленіе удалиться отъ центра. Чѣмъ меньше разстояніе вращающейся точки отъ стержня, тѣмъ медленнѣе она движется, и тѣмъ меньше центробѣжная сила. Полюсы колецъ, т. е. точки, черезъ которыя проходитъ вертикальный стержень, вовсе не вращаются, и потому на нихъ центробѣжная сила не дѣйствуетъ. Точно также шаръ изъ сырой глины на гончарномъ станкѣ, приведенномъ въ быстрое вращеніе, принимаетъ форму апельсина, или, точнѣе, форму сжатаго эллипсоида вращенія, форму сфероида. Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что чѣмъ быстрѣе вращеніе, тѣмъ больше сжатіе сфероида. Точно также и наша земля должна была принять форму сфероида, если только она дѣйствительно вращается около оси и если она въ началѣ была въ жидкомъ или, по крайней мѣрѣ, въ достаточно размягченномъ состояніи, чтобы поддаваться дѣйствію центробѣжной силы. Такимъ образомъ, сжатіе земли не только служитъ прямымъ доказательствомъ вращенія ея, но также показываетъ намъ, что земля первоначально находилась въ жидкомъ состояніи и отвердѣла лишь съ теченіемъ времени.

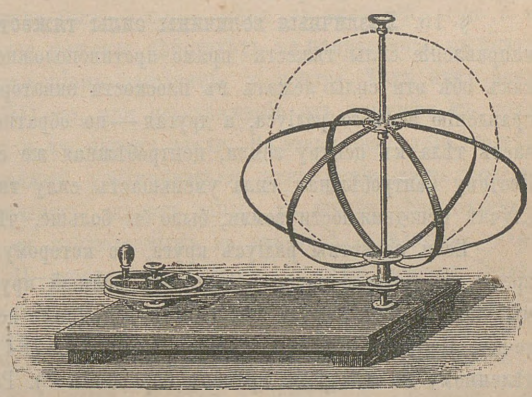


Рис. 14.

Совершенно также объясняется сжатіе другихъ планетъ. Значительнымъ сжатіемъ обладаютъ только Юпитеръ и Сатурнъ, что вполнѣ понятно, такъ какъ эти планеты вращаются около оси быстрѣе, чѣмъ земля. Вращеніе Меркурія, Венеры и Марса происходитъ медленно, и потому неудивительно, что у этихъ планетъ мы не замѣчаемъ никакого сжатія. Сжатіе земли, равное, какъ мы видѣли, 21 километру, составляетъ всего только $^1/_{299}$ часть земного радіуса. Это такая малая величина, которую мы не могли бы замѣтить на самыхъ большихъ нашихъ глобусахъ.

§ 14. **Сила тяжести, масса и плотность тѣлъ.** Мы знаемъ, что тѣла, ничѣмъ не поддерживаемыя, падаютъ по направленію отвѣсной линіи. Причину этого явленія мы называемъ силой тяжести, иначе силой притяженія земли, и полагаемъ, что мѣсто-

пребываніемъ этой силы служитъ центръ земли. Всѣ тѣла притягиваются къ центру земного шара. Сообразно съ этимъ, направленія силы тяжести въ различныхъ точкахъ земной поверхности, т. е. отвѣсныя линіи въ этихъ точкахъ, сходятся въ центрѣ земного шара. Всякое тѣло состоитъ изъ мельчайшихъ частицъ, совокупность которыхъ есть такъ называемая масса его. Сила тяжести дѣйствуетъ на каждую частицу, такъ что дѣйствіе силы тяжести на это тѣло или такъ называемый вѣсъ тѣла пропорціоналенъ суммѣ всѣхъ его частицъ, т. е. его массѣ. Если черезъ g обозначимъ напряженіе силы тяжести, т. е. дѣйствіе этой силы на единицу массы, то между массой M какого-нибудь тѣла и его вѣсомъ P должно существовать слѣдующее соотношеніе:

$$P = gM.$$

Масса тѣла увеличивается съ уменьшеніемъ промежутковъ между входящими въ его составъ частицами, т. е. съ увеличеніемъ его плотности. Съ другой стороны, масса тѣла увеличивается съ увеличеніемъ пространства, занимаемаго тѣломъ, т. е. съ увеличеніемъ его объема V. Подразумѣвая подъ плотностью тѣла D массу, заключенную въ единицѣ объема, мы получаемъ еще другое соотношеніе:

$$M = DV.$$

При помощи этихъ соотношеній рѣшаются различныя задачи, относящіяся къ вѣсу, массѣ и плотности тѣлъ.

Сила тяжести представляетъ собою лишь одно изъ проявленій открытаго Ньютономъ закона всемірнаго тяготѣнія. По этому закону каждыя два тѣла взаимно притягиваются, съ силою прямо пропорціональною произведенію ихъ массъ и обратно пропорціональною квадрату разстоянія между ихъ центрами тяжести. Центръ тяжести шара совпадаетъ съ его центромъ.

§ 15. **Различныя величины силы тяжести на поверхности земли.** На экваторѣ направленіе силы тяжести прямо противоположно направленію центробѣжной силы, такъ какъ обѣ эти силы лежатъ въ плоскости экватора, и одна изъ нихъ дѣйствуетъ по направленію земного радіуса, а другая — по обратному направленію. Сила тяжести притягиваетъ тѣла къ центру земли, центробѣжная же сила стремится удалить ихъ отъ центра. Поэтому центробѣжная сила уменьшаетъ силу тяжести, и напряженіе этой послѣдней, въ случаѣ неподвижности земли, было бы больше, чѣмъ то, которое наблюдается теперь.

Если извѣстны радіусъ круга, по которому движется точка, и время обращенія, т. е. время, въ которое точка описываетъ полный кругъ, то, по основнымъ правиламъ механики, мы можемъ безъ труда вычислить величину центробѣжной силы, дѣйствующей на эту точку. Центробѣжная сила равна числу 39,4784, умноженному на радіусъ круга и раздѣленному на квадратъ времени обращенія *). Радіусъ земного экватора, по вычисленіямъ Бесселя, равенъ 6377,4 килом., а время обращенія любой точки, лежащей на экваторѣ, равно 24 часамъ или 86400 секундамъ звѣзднаго времени (Введ., § 23). Отсюда для величины центробѣжной силы получаемъ 0,0338 метра. Наблюденія показываютъ, что на экваторѣ напряженіе силы тяжести составляетъ 9,7807 метра. Слѣдовательно, если бы земля не вращалась около оси, то это напряженіе было бы на 0,0338 метра больше и составляло бы 9,8145 метра.

Центробѣжная сила равняется только $^1/_{289}$-ой части силы тяжести. Такая небольшая величина ея обусловливается сравнительно медленнымъ вращеніемъ земли. Если бы скорость вращенія земли была больше, другими словами,—если бы продолжительность

*) Обозначая черезъ π отношеніе окружности къ діаметру, черезъ t время полнаго оборота, черезъ r радіусъ круга, получаемъ величину центробѣжной силы $f = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$. А такъ какъ $\pi = 3{,}1415926$, то $f = 39{,}4784\ \frac{r}{t^2}$.

нашихъ сутокъ была меньше, то центробѣжная сила должна была бы увеличиться, и, въ концѣ концовъ, она могла бы сдѣлаться равной силѣ тяжести. Равенство этихъ двухъ силъ имѣло бы мѣсто въ томъ случаѣ, если бы нашъ день былъ въ 17 разъ короче и равнялся не 24 часамъ, а только 1,4 часу. При такомъ условіи на экваторѣ всякое тѣло, выпущенное изъ рукъ, не падало бы на землю, а свободно висѣло бы надъ землею, не нуждаясь въ поддержкѣ. При еще болѣе быстромъ вращеніи земли центробѣжная сила была бы больше силы тяжести, и тогда на экваторѣ тѣла, не прикрѣпленныя къ поверхности земли, улетали бы въ пространство.

Центробѣжная сила различна для различныхъ широтъ, она уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ экватора въ обѣ стороны, такъ какъ земныя параллели съ приближеніемъ къ обоимъ полюсамъ дѣлаются все меньше и меньше, а вслѣдствіе этого уменьшается скорость вращательнаго движенія точекъ, лежащихъ на параллеляхъ. Кромѣ того, на экваторѣ направленіе центробѣжной силы прямо противоположно направленію силы тяжести, въ остальныхъ же точкахъ земной поверхности направленія обѣихъ силъ составляютъ тѣмъ бо́льшій уголъ, чѣмъ ближе къ полюсамъ лежатъ эти точки. Въ самомъ дѣлѣ, сила тяжести всегда дѣйствуетъ по направленію къ центру земного шара, между тѣмъ какъ центробѣжная сила лежитъ въ плоскости соотвѣтственнаго параллельнаго круга, которая черезъ центръ земли не проходитъ.

Поэтому на любой параллели, лежащей между экваторомъ и полюсомъ, сила тяжести, вслѣдствіе вращенія земли, уменьшается лишь на нѣкоторую часть центробѣжной силы и безъ того уже менѣе значительной, чѣмъ на экваторѣ. Изъ предыдущаго ясно, что напряженіе силы тяжести, при вращеніи земли около оси, должно увеличиваться по мѣрѣ приближенія отъ экватора къ полюсамъ.

Но сила тяжести на полюсахъ должна быть больше, чѣмъ на экваторѣ, еще и по другой причинѣ. Мы уже знаемъ, что сила тяжести дѣйствуетъ по направленію къ центру земли и что она увеличивается съ уменьшеніемъ разстоянія до центра. Такъ какъ земля есть тѣло, сжатое при полюсахъ (§ 13 III), то, при передвиженіи отъ экватора къ полюсамъ, мы, вмѣстѣ съ тѣмъ, приближаемся и къ центру земли. На этомъ основаніи, по мѣрѣ удаленія отъ экватора къ полюсамъ, должно увеличиваться напряженіе силы тяжести. Въ нижеслѣдующей табличкѣ для различныхъ широтъ даны: въ столбцѣ I—увеличеніе напряженія силы тяжести сравнительно съ наблюдаемымъ на экваторѣ вслѣдствіе уменьшенія центробѣжной силы, въ столбцѣ II—увеличеніе напряженія силы тяжести вслѣдствіе сжатія земли и, наконецъ, въ послѣднемъ—дѣйствительное напряженіе силы тяжести.

Широта.	I.	II.	Дѣйств. напряж.	Широта.	I.	II.	Дѣйств. напряж.
0°	0,0000 м.	0,0000 м.	9,7807 м.	60°	0,0254 м.	0,0128 м.	9,8189 м.
15°	0,0022 »	0,0011 »	9,7840 »	75°	0,0315 »	0,0160 »	9,8282 »
30°	0,0085 »	0,0043 »	9,7935 »	90°	0,0338 »	0,0171 »	9,8316 »
45°	0,0169 »	0,0086 »	9,8062 »				

Числа послѣдняго столбца получаются черезъ прибавленіе суммы чиселъ, заключенныхъ въ столбцахъ I и II, къ числу 9,7807, выражающему напряженіе силы тяжести на экваторѣ. Если бы мы могли непосредственными наблюденіями опредѣлить измѣненіе напряженія силы тяжести при переходѣ отъ одной точки земной поверхности къ другой, то вращеніе земли около оси было бы блестящимъ образомъ доказано.

Въ способахъ опредѣленія этого измѣненія недостатка нѣтъ, и хотя съ теоретической точки зрѣнія они всѣ безукоризненны, но на практикѣ, въ большинствѣ случаевъ, трудно надѣяться получить хорошіе результаты. Такіе случаи въ астрономіи бываютъ нерѣдко, такъ какъ астрономы за исходную точку своихъ математическихъ разсужденій принимаютъ обыкновенно факты, получаемые изъ наблюденій. При наблюденіяхъ же большую роль играютъ наши чувства, которыя оказываются далеко несовершенными, такъ что произво-

димыя нами измѣренія обыкновенно даютъ результаты, болѣе или менѣе отличающіяся отъ истины. Точно также и инструменты, которыми мы производимъ наблюденія, всегда страдаютъ неточностью, правда незначительною, но все-же могущею вліять на результаты. Кромѣ того, явленія въ природѣ часто бываютъ такъ перепутаны между собою, что нелегко выдѣлить интересующее насъ явленіе отъ другихъ. Ошибки результатовъ обусловливаемыя несовершенствомъ нашихъ чувствъ и инструментовъ, какъ бы малы онѣ ни были, очень часто превосходятъ тѣ малыя величины, которыя мы должны получить при помощи наблюденій. Отсюда ясно, что, если нелегко придумать теоретически вѣрный способъ опредѣленія какой-нибудь величины, то еще труднѣе составить такую программу наблюденій, выполненіе которой привело бы къ надежнымъ результатамъ.

Примѣровъ, подтверждающихъ вышесказанное, можно найти не мало. Такъ, напр., для опредѣленія разницы въ вѣсѣ тѣла на экваторѣ и на полюсѣ, казалось бы, стоитъ только взвѣсить какое-нибудь тѣло сначала на экваторѣ, а потомъ на полюсѣ. На самомъ же дѣлѣ, обыкновенными вѣсами для этой цѣли воспользоваться нельзя: насколько тяжелѣе сдѣлается на полюсѣ взвѣшиваемое тѣло, на столько же увеличится вѣсъ гири, лежащей на другой чашкѣ вѣсовъ, и послѣдніе не покажутъ никакой разницы въ вѣсѣ. Конечно, мы могли бы употребить для нашей цѣли пружинные вѣсы. Положимъ, что на полюсѣ какое-нибудь тѣло, подвѣшенное къ пружиннымъ вѣсамъ, вытянетъ пружину на опредѣленную длину, которую мы можемъ измѣрить съ большою точностью. Перенесемъ вѣсы вмѣстѣ съ тѣломъ на экваторъ. Такъ какъ тѣло уменьшится въ вѣсѣ, то на экваторѣ оно вытянетъ пружину на меньшую длину, чѣмъ на полюсѣ. Чтобы длина вытянутой пружины была одна и та-же въ обоихъ случаяхъ, мы, на экваторѣ, должны прибавить къ тѣлу нѣкоторый дополнительный грузъ, по величинѣ котораго и можемъ сдѣлать заключеніе объ измѣненіи напряженія силы тяжести при переходѣ отъ полюса къ экватору. Однако, измѣненіе упругости пружины, измѣненіе ея длины съ повышеніемъ температуры и другія подобныя обстоятельства въ данномъ случаѣ въ сильной степени затрудняютъ производство опыта, на успѣхъ котораго очень трудно разсчитывать. Точно также наблюденія надъ паденіемъ тѣлъ съ высокихъ башенъ могли бы служить для опредѣленія измѣненія напряженія силы тяжести, такъ какъ на экваторѣ тѣло должно падать медленнѣе, чѣмъ на полюсахъ. Въ теченіе шести секундъ одно и то-же тѣло упало бы на экваторѣ съ высоты 176,1 метровъ, а на полюсѣ съ высоты 177,0 метровъ. Эта разность настолько значительна, что ее можно было бы замѣтить. Но на практикѣ мы опять таки встрѣчаемся съ большими затрудненіями. Во первыхъ, нелегко устраивать высокія башни въ мѣстахъ, удобныхъ для производства опытовъ; во вторыхъ, во время самихъ опытовъ большое вліяніе на результаты оказываетъ сопротивленіе воздуха. Такимъ образомъ и эти опыты не приведутъ насъ къ цѣли.

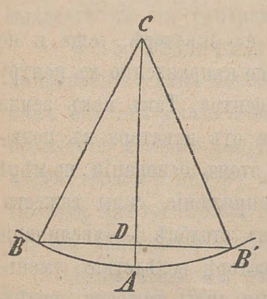


Рис. 15.

Можно было бы предложить еще много другихъ теоретически вѣрныхъ способовъ опредѣленія различія въ силѣ тяжести на экваторѣ и на полюсахъ, но всѣ они обладаютъ однимъ и тѣмъ же недостаткомъ—трудностью осуществленія ихъ на практикѣ, почему мы и не станемъ утомлять читателя перечисленіемъ всѣхъ ихъ.

§ 16. **Опредѣленіе напряженій силы тяжести при помощи наблюденій надъ качаніями маятника.** Для опредѣленія напряженія силы тяжести въ любой точкѣ земного шара мы можемъ воспользоваться весьма простымъ инструментомъ—маятникомъ, примѣненіе котораго къ нашимъ часамъ поставило всю практическую астрономію на совершенно новую, болѣе твердую почву. Въ простѣйшемъ своемъ видѣ маятникъ состоитъ изъ нити CA съ свинцовымъ шарикомъ A на одномъ ея концѣ (рис. 15). Другой конецъ нити C

долженъ быть неподвижно прикрѣпленъ къ какой-нибудь подставкѣ. Такой маятникъ, находясь въ покоѣ, вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести, занимаетъ вертикальное положеніе CA. Взявшись рукой за шарикъ A, приведемъ маятникъ въ какое нибудь положеніе CB, отличное отъ вертикальнаго, наблюдая, чтобы нить при этомъ была натянута. Если мы выпустимъ шарикъ изъ руки, то въ этомъ новомъ положеніи онъ не можетъ оставаться въ покоѣ: вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести онъ стремится занять первоначальное положеніе и описываетъ дугу BA около центра C. Достигнувъ низшей точки A дуги BA, шарикъ пріобрѣтаетъ нѣкоторую скорость, отчего онъ отклоняется по другую сторону отъ вертикальной линіи CA и описываетъ дугу AB', равную дугѣ AB, поднимаясь на такую же высоту, на которой онъ находился въ точкѣ B. Въ высшей точкѣ B' своего пути шарикъ теряетъ всю пріобрѣтенную скорость и, вслѣдствіе притяженія земли, снова опускается, по дугѣ $B'A$. Дойдя до низшей точки A, онъ пріобрѣтаетъ прежнюю скорость и опять поднимается по дугѣ AB и т. д. Эти движенія взадъ и впередъ по дугѣ BB' или, какъ говорятъ, размахи маятникъ совершаетъ постоянно въ одинаковые промежутки времени. Но, вслѣдствіе тренія нити въ точкѣ прикрѣпленія C и вслѣдствіе сопротивленія воздуха, онъ дѣлаетъ все меньшіе и меньшіе размахи и, въ концѣ концовъ, останавливается и принимаетъ первоначальное положеніе AC. На практикѣ нить замѣняютъ стальнымъ стержнемъ AC съ отверстіемъ при C, верхняя часть котораго опирается на горизонтальное остріе ножа или на острый край призмы изъ какого-нибудь твердаго минерала. Такой маятникъ можетъ совершать свои размахи въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. При этомъ дуга BB' постепенно уменьшается, но время одного размаха остается постоянно одно и тоже.

Чѣмъ длиннѣе нить маятника, тѣмъ продолжительнѣе время размаха его. Для одного и того же маятника время размаха увеличивается съ уменьшеніемъ силы, приводящей маятникъ въ движеніе; иначе говоря, чѣмъ меньше напряженіе силы тяжести, тѣмъ медленнѣе движеніе маятника.

Будемъ измѣнять длину нити или, что тоже самое, будемъ перемѣщать шарикъ вдоль стального стержня въ ту или другую сторону до тѣхъ поръ, пока время одного размаха маятника не сдѣлается равнымъ въ точности одной секундѣ времени. Полученный такимъ образомъ маятникъ называется секуднымъ маятникомъ.

Изъ опытовъ найдено, что длина секуднаго маятника на экваторѣ равна 990,96 мм., а на полюсахъ 996,15 мм. Хотя разность между этими длинами, составляющая всего 5,19 мм., и очень мала, тѣмъ не менѣе, при помощи наблюденій надъ качаніями маятника, она можетъ быть опредѣлена съ весьма большой точностью.

Обыкновенно одинъ и тотъ же маятникъ заставляютъ качаться въ двухъ различныхъ мѣстахъ земной поверхности и при этомъ сосчитываютъ число размаховъ, совершаемыхъ имъ въ обоихъ мѣстахъ въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, напр., въ теченіе цѣлыхъ сутокъ. Такія наблюденія производятся весьма легко и съ большою точностью. Если мы знаемъ длину секуднаго маятника для одного мѣста, то изъ этихъ наблюденій опредѣлимъ его длину и для другого мѣста, такъ какъ отношеніе длинъ секуднаго маятника для двухъ какихъ-нибудь мѣстъ равно отношенію квадратовъ чиселъ размаховъ, совершаемыхъ въ этихъ мѣстахъ однимъ и тѣмъ же маятникомъ въ одинъ тотъ же промежутокъ времени. Положимъ, напр., что одинъ и тотъ же маятникъ, въ теченіе сутокъ, дѣлаетъ на экваторѣ 86400 размаховъ, а въ Лондонѣ 86535. Квадраты этихъ чиселъ относятся между собою какъ 1 къ 1,0031. Въ такомъ же отношеніи находятся, слѣдовательно, и длины секуднаго маятника для обоихъ мѣстъ. А такъ какъ напряженія силы тяжести прямо пропорціальны длинамъ секуднаго маятника, то ясно, что тѣло, вѣсящее на экваторѣ 10000 килограммовъ, въ Лондонѣ должно сдѣлаться тяжелѣе на 31 клгр. Въ настоящее время длина секуднаго маятника опредѣлена для весьма большого числа пунктовъ, разсѣянныхъ

по всему земному шару. Въ слѣдующей табличкѣ даны длины секуднаго маятника для нѣкоторыхъ мѣстъ.

Названіе мѣста наблюденія.	Широта.	Длина секуднаго маятника въ метрахъ.	Названіе мѣста наблюденія.	Широта.	Длина секуднаго маятника въ метрахъ.
Молукскіе острова	51° 32′ южн.	0,994129	Парижъ . . .	48°50′ сѣв.	0,993860
Портъ Джаксонъ .	33 52 »	0,992588	Лондонъ . . .	51 31 »	0,994129
Островъ Равакъ .	0 2 »	0,990958	Унстъ.	60 45 »	0,994939
Ямайка	17 56 сѣв.	0,991474	Гамерфестъ . .	70 40 »	0,995541
Нью-Іоркъ.	40 43 »	0,993169	Шпицбергенъ.	79 50 »	0,996046
Вѣна	48 14 »	0,993871			

* Въ послѣднее время число опредѣленій длины секуднаго маятника значительно увеличилось благодаря стараніямъ Р. фонъ-Штернека, сдѣлавшаго въ одной Австріи нѣсколько сотъ опредѣленій при помощи построеннаго имъ самимъ прибора, который теперь входитъ въ всеобщее употребленіе (рис. 16). Маятникъ Штернека сдѣланъ изъ латуни и состоитъ изъ стержня, на нижнемъ концѣ которою прикрѣплена такъ называемая линза A, вѣсящая приблизительно одинъ килограммъ. Длина маятника составляетъ 24 сант., а время одного размаха маятника равняется приблизительно 0,5 секунды. Верхнимъ концомъ маятникъ подвѣшенъ къ штативу, имѣющему видъ треножника. *

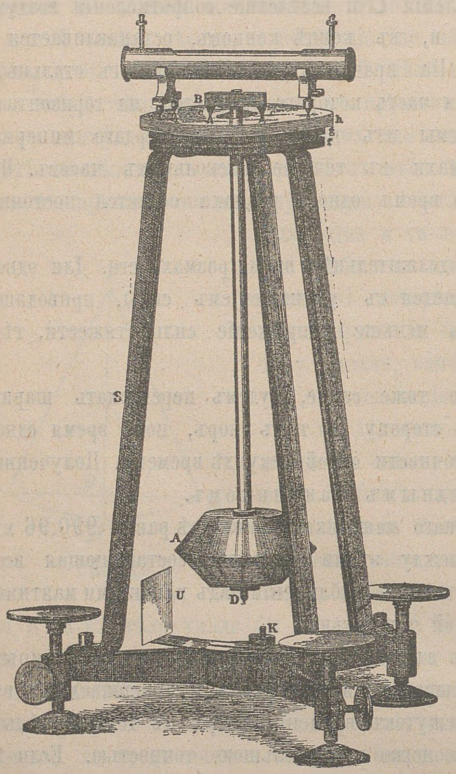


Рис. 16.

§ 17. **Дальнѣйшія доказательства вращенія земли.** I. Ходъ часовъ. Въ 1672 г. французскій астрономъ Ришэ предпринялъ, по порученію Парижской Академіи, путешествіе съ ученой цѣлью на островъ Кайенну, лежащій на 5° сѣвернѣе экватора. Когда онъ установилъ тамъ свои часы, хорошо вывѣренные въ Парижѣ, то замѣтилъ, что они стали отставать въ теченіе сутокъ приблизительно на $2^1/_2$ минуты. Чтобы сообщить часамъ правильный ходъ, ему пришлось укоротить ихъ маятникъ на $2^1/_2$ мм. Это удивительное измѣненіе хода часовъ при переѣздѣ изъ Парижа въ Кайенну Ришэ не могъ приписать порчѣ часовъ во время путешествія, такъ какъ, по возвращеніи въ Парижъ, онъ убѣдился, что часы съ укороченнымъ маятникомъ стали въ теченіе сутокъ уходить впередъ на $2^m\ 28^s$, и онъ долженъ былъ снова увеличить длину маятника на тѣ же $2^1/_2$ мм.

Это явленіе, на которое физикъ Гукъ указывалъ еще за 9 лѣтъ до путешествія Ришэ, Ньютонъ безъ малѣйшаго колебанія призналъ за новое доказательство вращенія земли. Мы видѣли выше (§ 16), что, чѣмъ меньше напряженіе силы тяжести, тѣмъ медленнѣе долженъ качаться маятникъ. Поэтому вполнѣ понятно, что маятникъ, перевезенный изъ Парижа на островъ Кайенну, лежащій недалеко отъ экватора, гдѣ напряженіе силы тяжести, вслѣдствіе вращенія земли, меньше, долженъ былъ отставать. Обратно, когда укороченный маятникъ былъ снова перевезенъ въ Парижъ, гдѣ напряженіе силы

тяжести больше, чѣмъ на экваторѣ, длину его пришлось, конечно, увеличить, чтобы сообщить часамъ правильный ходъ. Такимъ образомъ наблюденія надъ качаніями маятника, вполнѣ подтверждая предположеніе о вращеніи земли около оси, служатъ блестящимъ доказательствомъ этого вращенія.

II. Опытъ Фуко. Всѣ вышеприведенныя доказательства вращенія земли основаны на такихъ наблюденіяхъ и опытахъ, которые доступны лишь весьма немногимъ. Теперь мы познакомимъ читателей съ весьма остроумнымъ и въ высшей степени простымъ опытомъ, который впервые былъ произведенъ въ 1851 г. въ Парижѣ Леономъ Фуко и который можетъ всякаго нагляднѣйшимъ образомъ убѣдить въ справедливости предположенія о вращеніи земли.

Положимъ, что на одномъ изъ земныхъ полюсовъ подвѣшенъ къ какой-нибудь подставкѣ маятникъ, состоящій изъ однороднаго металлическаго шара, прикрѣпленнаго къ гибкой нити. Положимъ далѣе, что та точка, въ которой привѣшена нить маятника, находится на продолженіи земной оси, и что подставка не принимаетъ участія въ суточномъ вращеніи земли. Выведенный изъ положенія равновѣсія маятникъ начинаетъ описывать въ вертикальной плоскости дугу круга, центръ котораго совпадаетъ съ точкой прикрѣпленія нити къ подставкѣ. Плоскость, въ которой маятникъ совершаетъ свои размахи, обыкновенно называется плоскостью качаній маятника. На полюсѣ эта плоскость должна сохранять неизмѣнное положеніе въ пространствѣ все время, пока маятникъ качается, потому что, съ одной стороны, нѣтъ никакой причины, которая могла бы заставить эту плоскость повернуться около вертикальной линіи, какъ около оси, въ ту или другую сторону, а съ другой стороны, на полюсѣ вертикальная линія, опредѣляющая собою положеніе равновѣсія маятника, совпадаетъ съ земною осью вращенія и, слѣдовательно, сохраняетъ неизмѣнное положеніе въ пространствѣ. Но такъ какъ земля, надъ которой подвѣшенъ маятникъ, вращаясь съ запада на востокъ, въ 24 часа совершаетъ полный оборотъ около оси, то и любая вертикальная плоскость, не исключая и той, въ которой въ началѣ опыта качался маятникъ и которая тогда совпадала съ неизмѣнной плоскостью качаній, поворачивается около земной оси въ теченіе сутокъ на 360^0 съ запада на востокъ; наблюдателю же, находящемуся на полюсѣ и считающему землю неподвижной, должно казаться, что плоскость качаній маятника вращается въ обратномъ направленіи, съ востока на западъ, около земной оси, совпадающей съ положеніемъ покоя маятника, и въ 24 часа описываетъ полный оборотъ.

Перемѣстимся теперь на экваторъ и подвѣсимъ маятникъ совершенно такъ-же, какъ и раньше. На экваторѣ, въ положеніи покоя маятника, нить послѣдняго располагается въ плоскости экватора, такъ какъ шарикъ его притягивается къ центру земли. Заставимъ маятникъ совершать размахи, для простоты, въ самой плоскости экватора, т. е. въ той вертикальной плоскости, которая пересѣкается съ плоскостью горизонта по линіи, соединяющей точки востока и запада. Такъ какъ нѣтъ причины, вслѣдствіе которой плоскость качаній маятника могла бы повернуться въ ту или другую сторону около вертикальной линіи, лежащей въ плоскости экватора, то въ данномъ случаѣ вполнѣ очевидно, что маятникъ, несмотря на вращеніе земли, все время долженъ качаться въ той-же самой плоскости. Такимъ образомъ на экваторѣ, по крайней мѣрѣ въ только что разсмотрѣнномъ частномъ случаѣ, наблюдатель вовсе не замѣчаетъ вращенія плоскости качаній маятника.

* У всякаго можетъ явиться вопросъ, что произойдетъ, если мы на экваторѣ, въ началѣ опыта, заставимъ маятникъ совершать размахи въ какой-нибудь другой вертикальной плоскости. Для этого разсмотримъ еще одинъ частный случай, именно заставимъ маятникъ качаться въ плоскости меридіана, иначе говоря, въ той вертикальной плоскости, которая съ плоскостью горизонта пересѣкается по полуденной линіи (Введ. § 7), т. е. по линіи, соединяющей точки сѣвера и юга. На экваторѣ вертикальная линія мѣста наблю-

денія, совпадающая съ положеніемъ равновѣсія маятника, перпендикулярна къ оси вращенія земли, и, вслѣдствіе этого, она въ теченіе сутокъ описываетъ полный оборотъ въ плоскости экватора. Точно также и плоскость меридіана, въ которой мы въ началѣ опыта заставили маятникъ совершать размахи, какъ плоскость, проходящая черезъ вертикальную линію и черезъ ось вращенія земли, въ 24 часа поворачивается около этой послѣдней оси на полные 360°. Различныя же положенія полуденной линіи при этомъ постоянно остаются параллельными между собою, такъ какъ они всѣ лежатъ на поверхности цилиндра, касающагося земного шара по окружности экватора. Наконецъ, плоскость качаній маятника, которая всегда, конечно, проходитъ черезъ вертикальную линію мѣста наблюденія, т. е. черезъ положеніе равновѣсія маятника, и которая въ данномъ частномъ случаѣ въ началѣ опыта совпадала съ плоскостью меридіана, и все время должна совпадать съ этою плоскостью, такъ какъ мы уже знаемъ, что нѣтъ причины, которая-бы могла заставить плоскость качаній маятника вращаться около вертикальной линіи, и потому она всегда должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, параллельной первоначальному положенію полуденной линіи и, вмѣстѣ съ тѣмъ, совпадающей съ новымъ положеніемъ этой послѣдней въ любой точкѣ экватора. Слѣдовательно, и въ этомъ частномъ случаѣ никакого отклоненія плоскости качаній маятника на экваторѣ наблюдатель не замѣчаетъ. На основаніи разсмотрѣнныхъ двухъ частныхъ случаевъ легко сдѣлать общее заключеніе, что въ какой бы вертикальной плоскости на экваторѣ, въ началѣ опыта, мы ни заставили маятникъ совершать размахи, онъ и все время долженъ качаться въ той-же самой плоскости. *

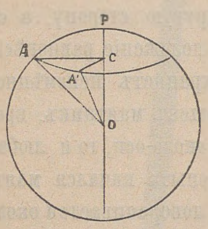


Рис. 17.

Изъ разобранныхъ нами двухъ предѣльныхъ случаевъ, изъ которыхъ въ одномъ опытъ производился на полюсѣ, а въ другомъ на экваторѣ, уже легко заключить, что должно произойти, если мы заставимъ маятникъ качаться въ какой-нибудь точкѣ, лежащей между полюсомъ и экваторомъ: маятникъ не будетъ качаться все время въ одной и той же плоскости, какъ это имѣетъ мѣсто на экваторѣ, но, въ то же время, плоскость качаній маятника не совершитъ полнаго оборота, какъ на полюсахъ, а повернется видимымъ образомъ съ востока на западъ на нѣкоторое число градусовъ, заключающееся между 0° и 360°.

Мы опять разсмотримъ два частныхъ случая, но предварительно замѣтимъ, что во всякой промежуточной точкѣ земного шара, лежащей между полюсомъ и экваторомъ, вертикальная линія мѣста наблюденія, съ которой совпадаетъ положеніе покоя маятника, составляетъ съ осью вращенія земли тѣмъ бо́льшій уголъ, чѣмъ дальше отъ полюса отстоитъ это мѣсто. Слѣдовательно, въ промежуточныхъ точкахъ вращеніе земли не происходитъ около вертикальной линіи, какъ на полюсахъ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, эта послѣдняя не совершаетъ въ теченіе сутокъ полнаго оборота въ нѣкоторой вертикальной плоскости, какъ на экваторѣ, а описываетъ, во время полнаго оборота земли, поверхность конуса, вершина котораго совпадаетъ съ центромъ земного шара, а отверстіе увеличивается по мѣрѣ приближенія мѣста наблюденія къ экватору. * Для перваго частнаго случая заставимъ маятникъ, въ началѣ опыта въ промежуточной точкѣ A, качаться въ вертикальной плоскости, имѣющей съ только что упомянутымъ конусомъ одну общую линію OA (рис. 17) или, какъ говорятъ, касающейся конуса по этой линіи. Эта вертикальная плоскость, какъ легко понять, пересѣкается съ горизонтомъ по линіи, проходящей черезъ точки востока и запада, и, слѣдовательно, она перпендикулярна къ полуденной линіи мѣста наблюденія. Черезъ нѣсколько времени земля повернется на уголъ ACA'; вертикальная линія OA приметъ положеніе OA'; вмѣстѣ съ тѣмъ и вертикальная плоскость, совпадавшая въ началѣ опыта съ плоскостью качаній маятника, перемѣстится въ пространствѣ и при новомъ своемъ положеніи будетъ касаться конуса по линіи OA'. При одномъ взглядѣ на ри-

сунокъ 17 мы убѣждаемся въ томъ, что новое положеніе разсматриваемой нами вертикальной плоскости составляетъ со своимъ первоначальнымъ положеніемъ нѣкоторый уголъ, который, однако, меньше угла ACA'. Такимъ образомъ, вслѣдствіе вращенія земли, вертикальная плоскость во всякой промежуточной точкѣ земного шара какъ бы поворачивается около вертикальной линіи съ запада на востокъ на нѣкоторый уголъ, который во всякомъ случаѣ меньше угла поворота земли. Тотъ же самый уголъ заключается также между новымъ и первоначальнымъ положеніями полуденной линіи, которая, какъ мы выше видѣли, всегда перпендикулярна къ разсматриваемой нами вертикальной плоскости. Посмотримъ, что произойдетъ въ тотъ же самый промежутокъ времени съ плоскостью качаній маятника. Эта плоскость въ данномъ случаѣ не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ, но переносится вмѣстѣ съ вертикальной линіей, черезъ которую она постоянно должна проходить. Но такъ какъ нѣтъ причины, которая могла бы заставить эту плоскость вращаться около вертикальной линіи, то при новомъ своемъ положеніи она, заключая въ себѣ вертикальную линію OA', должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, проходящей черезъ точку A' и параллельной первоначальному положенію линіи, соединяющей точки востока и запада. Перпендикуляръ, возставленный въ точкѣ A' къ новому положенію плоскости качаній маятника, очевидно, параллеленъ первоначальному направленію полуденной линіи. Поэтому наблюдателю въ нѣкоторой точкѣ A, лежащей между экваторомъ и полюсомъ, должно казаться, что, въ то время какъ земля поворачивается на уголъ ACA', плоскость качаній маятника поворачивается около вертикальной линіи съ востока на западъ на нѣкоторый уголъ, который меньше угла ACA' и равенъ углу, составляемому новымъ и первоначальнымъ положеніями полуденной линіи. Разсматривая такимъ же образомъ дальнѣйшее перемѣщеніе точки A по окружности земной параллели AA', мы приходимъ къ заключенію, что плоскость качаній маятника, вращаясь видимымъ образомъ около вертикальной линіи съ востока на западъ, въ теченіе сутокъ поворачивается на нѣкоторый уголъ, заключающійся между 0^0 и 360^0 и равный углу, который образуютъ начальное и конечное положенія полуденной линіи.

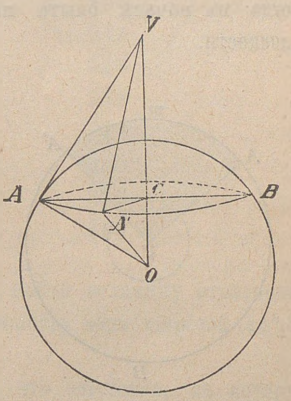


Рис. 18.

На первый взглядъ является сомнѣніе, почему по прошествіи сутокъ уголъ между начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи не равенъ 360^0, если въ это время земля совершаетъ полный оборотъ около оси, и точка A описываетъ полную окружность по своей параллели AA'. Ниже мы разъяснимъ это сомнѣніе, а также выведемъ формулу, опредѣляющую величину угла, на который въ теченіе сутокъ поворачивается видимымъ образомъ плоскость качаній маятника. Теперь же перейдемъ къ разбору второго частнаго случая, когда въ началѣ опыта въ промежуточной точкѣ A маятникъ совершаетъ размахи въ плоскости меридіана, т. е. въ той вертикальной плоскости, которая пересѣкается въ плоскостью горизонта по полуденной линіи. Плоскость меридіана, очевидно, совершаетъ въ теченіе сутокъ полный оборотъ около оси вращенія земли. Полуденная линія, которая есть ни что иное, какъ касательная AV къ земному шару въ точкѣ A, пересѣкается съ осью вращенія въ точкѣ V (рис. 18) и при вращеніи земли послѣдовательно совпадаетъ съ каждой изъ производящихъ конуса AVB, основаніемъ которому служитъ малый кругъ $AA'B$, т. е. параллель точки A. Такимъ образомъ каждое новое положеніе полуденной линіи составляетъ съ прежнимъ нѣкоторый уголъ AVA', очевидно, меньшій, чѣмъ уголъ ACA', на которой въ это время повернулась земля. Въ то время какъ плоскость мери

діана, при поворотѣ земли на уголъ ACA', переходитъ изъ своего первоначальнаго положенія $AVCO$ въ новое положеніе $A'VCO$, плоскость качаній маятника не остается неподвижной въ пространствѣ, но переносится вмѣстѣ съ вертикальной линіей, черезъ которую она постоянно должна проходить, и которая за этотъ промежутокъ времени перемѣщается изъ положенія OA въ положеніе OA'. Но такъ какъ нѣтъ причины, которая могла бы заставить плоскость качаній маятника вращаться около вертикальной линіи, то эта плоскость, заключая въ себѣ при новомъ своемъ положеніи вертикальную линію OA', должна пересѣкаться съ плоскостью горизонта по линіи, проходящей черезъ точку A' и параллельной первоначальному положенію AV полуденной линіи. Такимъ образомъ новое положеніе плоскости качаній маятника составляетъ съ новымъ положеніемъ плоскости меридіана уголъ, который меньше угла ACA' поворота земли и равенъ углу AVA' между двумя положеніями полуденной линіи, и наблюдателю опять должно казаться, что, въ то время какъ земля повертывается съ запада на востокъ на уголъ ACA', плоскость качаній маятника поворачивается около вертикальной линіи съ востока на западъ на уголъ AVA', который заключается между начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи и который меньше угла ACA'.

Такимъ образомъ, заставляя маятникъ качаться одинъ разъ въ плоскости меридіана, другой разъ въ плоскости, къ ней перпендикулярной, мы приходимъ къ одному и тому-же выводу. Поэтому мы можемъ обобщить полученный результатъ также и на тотъ случай, когда въ началѣ опыта маятникъ совершаетъ размахи въ какой-угодно вертикальной плоскости.

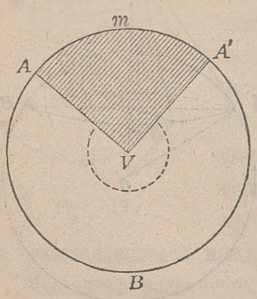


Рис. 19.

Пояснимъ теперь, почему по прошествіи сутокъ уголъ, образуемый начальнымъ и конечнымъ положеніями полуденной линіи, меньше 360°. Это происходитъ исключительно отъ того, что въ промежуточной точкѣ, лежащей между экваторомъ и полюсомъ, полуденная линія, при вращеніи земли, описываетъ поверхность конуса AVB (рис. 18). На экваторѣ этотъ конусъ обращается въ цилиндръ, и различныя положенія полуденной линіи дѣлаются параллельными между собой. На полюсѣ поверхность конуса обращается въ горизонтальную плоскость, и полуденная линія совершаетъ въ теченіе сутокъ полный оборотъ въ этой плоскости. Опредѣлимъ, далѣе, величину того угла, на который видимымъ образомъ поворачивается въ теченіе сутокъ плоскость маятника въ нѣкоторой промежуточной точкѣ A, лежащей между полюсомъ и экваторомъ. Положимъ, что конусъ AVB (рис. 18) разрѣзанъ по одной изъ производящихъ, напримѣръ по AV, и развернутъ на плоскости. Такимъ образомъ мы получаемъ круговой секторъ $VABA'$ (рис. 19). Уголъ V этого сектора, отмѣченный на рисункѣ 19 пунктирной линіей, равенъ суммѣ всѣхъ угловъ, которые составляютъ между собою каждыя двѣ рядомъ лежащія производящія конуса AVB. Этотъ уголъ V, очевидно, меньше 360°; опредѣлимъ же его величину. Длина окружности параллели $AA'B$ (рис. 18) равна $2\pi r$, гдѣ $r=AC$ есть радіусъ этой параллели. Слѣдовательно, длина дуги ABA' на рис. 19 также равна $2\pi r$. Далѣе, обозначимъ буквой ρ длину производящей AV конуса AVB. Въ такомъ случаѣ длина окружности $ABA'mA$, радіусъ которой есть $AV=\rho$, равна $2\pi\rho$ (рис. 19). Послѣ этого безъ труда можемъ написать слѣдующую пропорцію:

$$\text{уголъ } V : 360^0 = \text{дуга } ABA' : \text{окружн. } ABA'mA,$$

или, иначе,

$$\text{уголъ } V : 360^0 = 2\pi r : 2\pi\rho.$$

Отсюда получаемъ

$$V = 360^0 \times \frac{r}{\rho}.$$

Но изъ подобныхъ треугольниковъ AVC и ACO (рис. 18), если радіусъ AO земного шара обозначимъ буквой R, а разстояніе OC плоскости малаго круга $AA'B$ отъ центра шара буквой D, находимъ:

$$r : \rho = D : R.$$

Поэтому предыдущая формула принимаетъ видъ: $V = 360^0 \times \frac{D}{R}$.

Такимъ образомъ, въ нѣкоторой точкѣ, лежащей между полюсомъ и экваторомъ, кажущееся суточное отклоненіе плоскости качаній маятника составляетъ $360^0 \times \frac{D}{R}$. На экваторѣ $D = 0$, и потому $V = 0^0$. На полюсѣ $D = R$, и потому $V = 360$ *).

Въ слѣдующей табличкѣ даны величины кажущагося суточнаго отклоненія плоскости качаній маятника для различныхъ широтъ, вычисленныя по вышеприведенной формулѣ.

Широта.	Отклоненіе.	Широта.	Отклоненіе.
0^0	0^0	45^0	255^0
5	32	50	276
10	63	55	295
15	93	60	312
20	123	65	326
25	152	70	338
30	180	75	348
35	206	80	355
40	231	85	359
45	255	90	360

Пользуясь этой табличкой, можно по простой пропорціи найти величину отклоненія для какой угодно широты. Такъ, напримѣръ, для Парижа, лежащаго подъ широтой $48^0,8$, отклоненіе получается равнымъ 271^0. *

Въ началѣ этого параграфа мы сдѣлали предположеніе, что подставка, къ которой подвѣшенъ маятникъ, не принимаетъ участія во вращательномъ движеніи земли. Въ дѣйствительности же, при производствѣ опыта, этого условія выполнить нельзя, такъ какъ подставка, къ которой прикрѣпленъ верхній конецъ нити, покоится на подвижной землѣ. Поэтому съ перваго взгляда можно опасаться, что вращательное движеніе земли сообщится также нити и шарику маятника, что вслѣдствіе этого измѣнится положеніе плоскости качаній маятника, и такимъ образомъ мы не будемъ наблюдать явленія въ томъ видѣ, какъ оно описано выше. Но можно доказать, что вращеніе подставки не оказываетъ никакого замѣтнаго вліянія на положеніе плоскости качаній маятника, если только нить его круглая и однородная.

* Для этой цѣли воспользуемся приборомъ, состоящимъ изъ штатива, къ которому на нити привѣшенъ шарикъ (рис. 20). Если мы заставимъ этотъ шарикъ качаться въ какой-нибудь вертикальной плоскости и затѣмъ станемъ вращать весь штативъ, напр., по направленію часовой стрѣлки, то плоскость качанія останется неизмѣнною, въ чемъ не трудно

*) Въ § 39 дается понятіе о такъ называемыхъ тригонометрическихъ величинахъ. На основаніи сказаннаго въ § 39 мы изъ треугольника ACO имѣемъ : $D = R\ Sin\ \varphi$, такъ какъ уголъ $AOC = 90^0 - \varphi$, гдѣ φ есть географическая широта мѣста наблюденія. Поэтому формулу для опредѣленія величины V мы можемъ переписать такъ: $V = 360^0\ Sin\ \varphi$.

убѣдиться, замѣчая положеніе ея относительно стѣнъ комнаты, разныхъ предметовъ, въ ней находящихся и т. д., и различныя линіи, которыя можно провести на нижней площадкѣ прибора черезъ ось вращенія, будутъ постепенно совпадать съ плоскостью качаній. Такъ, если маятникъ вначалѣ качался по линіи, на концахъ которой стоятъ цифры 90 и 270, то черезъ нѣкоторое время онъ будетъ качаться по линіи, перпендикулярной къ ней и обозначенной на чертежѣ цифрами 0 и 180 и т. д. При этомъ уголъ, составляемый той линіей, по которой въ данный моментъ качается маятникъ, съ линіей, по которой онъ качался въ началѣ опыта, всегда равенъ углу поворота всего штатива за протекшій промежутокъ времени. Изъ предыдущаго ясно, что плоскость качаній маятника не должна мѣнять своего положенія вслѣдствіе вращенія его подставки вмѣстѣ съ землей. *

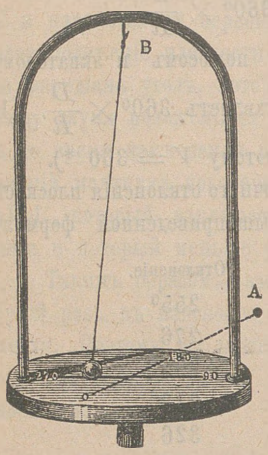


Рис. 20.

Поэтому въ любой точкѣ земного шара опытъ Фуко долженъ происходить именно такъ, какъ описано выше. Опытъ Фуко представляетъ самое простое и наглядное доказательство вращенія земли около оси. Это доказательство имѣетъ то преимущество передъ всѣми другими, что всякій самъ легко можетъ убѣдиться въ его справедливости. Въ самомъ дѣлѣ, металлическаго шара, подвѣшеннаго на длинной гибкой нити, уже достаточно, чтобы ясно представить явленіе, по крайней мѣрѣ, въ его главныхъ чертахъ.

Когда опытъ Фуко сталъ извѣстенъ, его начали повторять всюду. Чтобы воспроизвести его, къ высшей точкѣ какого-нибудь свода прикрѣпляютъ металлическую пластинку *A*, которая и служитъ точкой привѣса нити маятника (рис. 21). Нить маятника, приготовляемая обыкновенно изъ желѣзной проволоки, діаметръ которой равенъ въ среднемъ 0,8 миллиметра, берется по возможности длиннѣе, на сколько только позволяетъ вышина помѣщенія, гдѣ производится опытъ. Къ нижнему концу проволоки прикрѣпляется металлическій шаръ, вѣсомъ въ нѣсколько килограммовъ, который оканчивается остріемъ, составляющимъ продолженіе нити маятника.

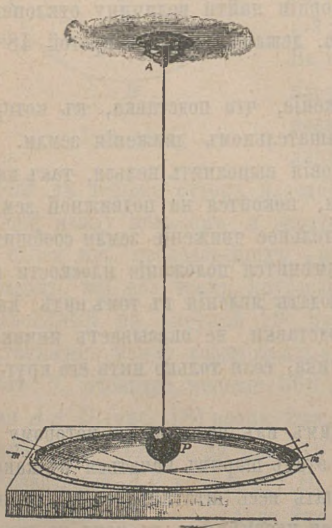


Рис. 21.

Въ началѣ опыта необходимо обратить особенное вниманіе на то, чтобы нить какъ-нибудь не закрутилась, и чтобы маятникъ при своихъ размахахъ описывалъ въ точности отвѣсную плоскость, а не поверхность конуса.

Чтобы вывести маятникъ изъ положенія равновѣсія, на шаръ надѣваютъ петлю, сдѣланную на одномъ концѣ бичевки, другой конецъ которой прикрѣпляется къ стѣнѣ на незначительной высотѣ надъ поломъ. Мѣняя длину бичевки, можно по произволу увеличивать или уменьшать амплитуду качаній маятника, т. е. длину дуги, описываемой его остріемъ. При опытахъ самого Фуко амплитуда качаній въ началѣ опыта обыкновенно равнялась отъ 15^0 до 20^0. Выведя маятникъ изъ вертикальнаго положенія при помощи бичевки съ петлей на концѣ, даютъ ему совершенно успокоиться и затѣмъ пережигаютъ бичевку, вслѣдствіе чего петля падаетъ на землю, а маятникъ начинаетъ совершать размахи. По прошествіи получаса кажущееся вращеніе плоскости качаній маятника въ среднихъ широтахъ составляетъ уже болѣе 5^0, что вполнѣ

замѣтно для глаза. Чтобы убѣдиться, происходитъ ли это вращеніе въ дѣйствительности непрерывно, мы можемъ прикрѣпить къ полу отвѣсный штифтъ такъ, чтобы въ началѣ опыта остріе маятника при наибольшемъ его отклоненіи отъ положенія равновѣсія, почти касалось этого штифта. Уже черезъ минуту соприкосновеніе острія и штифта не будетъ имѣть мѣста. По отклоненію острія маятника отъ штифта легко заключить, что кажущееся вращеніе плоскости качаній маятника происходитъ съ востока черезъ югъ на западъ.

* Для той же цѣли можно на полу подъ маятникомъ насыпать песку, на которомъ остріе маятника будетъ чертить линіи. По истеченіи короткаго промежутка времени наблюдатель убѣждается въ томъ, что маятникъ вычерчиваетъ на пескѣ постоянно все новыя и новыя линіи. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены нѣкоторые результаты наблюденій подъ кажущимся отклоненіемъ плоскости качаній маятника.

Мѣсто наблюденія.	Широта.	Отклоненіе
Кельнъ.	50,9° сѣв.	11,8°
Римъ.	41,9° сѣв.	9,9°
Цейлонъ	6,9° сѣв.	1,8°
Ріо-Жанейро . .	22,9° южн.	5,2°

Въ первомъ столбцѣ дано названіе мѣста наблюденія, во второмъ его географическая широта, въ третьемъ отклоненіе плоскости качаній въ теченіе часа. Пользуясь приведенной раньше табличкой, читатель легко можетъ убѣдиться, что наблюдаемыя отклоненія вполнѣ удовлетворительно согласуются съ теоретическими. *

Самъ Фуко, между прочимъ, демонстрировалъ свой опытъ въ залѣ Парижской обсерваторіи съ маятникомъ, длина котораго равнялась 11 метрамъ. Въ этомъ опытѣ уже послѣ двухъ размаховъ можно было замѣтить отклоненіе плоскости качаній. Слѣдуетъ замѣтить, что отклоненіе плоскости качаній маятника наблюдалось два раза ранѣе Фуко, именно въ 1661 году и въ 1782 году, но на это явленіе не было обращено надлежащаго вниманія.

§ 18. **Слѣдствія вращенія земли; перемѣна въ счетѣ чиселъ.** Вслѣдствіе вращенія земли около оси солнце видимымъ образомъ совершаетъ около нея въ теченіе сутокъ полный оборотъ съ востока на западъ. При этомъ движеніи оно сначала вступаетъ на меридіанъ мѣста, лежащаго къ востоку отъ какого-нибудь опредѣленнаго пункта на земной поверхности, а затѣмъ на меридіанъ мѣста, лежащаго къ западу. Вслѣдствіе этого, если мы условимся считать началомъ сутокъ во всѣхъ мѣстахъ земного шара полночь, т. е. моментъ нижней кульминаціи солнца (Введ., § 9), то сутки будутъ начинаться не въ одинъ и тотъ же моментъ на всей землѣ. Чѣмъ дальше къ востоку отъ какого-нибудь пункта лежитъ мѣсто, тѣмъ раньше въ немъ начинается день. Наоборотъ, въ мѣстахъ, все болѣе и болѣе удаленныхъ къ западу, день начинается все позже и позже. При небольшихъ переѣздахъ по поверхности земного шара это явленіе почти совсѣмъ незамѣтно и не имѣетъ никакого значенія; при далекихъ же путешествіяхъ оно сразу бросается въ глаза, а при кругосвѣтныхъ плаваніяхъ приводитъ къ такимъ послѣдствіямъ, которыя съ перваго взгляда кажутся совершенно невѣроятными.

Такъ какъ земля вращается около оси равномѣрно и въ теченіе сутокъ поворачивается на полные 360°, то, очевидно, въ мѣстѣ, лежащемъ по долготѣ на 15° ($^1/_{24}$ часть 360°) къ востоку отъ опредѣленнаго пункта, день начинается на 1 часъ раньше, чѣмъ въ этомъ пунктѣ; въ мѣстѣ, лежащемъ на 30° къ востоку, на 2 часа раньше и т. д. Если мы предпримемъ путешествіе къ востоку и условимся постоянно устанавливать свои часы по мѣстному времени, то, перемѣстившись по поверхности земли на 15° по долготѣ, мы должны будемъ передвинуть стрѣлку часовъ на 1 часъ впередъ; перемѣстившись еще на 15°, мы должны передвинуть стрѣлку еще на 1 часъ впередъ и т. д. Совершивъ круго-

свѣтное путешествіе и возвратившись въ тотъ пунктъ, изъ котораго мы выѣхали, мы такимъ образомъ переставимъ стрѣлки часовъ впередъ на 24 часа, т. е. на цѣлыя сутки. Отсюда ясно, что наши кругосвѣтные мореплаватели при своемъ путешествіи на востокъ должны видѣть какъ восходъ, такъ и заходъ солнца однимъ разомъ больше, чѣмъ жители той страны, изъ которой они выѣхали, и, какъ бы странно это ни звучало, мы, сообразно съ нашими понятіями, говоримъ, что кругосвѣтные мореплаватели по своемъ возвращеніи въ мѣсто отправленія, прожили однимъ днемъ больше, чѣмъ жители этого послѣдняго. Обратно, мореплаватель, совершающій кругосвѣтное путешествіе въ направленіи съ востока на западъ, переставляя постепенно стрѣлки своихъ часовъ, къ концу путешествія передвигаетъ ихъ назадъ на цѣлыхъ 24 часа и такимъ образомъ теряетъ одинъ день въ своей жизни.

Объ этомъ явленіи люди впервые совершенно неожиданно для себя узнали тогда, когда было окончено первое кругосвѣтное путешествіе: спутники Магеллана, погибшаго во время путешествія, двигаясь постоянно въ направленіи съ востока на западъ и вернувшись подъ предводительствомъ дель-Кано въ мѣсто своего отправленія, къ не малому изумленію своему замѣтили, что они отстали отъ жителей своей родины въ счетѣ дней на цѣлыя сутки. Несмотря на энергичные протесты путешественниковъ, ихъ соотечественники упрекали ихъ въ безпримѣрно небрежномъ веденіи счета чиселъ во время плаванія на кораблѣ, такъ какъ иначе этого явленія въ то время объяснить не могли. Во всякомъ случаѣ неопровержимый фактъ потери цѣлыхъ сутокъ былъ на лицо; и такъ какъ, вслѣдствіе этого, путешественники во время плаванія праздновали великіе праздники и соблюдали посты, очевидно, не въ надлежащіе дни, то, сообразно съ духомъ того времени, они до тѣхъ поръ чувствовали угрызенія совѣсти, пока, наконецъ, по совѣту друзей, не принесли публичнаго покаянія въ Севильскомъ соборѣ.

Положимъ далѣе, что два путешественника одновременно выѣзжаютъ изъ одного и того же мѣста, и одинъ изъ нихъ двигается постоянно на востокъ, а другой на западъ. Когда они встрѣтятся, то первый, очевидно, опередитъ второго въ счетѣ чиселъ на одинъ день; слѣдовательно, если первый считаетъ день встрѣчи, напримѣръ, воскресеньемъ, то для второго тотъ же день долженъ быть только субботой. Это явленіе есть также слѣдствіе вращенія земли. Такъ напримѣръ, испанцы, отправившись въ плаваніе на западъ, достигли Филиппинскихъ острововъ. Сосѣдніе же Молукскіе острова, наоборотъ, были открыты португальцами во время ихъ путешествія на востокъ. Поэтому жители этихъ рядомъ лежащихъ острововъ въ теченіе болѣе чѣмъ 300 лѣтъ расходились въ счетѣ чиселъ на одинъ день. Такое ненормальное явленіе было устранено только въ концѣ 1844 года благодаря предписанію тогдашняго генералъ-губернатора Филиппинскихъ острововъ, который приказалъ вслѣдъ за 30 декабря 1844 г. считать непосредственно 1 января 1845 года Такимъ образомъ счетъ чиселъ на Филиппинскихъ островахъ былъ приведенъ въ согласіе со счетомъ въ другихъ странахъ, лежащихъ приблизительно подъ той же долготой (Введ., § 12).

Точно также полуостровъ Аляска былъ открытъ русскими при ихъ движеніи съ запада на востокъ; американцы же впервые достигли этого полуострова, двигаясь въ обратномъ направленіи. Поэтому жители Аляски расходились въ счетѣ дней съ остальными жителями Америки. Въ 1841 году, когда полуостровъ Аляска перешелъ во владѣніе Соединенныхъ Штатовъ, его жителямъ было предписано отпраздновать одно воскресенье два раза подъ рядъ, чтобы уничтожить такимъ образомъ разногласіе въ счетѣ дней. Въ настоящее время за границу, гдѣ мѣняется счетъ чиселъ, принятъ Беринговъ проливъ, отдѣляющій Старый Свѣтъ отъ Новаго.

ГЛАВА III.

Годовое движеніе земли.

§ 19. **Явленія, на основаніи которыхъ можетъ быть замѣчено годовое движеніе солнца.** Выше мы видѣли, что небесная сфера со всѣми находящимися на ней звѣздами совершаетъ кажущееся суточное вращеніе съ востока на западъ и что это явленіе объясняется вращеніемъ, съ тою же скоростью, земли около ея оси въ противоположномъ направленіи, т. е. съ запада на востокъ, при неподвижности окружающаго землю неба съ его свѣтилами. Однако если мы станемъ внимательнѣе слѣдить за свѣтилами, то скоро убѣдимся въ томъ, что нѣкоторыя изъ нихъ представляютъ замѣчательное исключеніе среди другихъ. Огромное большинство звѣздъ къ концу каждаго дня приходитъ на то-же самое мѣсто небеснаго свода, гдѣ мы ихъ видѣли въ концѣ предыдущаго дня; вмѣстѣ съ тѣмъ и относительное расположеніе ихъ съ теченіемъ времени не мѣняется, такъ что, напр., звѣзды, которыя въ данный моментъ лежатъ на одной прямой линіи или составляютъ треугольникъ или какую-нибудь другую фигуру, постоянно сохраняютъ такую группировку. Но среди этихъ безчисленныхъ звѣздъ, не мѣняющихъ своего относительнаго расположенія на небесномъ сводѣ и потому называемыхъ неподвижными, есть нѣсколько такихъ, къ которымъ это названіе не подходитъ, такъ какъ онѣ постоянно перемѣщаются по небу отъ одной неподвижной звѣзды къ другой съ различными скоростями и по различнымъ направленіямъ. Такія звѣзды называются блуждающими звѣздами или планетами (πλανάω—блуждаю). Къ числу такихъ свѣтилъ относится, напримѣръ, луна. Если мы будемъ внимательно слѣдить за ней въ теченіе нѣсколькихъ слѣдующихъ другъ за другомъ ночей, то мы замѣтимъ, что она съ удивительною правильностью перемѣщается по небу среди неподвижныхъ звѣздъ съ запада на востокъ. Звѣзды, около которыхъ мы видѣли луну, напр., вчера въ полночь, сегодня въ то-же самое время отстоятъ отъ нея къ западу приблизительно на 13^0. При своемъ движеніи съ запада на востокъ полный путь на усѣянномъ звѣздами небѣ луна совершаетъ почти въ $27^1/_4$ дней. Подобное же, хотя и менѣе правильное движеніе на небесной сферѣ совершаютъ еще нѣкоторыя другія тѣла, съ которыми мы познакомимся впослѣдствіи.

Да и самое солнце принадлежитъ къ этимъ блуждающимъ звѣздамъ, такъ какъ оно каждый день мѣняетъ свое положеніе относительно неподвижныхъ звѣздъ. Впрочемъ, чтобы распознать это движеніе солнца, требуется нѣсколько больше вниманія и размышленія: отъ него во всѣ стороны распространяется такой яркій свѣтъ, что звѣзды, т. е. тѣ неподвижныя точки, относительно которыхъ мы можемъ опредѣлять положеніе солнца на небѣ, дѣлаются совершенно невидимыми. Однако намъ должно броситься въ глаза, что, хотя звѣзды и не измѣняютъ своего относительнаго положенія, тѣмъ не менѣе въ различныя времена года мы видимъ на небѣ не однѣ и тѣ-же звѣзды. Такъ, напр., всѣмъ извѣстное созвѣздіе Ориона въ серединѣ декабря въ полночь занимаетъ наивысшее положеніе на небесной сферѣ, иначе говоря, проходитъ черезъ меридіанъ (Введ., § 7). Спустя двѣ недѣли, т. е. въ началѣ января, мы видимъ его въ меридіанѣ уже гораздо раньше, именно въ 11^h вечера, 1 февраля—около 9^h, 1 марта—уже въ 7^h и т. д. Такимъ образомъ, это созвѣздіе къ концу каждаго мѣсяца передвигается на 30^0 къ западу отъ того мѣста небесной сферы, которое оно занимало въ началѣ мѣсяца. Въ серединѣ марта это созвѣздіе на столько перемѣщается къ западу, что три звѣзды, занимающія среднюю часть его и извѣстныя подъ названіемъ Посоха Іакова, около полуночи заходятъ. Очень многимъ извѣстна прекрасная звѣзда Альдебаранъ, самая яркая въ группѣ звѣздъ, называемой Гіадами и находящейся въ созвѣздіи Тельца. Въ серединѣ мая мы видимъ эту звѣзду вскорѣ послѣ захода солнца на западной сторонѣ неба; она заходитъ приблизительно черезъ часъ послѣ солнца. Въ концѣ этого мѣсяца мы ее совсѣмъ больше не видимъ; только въ концѣ іюня она снова появляется, но уже на во-

сточной сторонѣ и лишь на короткое время передъ восходомъ солнца. Съ каждымъ слѣдующимъ днемъ Альдебаранъ восходитъ все раньше и раньше, и мы можемъ все дольше и дольше любоваться имъ въ теченіе послѣднихъ часовъ ночи до восхода солнца; продолжая восходить все раньше и раньше, онъ, въ концѣ концовъ, совсѣмъ перестаетъ быть видимымъ, вслѣдствіе того, что находится надъ горизонтомъ наблюдателя днемъ.

Такъ какъ вышеописанныя явленія черезъ нѣкоторый промежутокъ времени повторяются въ томъ-же порядкѣ, то мы съ полнымъ правомъ заключаемъ, что и солнце, совершивъ въ этотъ промежутокъ полный оборотъ около земли, снова занимаетъ тѣ-же самыя положенія на небѣ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Время оборота солнца около земли называется, какъ извѣстно, годомъ. Древніе на основаніи подобныхъ наблюденій замѣтили, что продолжительность года составляетъ приблизительно $365^1/_4$ дней. Яснѣе всего движеніе солнца мы замѣтимъ по тѣмъ звѣздамъ, которыя въ полночь въ различныя времена года проходятъ черезъ меридіанъ наблюдателя (Введ., § 7). Въ началѣ весны, около полуночи, проходятъ черезъ меридіанъ созвѣздія Льва и Дѣвы; въ первыя лѣтнія ночи, въ серединѣ іюня,—созвѣздіе Геркулеса и двѣ прекрасныя звѣзды: Вега въ созвѣздіи Лиры и Атаиръ въ созвѣздіи Орла; въ началѣ осени—созвѣздія Пегаса, Кассіопеи и Андромеды; наконецъ, въ началѣ зимы, иначе говоря, въ концѣ года,—созвѣздіе Тельца съ Плеядами и упомянутыми выше Гіадами, самая яркая изъ неподвижныхъ звѣздъ Сиріусъ и самое красивое изъ всѣхъ созвѣздій Оріонъ. Всѣ эти въ разныя времена года кульминирующія (Введ. § 16) около полуночи и, слѣдовательно, прямо противоположныя солнцу созвѣздія расположены на на небесной сферѣ одно за другимъ въ направленіи съ запада на востокъ въ томъ самомъ порядкѣ, въ какомъ они перечислены выше. Поэтому также и солнце должно, очевидно, само, въ своемъ годовомъ движеніи, перемѣщаться среди неподвижныхъ звѣздъ въ томъ-же самомъ направленіи съ запада на востокъ.

Впрочемъ, всѣ эти явленія могутъ быть объяснены также общимъ движеніемъ всей небесной сферы съ ея безчисленными звѣздами съ востока на западъ. Но заставляя мысленно всю вселенную двигаться около одной точки, которую мы безъ всякаго сколько-нибудь достаточнаго основанія хотимъ считать неподвижной, мы въ концѣ концовъ дойдемъ до удивительныхъ противорѣчій и нелѣпостей, совершенно подобно тому, какъ при объясненіи вращенія земли въ предыдущей главѣ. Поэтому, для объясненія вышеупомянутыхъ явленій, мы должны допустить движеніе солнца съ запада на востокъ, тѣмъ болѣе, что и луна и остальныя планеты перемѣщаются на небѣ среди неподвижныхъ звѣздъ, хотя и съ другими скоростями и по другимъ направленіямъ. Такимъ образомъ, согласно съ нашими наблюденіями и согласно съ заключеніями, основанными на этихъ наблюденіяхъ, мы принуждены принять, что солнце имѣетъ собственное движеніе съ запада на востокъ и что оно совершаетъ свой путь около земли въ теченіе года и, слѣдовательно, перемѣщается по этому пути ежедневно къ востоку немного менѣе, чѣмъ на одинъ градусъ (точнѣе на $0{,}986^0$).

§ 20. **Путь солнца наклоненъ къ экватору.** Если бы путь солнца лежалъ въ плоскости экватора или въ плоскости, ей параллельной, то въ любомъ мѣстѣ земного шара, напримѣръ въ Вѣнѣ, солнце восходило и заходило бы постоянно въ однѣхъ и тѣхъ же точкахъ горизонта, подобно тому, какъ это мы замѣчаемъ относительно неподвижныхъ звѣздъ. Напримѣръ, если бы солнце описывало небесную параллель, по которой движется Альдебаранъ при своемъ суточномъ движеніи, то оно бы восходило и заходило каждый день въ тѣхъ же самыхъ точкахъ горизонта, въ которыхъ восходитъ и заходитъ эта звѣзда. Очевидно, продолжительность дня, т. е. промежутокъ времени, въ теченіе котораго солнце находится надъ горизонтомъ, была бы въ такомъ случаѣ одинакова впродолженіе всего года. Однако, это находится въ прямомъ противорѣчіи съ нашими наблюденіями. Мы очень хорошо знаемъ, что продолжительность дня весьма различна. Такъ напр., для Вѣны самый короткій день, зимой, равенъ 8^h, 10^m, а самый длинный

лѣтомъ, $16^h\ 6^m$. Наблюденія показываютъ также, что лѣтомъ солнце восходитъ и заходитъ гораздо ближе къ точкѣ сѣвера, чѣмъ зимой. Крайняя точка восхода солнца зимой отъ крайней точки восхода лѣтомъ отстоитъ по окружности горизонта въ среднихъ широтахъ на 73^0. Тоже самое относится и къ точкамъ захода солнца зимой и лѣтомъ. Всякій также знаетъ, что лѣтомъ солнце въ полдень находится выше надъ горизонтомъ, чѣмъ зимою. Всѣ эти явленія бросаются въ глаза внимательному наблюдателю и должны навести его на мысль, что солнце, при своемъ движеніи съ запада на востокъ среди неподвижныхъ звѣздъ, переходитъ также отъ одной параллели къ другой, иначе говоря, что путь солнца, такъ называемая эклиптика, наклоненъ къ экватору подъ нѣкоторымъ угломъ.

§ 21. **Опредѣленіе положенія пути солнца относительно экватора.** Какъ великъ уголъ, который путь солнца составляетъ съ экваторомъ, или, другими словами, какое положеніе на небесной сферѣ занимаетъ путь солнца, и мимо какихъ звѣздъ проходитъ солнце при своемъ годовомъ движеніи около земли?

Этихъ звѣздъ мы не можемъ видѣть, пока солнце находится вблизи ихъ; за то мы прекрасно можемъ наблюдать ихъ тогда, когда онѣ находятся въ прямо противоположныхъ солнцу точкахъ небесной сферы. Мы уже знаемъ, что солнце совершаетъ свой круговой путь около земли въ теченіе года, равнаго $365^1/_4$ днямъ. На основаніи этого мы можемъ заключить, что черезъ полгода отъ настоящаго момента солнце будетъ занимать на небесной сферѣ точку, прямо противоположную той, въ которой оно находится сегодня. Другими словами, точка небесной сферы, въ которой полгода назадъ находилось солнце въ полдень, въ настоящее время должна занимать то-же самое положеніе относительно горизонта наблюдателя въ полночь. Положимъ, напр., что въ самый короткій день года мы измѣрили полуденную высоту солнца, которая такимъ образомъ опредѣляетъ одну изъ точекъ описываемаго солнцемъ пути. Ровно черезъ полгода та-же самая точка солнечнаго пути должна находиться на той-же высотѣ надъ горизонтомъ уже въ полночь и можетъ быть легко замѣчена по тѣмъ звѣздамъ, которыя лежатъ вблизи нея. Производя постоянно подобныя наблюденія, мы можемъ опредѣлить не только всѣ звѣзды, мимо которыхъ проходитъ солнце при своемъ годовомъ движеніи, но также и моменты, когда оно къ этимъ звѣздамъ приближается.

Первое опредѣленіе пути, описываемаго солнцемъ среди неподвижныхъ звѣздъ, по всей вѣроятности, и было сдѣлано при помощи подобныхъ наблюденій. Однако, этого рода наблюденія нельзя назвать ни достаточно удобными, ни достаточно точными, потому что солнце движется по своему пути, какъ мы впослѣдствіи увидимъ, неравномѣрно—то скорѣе, то медленнѣе, вслѣдствіе чего въ два момента, отдѣленные одинъ отъ другого промежуткомъ, равнымъ полугоду, оно не занимаетъ въ точности прямо противоположныхъ точекъ своего пути. Впрочемъ, отъ утомительныхъ постоянныхъ наблюденій солнца, съ цѣлью опредѣленія описываемаго имъ на небѣ пути, можно избавиться, такъ какъ, для приближеннаго опредѣленія положенія эклиптики, т. е. пути, описываемаго солнцемъ на небесной сферѣ среди неподвижныхъ звѣздъ, достаточно пронаблюдать солнце только два раза въ году, именно въ самый длинный и въ самый короткій дни.

Въ серединѣ марта и въ серединѣ сентября, какъ извѣстно, на всей землѣ день равенъ ночи. Слѣдовательно, въ эти дни, при суточномъ вращеніи небесной сферы, солнце движется по небесному экватору, такъ какъ только для этого послѣдняго равны между собою видимая и невидимая части для всякаго горизонта (Введ., § 15). Замѣтимъ, что видимая и невидимая части параллели, описываемой солнцемъ, называются также соотвѣтственно дневной и ночной дугами ея. Такъ какъ солнце, двигаясь вслѣдствіе суточнаго вращенія небесной сферы по экватору, въ то-же время должно оставаться и на эклиптикѣ, то, очевидно, во время равноденствій оно находится въ тѣхъ точкахъ эклиптики, гдѣ эта послѣдняя пересѣкается съ экваторомъ. Мы знаемъ, что

экваторъ пересѣкается съ горизонтомъ въ двухъ точкахъ, которыя находятся на равныхъ разстояніяхъ отъ точекъ юга и сѣвера и называются точками востока и запада (Введ., § 7). Вполнѣ понятно, что, если мы во время равноденствія пронаблюдаемъ восходъ и закатъ солнца, то мы тѣмъ самымъ опредѣлимъ на горизонтѣ положеніе точекъ востока и запада. Если мы въ тотъ же день замѣтимъ положеніе солнца на небѣ въ полдень, то, соединивъ мысленно дугами большого круга точку, занимаемую солнцемъ въ полдень, съ точками востока и запада, мы получимъ наглядное представленіе о положеніи экватора на небесной сферѣ.

Подобнымъ же образомъ мы можемъ опредѣлить положеніе эклиптики на небесной сферѣ; только для этого необходимо наблюдать солнце не во время равноденствій, а во время солнцестояній, т. е. въ самый длинный и въ самый короткій дни года. Мы уже видѣли, что во время равноденствій солнце находится на экваторѣ и восходитъ и заходитъ въ двухъ прямо противоположныхъ точкахъ горизонта—въ точкахъ востока и запада. Точки экватора, въ которыхъ во время равноденствій находится солнце, должны лежать также и на годовомъ пути солнца около земли. А такъ какъ эти двѣ точки прямо противоположны одна другой, то солнечный путь, очевидно, дѣлитъ экваторъ на двѣ равныя части и, вслѣдствіе этого, самъ есть большой кругъ небесной сферы (Введ., § 2). Эти точки, общія какъ эклиптикѣ, такъ и экватору, называются равноденственными точками. Та изъ нихъ, въ которой солнце бываетъ въ началѣ весны, около 21 марта по новому стилю, носитъ названіе точки весенняго равноденствія; другая, въ которой солнце бываетъ въ началѣ осени, около 22 сентября по новому стилю,—точкой осенняго равноденствія (Введ., § 10). Во время же солнцестояній, т. е. за четверть года до и черезъ столько же времени послѣ равноденствій, солнце находится какъ разъ посерединѣ между точками весенняго и осенняго равноденствій, иначе говоря, отстоитъ на 90° отъ каждой изъ нихъ. Замѣтимъ положеніе солнца или, точнѣе, его центра на небесной сферѣ въ полдень во время солнцестояній, т. е. въ самый длинный или самый короткій дни. Три точки, именно: центръ солнца на югѣ и уже извѣстныя намъ точки востока и запада, съ которыми во время солнцестояній въ полдень совпадаютъ равноденственныя точки, лежатъ въ плоскости эклиптики. Плоскость, проведенная черезъ эти три точки, при продолженіи своемъ до встрѣчи съ небесной сферой и опредѣлитъ окружность большого круга, по которой солнце совершаетъ свое годовое движеніе, и которая называется эклиптикой. Двѣ точки эклиптики, наиболѣе удаленныя отъ экватора, называются точками солнцестояній; та изъ нихъ, въ которой солнце бываетъ около 21 іюня, носитъ названіе точки лѣтняго солнцестоянія; другая, гдѣ солнце бываетъ 22 декабря,—точки зимняго солнцестоянія.

Наблюдая полуденныя высоты солнца при помощи простого инструмента, называемаго квадрантомъ (Введ., § 19), можно опредѣлить наклонность экватора къ эклиптикѣ. Выше уже было объяснено, какъ изъ меридіональной высоты свѣтила выводится его склоненіе, если извѣстна высота экватора надъ горизонтомъ (Введ., § 22). Поэтому, если мы измѣримъ полуденную высоту солнца во время лѣтняго солнцестоянія, когда солнце наиболѣе удалено къ сѣверу отъ экватора, мы тотчасъ же получимъ наибольшее сѣверное склоненіе его. Но во время солнцестояній солнце отстоитъ на 90° отъ обѣихъ равноденственныхъ точекъ. Поэтому дуга меридіана, заключенная между эклиптикой и экваторомъ и равная склоненію солнца, выражаетъ собою уголъ, составляемый плоскостями эклиптики и экватора (Введ., § 3), или такъ называемую наклонность эклиптики (Введ., § 11). Слѣдовательно, если во время солнцестоянія мы пронаблюдаемъ высоту солнца въ меридіанѣ, то, вычитая изъ нея высоту экватора (Введ., § 22), мы и получимъ искомую наклонность эклиптики. Такъ, напр., на обсерваторіи въ Вѣнѣ были опредѣлены слѣдующія полуденныя высоты центра солнца:

19	іюня	$65^0 12{,}9'$
20	»	$65^0 13{,}4'$
21	»	$65^0 13{,}3'$
22	»	$65^0 13{,}0'$

Мы видимъ, что наибольшую высоту солнце имѣло 21 іюня. Вычитая изъ этой высоты высоту экватора надъ горизонтомъ Вѣны, равную $41^0 46{,}1'$, получаемъ наклонность эклиптики $23^0 27{,}3'$. При этомъ вычисленіи мы предполагали, что моментъ солнцестоянія въ точности совпалъ съ полуднемъ. На самомъ же дѣлѣ онъ можетъ или предшествовать полудню, или слѣдовать за нимъ. Но около времени солнцестоянія, какъ видно изъ предыдущаго примѣра, склоненіе солнца измѣняется весьма незначительно, и потому наибольшая изъ полуденныхъ высота солнцъ въ первомъ приближеніи можетъ быть принята безъ всякой ощутительной погрѣшности за высоту, соотвѣтствующую моменту солнцестоянія.

Въ предыдущемъ мы опредѣлили положеніе равноденственныхъ точекъ и наклонность эклиптики; легко понять, что этимъ вполнѣ опредѣляется положеніе эклиптики относительно экватора.

§ 22. **Одновременное опредѣленіе наклонности эклиптики и высоты полюса.** Мы только что видѣли, что, наблюдая солнце во время лѣтняго солнцестоянія, мы можемъ опредѣлить наклонность эклиптики, если высота полюса надъ горизонтомъ мѣста наблюденія извѣстна. Высота же полюса, какъ мы видѣли раньше (Введ., § 20), опредѣляется изъ наблюденій какой-нибудь околополярной звѣзды въ двухъ кульминаціяхъ. Но, не прибѣгая къ наблюденіямъ околополярной звѣзды, можно опредѣлить какъ наклонность эклиптики, такъ и высоту полюса, если мы будемъ наблюдать солнце не только во время лѣтняго солнцестоянія, но также и черезъ полгода во время зимняго солнцестоянія. Эклиптика и экваторъ, какъ большіе круги небесной сферы (Введ. § 2), въ точкахъ пересѣченія взаимно дѣлятся на двѣ равныя части. Поэтому, не только равноденственныя точки, но также и точки солнцестояній прямо противоположны одна другой, и, кромѣ того, сѣверная половина эклиптики настолько же выше плоскости экватора, насколько южная ниже, такъ что экваторъ лежитъ какъ разъ посрединѣ между крайними параллелями, проходящими черезъ точки солнцестояній. Это ясно усматривается изъ рисунка 22, на которомъ HH изображаетъ горизонтъ, EE'—экваторъ, SS'—эклиптику, SS и $S'S'$—параллели, проходящія черезъ точки солнцестояній S и S'. Положимъ, что мы пронаблюдали высоты солнца HS и HS' во время лѣтняго и зимняго солнцестояній. Полуразность этихъ высотъ $\frac{SS'}{2}$ или SE равна наклонности эклиптики, которая такимъ обазомъ можетъ быть найдена, если даже неизвѣстна высота полюса. Полусумма же этихъ высотъ

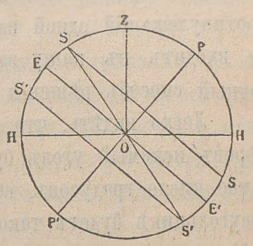


Рис. 22.

$$\frac{HS' + HS}{2} = \frac{HE - S'E + HE + SE}{2} = HE$$

равна высотѣ экватора надъ горизонтомъ. Вычитая высоту экватора изъ 90^0, получаемъ высоту полюса въ мѣстѣ наблюденія (Введ., § 13). Такъ, въ Вѣнѣ во время солнцестоянія были найдены слѣдующія высоты солнца:

21	іюня	$65^0 13{,}4'$
21	декабря	$18^0 18{,}8'$

Полуразность этихъ чиселъ $23^0 27{,}3'$ даетъ наклонность эклиптики; полусумма же $41^0 46{,}1'$ равна высотѣ экватора надъ горизонтомъ Вѣны. Слѣдовательно высота полюса въ Вѣнѣ составляетъ $48^0 13{,}9'$.

§ 23. **Гномонъ.** Выше былъ описанъ весьма простой инструментъ, служащій для измѣренія высотъ звѣздъ и называемый квадрантомъ (Введ., § 19). Но древніе астрономы довольствовались гораздо болѣе простыми инструментами. А такъ какъ они наблюдали преимущественно солнце, то и старались соотвѣтственно съ этимъ и приспособить инструменты.

Древнѣйшій и простѣйшій изъ этихъ инструментовъ былъ гномонъ. Гномономъ называютъ прямолинейный стержень, установленный перпендикулярно къ горизонтальной плоскости. Гномонъ, освѣщенный солнцемъ, отбрасываетъ на горизонтальную плоскость тѣнь, по длинѣ которой можно судить о высотѣ солнца. Чтобы лучше понять это, обратимся къ рис. 23. Положимъ, что высота CD вертикальнаго стержня равна 10 метрамъ, а длина DB—горизонтальной тѣни 5-ти метрамъ. Соединимъ точки C и B прямой линіей CB. Тогда получается прямолинейный треугольникъ BCD, прямоугольный при D. Уголъ B этого треугольника равенъ высотѣ солнца, такъ какъ глазъ въ B долженъ видѣть солнце въ направленіи BC и, слѣдовательно, на высотѣ DBC надъ горизонтальной линіей BD. Такимъ образомъ дѣло сводится къ опредѣленію угла B въ треугольникѣ BCD.

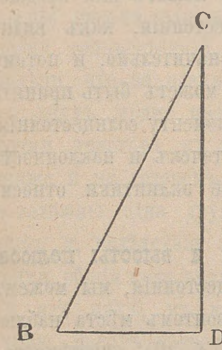


Рис. 23.

Рѣшеніемъ подобныхъ задачъ занимается прямолинейная тригонометрія. По правиламъ послѣдней, зная три элемента треугольника, мы можемъ найти остальные три. Въ нашемъ случаѣ даны двѣ стороны BD и CD и прямой уголъ, заключенный между этими сторонами; по этимъ даннымъ требуется найти уголъ B, противулежащій одной изъ данныхъ сторонъ. Такъ какъ изложеніе методовъ тригонометріи не входитъ въ нашу задачу, то мы изложимъ здѣсь другой, болѣе простой, хотя и менѣе точный способъ рѣшенія прямолинейныхъ треугольниковъ.

Легко видѣть, что во всякомъ другомъ прямоугольномъ треугольникѣ меньшихъ размѣровъ искомый уголъ будетъ имѣть ту-же самую величину, т. е. будетъ заключать то-же самое число градусовъ, если только отношеніе данныхъ сторонъ CD и BD въ маленькомъ треугольникѣ будетъ такое-же, какъ и въ большомъ. Въ треугольникѣ, о которомъ рѣчь шла выше, это отношеніе равно $\frac{10}{5} = 2$. Начертимъ на бумагѣ двѣ прямыя линіи, пересѣкающіяся въ точкѣ d подъ прямымъ угломъ (рис. 24). При помощи масштаба отложимъ отъ точки d на одной изъ этихъ линій длину dc, равную, напр., 2 сантиметрамъ, а на другой длину db, равную 1 сантиметру. Соединивъ точки c и b прямой линіей bc, получимъ маленькій треугольникъ bcd, вполнѣ подобный большому треугольнику BCD: углы одного треугольника равны угламъ другого, и стороны одного пропорціональны сторонамъ другого. Уголъ при b въ треугольникѣ bcd мы можемъ измѣрить при помощи транспортира. Такимъ образомъ мы найдемъ, что уголъ при b равенъ $63^\circ 26'$. Столько же градусовъ заключается, слѣдовательно, и въ углѣ CBD большого треугольника.

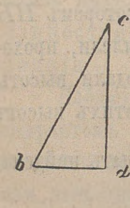


Рис. 24.

* Въ § 39 выведены простѣйшія тригонометрическія формулы. На основаніи сказаннаго въ этомъ параграфѣ мы изъ треугольника bcd находимъ:

$$\operatorname{tang} B = \frac{CD}{BD} = \frac{30}{15} = 2.$$

Опредѣляя по тригонометрическимъ таблицамъ уголъ, тангенсъ котораго равенъ 2, получаемъ для него величину $63^\circ 26' 6''$. *

Для примѣра приведемъ одно изъ древнѣйшихъ дошедшихъ до насъ астрономическихъ наблюденій. Іезуитъ Гобиль, который въ серединѣ XVIII столѣтія отправился миссіонеромъ въ Китай, отыскалъ въ древнихъ китайскихъ рукописяхъ, что императоръ Чу-Конгъ

за 1100 лѣтъ до начала христіанскаго лѣтосчисленія, слѣдовательно, во времена царствованія Кодра въ Аѳинахъ и Давида въ Іудеѣ, опредѣлилъ, при помощи гномона, высоты солнца во время лѣтняго и зимняго солнцестояній. Мѣстомъ наблюденія былъ городъ Ло-Янгъ, нынѣ называемый Гонанъ-Фу и находящійся въ провинціи Гонанъ. Высота гномона равнялась 8 китайскимъ футамъ; длина же тѣни, по введеніи поправокъ на радіусъ солнца и на рефракцію (см. гл. XI), была равна 1,54 китайскимъ футамъ для лѣтняго солнцестоянія и 13,12 футамъ для зимняго. Не зная дѣйствительной величины китайскаго фута, мы, тѣмъ не менѣе, по способу, изложенному выше, находимъ слѣдующія высоты солнца: для лѣтняго солнцестоянія $79^0 6'$ и для зимняго $31^0 22'$.

Полуразность этихъ чиселъ (§ 22), равная $23^0 52'$, даетъ наклонность эклиптики; полусумма же $55^0 14'$ равна высотѣ экватора. Слѣдовательно, высота полюса для Гонанъ-Фу равна $90^0 - 55^0 14' = 34^0 46'$.

Второе, также весьма древнее опредѣленіе наклонности эклиптики было сдѣлано грекомъ Питеасомъ, пользовавшимся у древнихъ большимъ почетомъ за его астрономическія познанія и за большія путешествія, которыя онъ предпринималъ съ цѣлью расширенія географическихъ знаній. Въ 350 году до Рождества Христова онъ нашелъ, что въ Марсели, во время лѣтняго солнцестоянія, въ полдень, высота гномона относилась къ длинѣ тѣни какъ 600 къ 209. Отсюда слѣдуетъ, что высота солнца равнялась $70^0 48'$. Но такъ какъ наблюдался верхній край солнца, а радіусъ солнца равенъ $16'$, то для высоты центра солнца мы получаемъ $70^0 32'$. Высота экватора надъ горизонтомъ Марсели извѣстна изъ другихъ наблюденій и равна $46^0 43'$. Вычитая это число изъ высоты солнца, находимъ, что во времена Питеаса наклонность эклиптики составляла $23^0 49'$.

§ 24. **Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики.** Прежде сомнѣвались въ достовѣрности выше приведенныхъ древнихъ наблюденій, такъ какъ вычисленная на основаніи этихъ наблюденій наклонность эклиптики оказывается гораздо больше той, которая получается изъ новѣйшихъ наблюденій. Однако теперь извѣстно, что въ теченіе почти трехъ тысячелѣтій наклонность эклиптики постоянно уменьшалась. Это видно изъ слѣдующей таблички:

	Наклонность эклиптики.
Чу-Конгъ въ Китаѣ, за 1100 л. до Р. Хр. . .	$23^0 52'$ —
Грекъ Питеасъ въ Марсели, за 350 л. до Р. Хр.	23 49 —
Арабъ Ибнъ-Юни въ Египтѣ, въ 1000 г. по Р. Хр.	23 34 26″
Кошу-Кингъ въ Китаѣ, въ 1280 г.	23 32 2
Улугъ-Бей въ Самаркандѣ, въ 1437 г. . . .	23 31 48
Брадлей въ Англіи, въ 1750 г..	23 28 18
Въ 1850 году	23 27 31

Уменьшеніе наклонности эклиптики, судя по этимъ числамъ, не всегда представляется пропорціональнымъ времени, но это слѣдуетъ приписать неточности старыхъ наблюденій. Причина уменьшенія наклонности заключается въ томъ, что, вслѣдствіе дѣйствія планетъ на солнце, плоскость эклиптики, въ которой оно совершаетъ свое движеніе, приближается къ экватору въ наши времена ежегодно на 0,474″, или, въ теченіе столѣтія, на 47,4″. Въ 1850 году наклонность эклиптики равнялась $23^0 27' 31''$. Чтобы получить наклонность эклиптики для какого-нибудь другого момента, отстоящаго отъ 1850 года на T лѣтъ, надо изъ числа $23^0 27' 31''$ вычесть произведеніе $0{,}474'' \times T$. Если же моментъ, для котораго вычисляется наклонность эклиптики, предшествуетъ 1850 году, то упомянутое произведеніе надо прибавить къ числу $23^0 27' 31''$. Для примѣра вычислимъ наклонность эклиптики для 1100 года до Р. Хр. Въ данномъ случаѣ $T = 1850 + 1100 = 2950$ лѣтъ. Произведеніе $0{,}474'' \times T$ равно $0^0 23' 19''$. Прибавляя это произведеніе къ числу $23^0 27' 31''$ находимъ, что во времена Чу-Конга наклонность эклиптики, какъ это слѣдуетъ

изъ теоріи, составляла 23°50′50″. Эта величина лишь на 1′10″ отличается отъ величины, полученной непосредственно изъ наблюденій. Имѣя въ виду, что древнія наблюденія не отличались большой точностью, мы должны считать эту разность весьма незначительной. Такимъ образомъ мы убѣждаемся не только въ справедливости нашей теоріи, но также и въ достовѣрности наблюденій Чу-Конга.

Но если бы наклонность эклиптики постоянно уменьшалась пропорціонально времени, то въ концѣ концовъ плоскость эклиптики совпала бы съ плоскостью экватора. Въ такомъ случаѣ солнце постоянно двигалось бы по экватору, день былъ бы равенъ ночи въ теченіе цѣлаго года на всей землѣ, и на земномъ шарѣ наступила бы вѣчная весна Однако надежда на вѣчную весну такъ-же неосновательна, какъ и надежда на вѣчный міръ. Предположеніе, что наклонность эклиптики измѣняется пропорціонально времени, вполнѣ справедливо лишь для сравнительно небольшого промежутка времени. По выше изложенному способу мы получимъ совершенно точную величину наклонности эклиптики только для моментовъ, отстоящихъ не болѣе, чѣмъ на 50 лѣтъ, въ ту и другую сторону отъ 1850 года. Болѣе подробное изслѣдованіе показываетъ, что измѣненіе наклонности эклиптики не выражается членомъ, пропорціональнымъ времени; аналитическое выраженіе этого измѣненія заключаетъ только періодическіе члены, т. е. такіе, которые растутъ въ теченіе опредѣленнаго, правда, очень большого промежутка времени, а затѣмъ опять уменьшаются и, наконецъ, достигнувъ своего наименьшаго значенія, снова постепенно доходятъ до наибольшей своей величины. Сообразно съ этимъ истинная величина наклонности эклиптики колеблется въ предѣлахъ отъ 21° до 28°, и плоскость эклиптики въ будущемъ никогда не совпадетъ съ плоскостью экватора; точно также въ прошедшія времена обѣ эти плоскости никогда не были и взаимно перпендикулярны. Но движеніе эклиптики происходитъ весьма медленно, и ея плоскость, подобно огромному маятнику, совершаетъ одинъ размахъ, амплитуда котораго равна 7°, въ теченіе многихъ тысячелѣтій. Поэтому въ приближенныхъ разсчетахъ можно въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій считать безъ всякой ощутительной погрѣшности измѣненіе наклонности эклиптики пропорціональнымъ времени.

§ 25. **Опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ и положенія равноденственныхъ точекъ.** Выше (§ 21) мы уже дали способъ опредѣлять, по крайней мѣрѣ приближенно, положеніе равноденственныхъ точекъ, т. е. точекъ, въ которыхъ эклиптика пересѣкается съ экваторомъ. Этотъ способъ былъ основанъ на томъ, что во время солнцестояній равноденственныя точки въ полдень совпадаютъ съ точками востока и запада. Но такое опредѣленіе весьма неточно, а между тѣмъ намъ необходимо знать положеніе равноденственныхъ точекъ съ возможно большею точностью, такъ какъ отъ одной изъ нихъ отсчитываются прямыя восхожденія и долготы всѣхъ свѣтилъ (Введ., §§ 10, 11).

Если намъ какимъ-нибудь образомъ удастся опредѣлить на небесной сферѣ положеніе одной изъ равноденственныхъ точекъ, напр., точки весенняго равноденствія, то мы тотчасъ же будемъ знать и положеніе другой, потому что эти точки, какъ точки пересѣченія двухъ большихъ круговъ, прямо противоположны одна другой (Введ., § 2). Слѣдовательно, разность долготъ, а также разность прямыхъ восхожденій этихъ точекъ, въ точности равна 180°. Поэтому въ нижеслѣдующемъ мы изложимъ только, какимъ образомъ опредѣляется положеніе точки весенняго равноденствія.

Если бы мы знали прямое восхожденіе какой-нибудь одной изъ безчисленнаго множества неподвижныхъ звѣздъ, то мы могли бы опредѣлить также и положеніе точки весенняго равноденствія. Положимъ, напр., что намъ извѣстно прямое восхожденіе яркой звѣзды въ созвѣздіи Кассіопеи, обозначаемой греческой буквой α и носящей названіе Шедира. Это прямое восхожденіе равно 8°25′34″. Въ такомъ случаѣ точка весенняго равноденствія должна находиться на экваторѣ въ разстояніи 8°25′34″ отъ точки пересѣченія этого послѣдняго съ кругомъ склоненія Шедира.

Но какимъ же образомъ мы опредѣлимъ прямое восхожденіе звѣзды, если намъ неизвѣстно положеніе на небѣ точки весенняго равноденствія, отъ которой отсчитываются прямыя восхожденія? Такъ какъ прямое восхожденіе звѣзды и положеніе точки весенняго равноденствія не могутъ быть опредѣлены одно безъ другого, то намъ остается только попытаться опредѣлить одновременно и то, и другое. Мы знаемъ, что въ моментъ весенняго равноденствія солнце проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія. Поэтому установимъ извѣстный намъ квадрантъ (Введ., § 19) въ плоскости меридіана и будемъ, при помощи этого инструмента, около времени весенняго равноденствія, въ теченіе нѣсколькихъ дней подрядъ, опредѣлять полуденную высоту центра солнца; вмѣстѣ съ тѣмъ будемъ замѣчать по часамъ моментъ прохожденія центра солнца черезъ меридіанъ. По вечерамъ же будемъ замѣчать по тѣмъ же часамъ время прохожденія черезъ меридіанъ какой-нибудь звѣзды. При этомъ допустимъ, что часы имѣютъ совершенно равномѣрный ходъ, который урегулированъ по суточному движенію звѣздъ. Другими словами, мы предполагаемъ, что между двумя послѣдовательными кульминаціями (Введ., § 17) любой звѣзды проходитъ ровно 24 часа. При такихъ предположеніяхъ промежутокъ времени между кульминаціями солнца и какой-нибудь звѣзды долженъ быть равенъ разности прямыхъ восхожденій обоихъ свѣтилъ для полудня.

Такъ какъ солнце имѣетъ собственное движеніе, т. е. его прямое восхожденіе постоянно мѣняется, звѣзда же остается на небесной сферѣ неподвижной, то промежутокъ времени между кульминаціями солнца и звѣзды также долженъ мѣняться отъ одного полудня къ другому; но это измѣненіе почти вполнѣ пропорціонально времени, потому что прямое восхожденіе солнца возрастаетъ съ теченіемъ времени почти совершенно равномѣрно.

Такимъ образомъ для нѣсколькихъ слѣдующихъ одинъ за другимъ дней мы будемъ имѣть рядъ разностей прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды для полудня. Въ виду правильнаго измѣненія этихъ разностей мы можемъ по простой пропорціи вычислить разность прямыхъ восхожденій для какого-угодно момента, отличнаго отъ полудня. Если бы намъ былъ извѣстенъ моментъ прохожденія центра солнца черезъ точку весенняго равноденствія, то мы могли бы вычислить разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды также и для этого момента. Легко понять, что эта разность должна равняться искомому прямому восхожденію звѣзды.

Такимъ образомъ рѣшеніе задачи сводится къ опредѣленію момента, когда солнце проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія. Это опредѣленіе не представляетъ никакихъ затрудненій. Въ самомъ дѣлѣ, по условію, ежедневно, при помощи квадранта, опредѣляется также полуденная высота солнца. Зная же изъ прежнихъ наблюденій высоту экватора надъ горизонтомъ мѣста наблюденія (Введ., § 20), мы легко можемъ вычислить склоненіе солнца для каждаго полудня (Введ., § 22). Тотъ моментъ, для котораго склоненіе солнца равно нулю, очевидно, и есть моментъ прохожденія солнца черезъ точку весенняго равноденствія.

Если для какого-нибудь полудня склоненіе солнца случайно равняется нулю, то этотъ полдень въ то-же время есть моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія, и соотвѣтственная разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды равна искомому прямому восхожденію послѣдней.

Если же ни одно изъ полуденныхъ склоненій не равно нулю, то изъ ряда наблюденныхъ склоненій выбираемъ два наименьшихъ—одно сѣверное, другое южное, и, по простой пропорціи, вычисляемъ лежащій между соотвѣтственными полднями моментъ, для котораго склоненіе солнца въ точности равно нулю. Зная же этотъ моментъ, т. е. моментъ прохожденія солнца черезъ точку весенняго равноденствія, мы, опять по простой пропорціи, вычисляемъ для него разность прямыхъ восхожденій солнца и звѣзды. Эта разность и есть искомое прямое восхожденіе звѣзды.

Пояснимъ все вышесказанное примѣромъ. Въ 1880 году въ Вѣнѣ были опредѣлены слѣдующія полуденныя высоты центра солнца и замѣчены по часамъ слѣдующіе моменты прохожденія черезъ меридіанъ солнца и самой яркой звѣзды въ созвѣздіи Льва α Leonis:

1880.	Высота солнца.	Время прохожденія черезъ меридіанъ солнца.	α Leonis.
Марта 19	$41^\circ 28' 20''$	$23^h 56^m 51{,}2^s$	$10^h 1^m 36{,}0^s$
20	41 52 2	0 0 29,7	10 1 36,0
21	42 15 42	0 4 8,0	10 1 36,0

Высота экватора надъ горизонтомъ Вѣны равна $41^\circ 46' 6''$. Поэтому мы получаемъ слѣдующія полуденныя склоненія солнца:

1880.	Склоненіе солнца
Марта 19	$0^\circ 17' 46''$ южн.
20	0 5 56 сѣв.
21	0 29 36 сѣв.

Отсюда ясно, что моментъ весенняго равноденствія лежитъ между полуднями 19 и 20 марта. Этотъ моментъ мы вычисляемъ по такой пропорціи:

$$23'42'' : 24^h = 17'46'' : x^h.$$

Рѣшая эту пропорцію, находимъ $x = 17{,}992^h$ или $x = 17^h 59^m 31^s$. Слѣдовательно, солнце прошло черезъ точку весенняго равноденствія 19 марта черезъ $17^h 59^m 31^s$ послѣ своего прохожденія черезъ меридіанъ. Разность прямыхъ восхожденій солнца и α Leonis для соотвѣтственныхъ полудней были:

Марта 19	$10^h 4^m 44^s{,}8$
20	10 1 6 ,3

По простой пропорціи находимъ, что 19 марта черезъ $17^h 59^m 31^s$ послѣ прохожденія солнца черезъ меридіанъ эта разность составляла $10^h 2^m 1{,}8_s$. Слѣдовательно, прямое восхожденіе звѣзды α Leonis равно $10^h 2^m 1^s.8$. Обращая эту величину въ градусы (Введ., § 1), получаемъ $150^\circ 30' 27{,}0''$.

Мы видимъ, что при опредѣленіи прямого восхожденія звѣзды по изложенному выше способу не только требуется хорошій инструментъ для опредѣленія высотъ и временъ прохожденія свѣтилъ черезъ меридіанъ, но также необходимо точно знать высоту полюса въ мѣстѣ наблюденія. Если же высота полюса извѣстна не совсѣмъ точно, то подобныя же наблюденія слѣдуетъ повторить около времени осенняго равноденствія: на сколько въ одномъ случаѣ опредѣленное прямое восхожденіе будетъ больше истиннаго, на столько въ другомъ оно будетъ меньше. Слѣдовательно, въ среднемъ, мы получимъ истинное прямое восхожденіе звѣзды.

§ 26. **Составленіе звѣздныхъ каталоговъ.** Если извѣстно прямое восхожденіе какой-нибудь одной звѣзды, то мы легко можемъ опредѣлить прямыя восхожденія и всѣхъ остальныхъ. Для этого будемъ въ каждую ясную ночь наблюдать звѣзду, прямое восхожденіе которой извѣстно, вмѣстѣ съ другими звѣздами. Если мы разность временъ прохожденія черезъ меридіанъ опредѣляемой и извѣстной звѣзды придадимъ къ прямому восхожденію послѣдней, то получимъ прямое восхожденіе первой. Опредѣливъ прямыя восхожденія и склоненія (Введ., § 22) нѣкотораго числа звѣздъ, составляютъ списокъ этихъ звѣздъ, располагая ихъ по возрастающимъ прямымъ восхожденіямъ. Такой списокъ называется звѣзднымъ каталогомъ. Положеніями звѣздъ, внесенными въ каталогъ, весьма удобно пользоваться для дальнѣйшихъ изслѣдованій.

§ 27. **Двоякое объясненіе годового движенія солнца.** До сихъ поръ мы, согласно съ непосредственными впечатлѣніями нашихъ чувствъ, принимали, что солнце перемѣщается среди неподвижныхъ звѣздъ по небесной сферѣ, и, сообразно съ этимъ, опредѣляли путь, описываемый имъ около земли. Но и здѣсь, подобно тому, какъ при объясненіи видимаго суточнаго вращенія небесной сферы, весьма полезно предложить себѣ вопросъ, не приведетъ

ли насъ предположеніе о движеніи солнца къ какимъ-нибудь затрудненіямъ и нелѣпостямъ, и не обманываютъ ли насъ наши чувства также и въ этомъ случаѣ.

И въ самомъ дѣлѣ, всѣ тѣ явленія, которыя мы выше разсматривали, одинаково хорошо объясняются какъ при предположеніи, что солнце въ теченіе года совершаетъ въ плоскости эклиптики свой круговой путь около земли, покоящейся въ центрѣ этого пути, такъ и при совершенно обратномъ предположеніи, что земля въ теченіе года описываетъ въ той же самой плоскости кругъ около неподвижнаго солнца. Пока дѣло идетъ только о представленіи явленія такъ, какъ мы его видимъ, трудно сказать, на сторонѣ котораго изъ двухъ предположеній лежитъ истина, и лишь размышленіе о вѣроятности обоихъ предположеній поможетъ намъ рѣшить вопросъ.

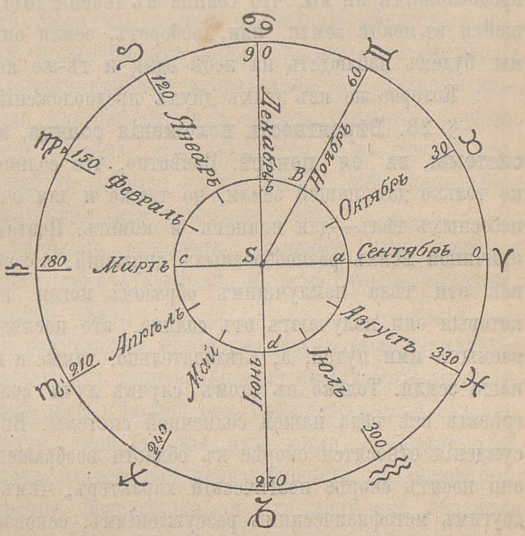


Рис. 25.

Неподвижныя звѣзды служатъ единственными неизмѣнными точками небесной сферы, относительно которыхъ мы можемъ опредѣлять положенія солнца, луны и планетъ. Намъ кажется, что мы находимся въ серединѣ огромнаго круглаго зданія, къ своду котораго прикрѣплены звѣзды. Мы видимъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ насъ солнце, которое постоянно приближается къ звѣздамъ, лежащимъ влѣво, или къ востоку отъ него. На своемъ пути солнце скрываетъ звѣзды одну за другой въ лучахъ своего свѣта, который распространяется отъ него во всѣ стороны. Однако тоже самое представилось бы нашимъ глазамъ, если бы это сіяющее солнце покоилось въ центрѣ вышеупомянутаго круглаго зданія, а наша земля, напротивъ того, двигалась бы около солнца въ томъ же самомъ направленіи съ запада на востокъ. И въ этомъ случаѣ намъ должно казаться, что солнце постоянно приближается къ звѣздамъ, лежащимъ къ востоку отъ него.

Положимъ, что земля S находится въ центрѣ усѣянной звѣздами небесной сферы и что солнце описываетъ около нея въ теченіе года кругъ $abcd$, двигаясь въ направленіи отъ a къ b (рис. 25). Пусть солнце находится:

въ точкѣ a въ началѣ весны, около 21 марта,
» » b » » лѣта, » 21 іюня,
» » c » » осени, » 22 сентября,
» » d » » зимы, » 21 декабря.

Въ такомъ случаѣ съ земли S мы будемъ видѣть солнце:

въ началѣ весны по направленію линіи Sa, т. е. въ знакѣ Овна ♈,
» » лѣта » » » Sb, » » » Рака ♋,
» » осени » » » Sc, » » » Вѣсовъ ♎,
» » зимы » » » Sd, » » » Козерога ♑.

Такимъ образомъ солнце, двигаясь видимымъ образомъ съ запада на востокъ, пройдетъ въ теченіе года черезъ всѣ созвѣздія, лежащія на эклиптикѣ (Введ. § 11).

Положимъ теперь, что S обозначаетъ солнце, неподвижно покоящееся въ центрѣ круга $abcd$, по которому совершаетъ свое годовое движеніе земля въ томъ же самомъ направленіи отъ a къ b. Но при этомъ движеніи пусть земля находится:

въ точкѣ *c* въ началѣ весны, около 21 марта,
» » *d* » » лѣта » 21 іюня,
» » *a* » » осени » 21 сентября,
» » *b* » » зимы » 21 декабря.

Изъ рисунка ясно, что солнце *S* мы будемъ видѣть съ земли въ началѣ весны по линіи *cSa*, т. е. въ знакѣ Овна, въ началѣ лѣта по линіи *dSb*, т. е. въ знакѣ Рака и т. д., словомъ, въ тѣхъ же самыхъ знакахъ зодіака, какъ и раньше. Такимъ образомъ, предположимъ ли мы, что солнце въ теченіе года совершаетъ полный оборотъ около находящейся въ покоѣ земли, или, наоборотъ, земля описываетъ кругъ около неподвижнаго солнца, мы будемъ наблюдать на небѣ одни и тѣ-же явленія.

Которое же изъ этихъ двухъ предположеній истинное?

§ 28. **Вѣроятность положенія солнца, какъ важнѣйшаго тѣла нашей планетной системы, въ ея центрѣ.** Извѣстно, что солнце служитъ источникомъ свѣта и теплоты не только для нашей земли, но также и для очень большого числа другихъ подобныхъ ей небесныхъ тѣлъ—для планетъ и кометъ. Поэтому весьма вѣроятно, что оно же служитъ причиной всѣхъ разнообразныхъ движеній, которыя мы наблюдаемъ у этихъ тѣлъ. Чтобы всѣ эти тѣла наилучшимъ образомъ могли пользоваться безчисленными благодѣяніями, которыя они получаютъ отъ солнца, это послѣднее должно находиться въ центрѣ описываемыхъ ими путей, а, слѣдовательно, также и въ центрѣ того пути, по которому движется наша земля. Только въ этомъ случаѣ лучи солнца могли-бы равномѣрно освѣщать и согрѣвать всѣ тѣла нашей солнечной системы. Впрочемъ надо сознаться, что подобныя разсужденія относятся скорѣе къ области воображенія, чѣмъ къ области достовѣрныхъ фактовъ; они носятъ скорѣе поэтическій характеръ, чѣмъ строго математическій, и, подобно многимъ другимъ метафизическимъ разсужденіямъ, основаны на не существующей, быть можетъ, гармоніи вселенной. Если мы хотимъ идти вѣрными шагами къ достиженію истины, то мы должны избѣгать тѣхъ путей, на которыхъ мы можемъ заблудиться; мы должны основываться только на такихъ фактахъ, которые или вытекаютъ прямо изъ наблюденій, или представляютъ непосредственный результатъ вычисленія, такъ какъ наблюденія и вычисленія суть единственныя надежныя основанія всѣхъ нашихъ знаній.

§ 29. **Земля движется вокругъ несравненно бо́льшаго солнца.** Наши заключенія будутъ болѣе достовѣрны, если мы обратимъ вниманіе на извѣстные уже намъ размѣры тѣхъ тѣлъ, о которыхъ идетъ рѣчь. Мы уже раньше упоминали, что солнце представляетъ огромный шаръ, изъ котораго можно было бы сдѣлать приблизительно $1^1/_4$ милліоновъ такихъ шаровъ, какъ наша земля. Какова бы ни была могущественная невидимая для насъ связь между этими тѣлами, какова бы ни была сила, заставляющая одно тѣло двигаться около другого, во всякомъ случаѣ въ высшей степени вѣроятно, что этой силой обладаетъ бо́льшее тѣло и что, слѣдовательно, меньшее тѣло движется около бо́льшаго, а не наоборотъ. Если мы два камня весьма различнаго размѣра прикрѣпимъ къ концамъ веревки и затѣмъ бросимъ ихъ вверхъ, то, по основнымъ законамъ механики, оба камня будутъ вращаться около ихъ общаго центра тяжести. Если одинъ изъ этихъ камней въ $1^1/_4$ милліоновъ разъ больше другого, то ихъ общій центръ тяжести, очевидно, долженъ почти вполнѣ совпадать съ центромъ тяжести бо́льшаго камня. Вслѣдствіе этого маленькій камень долженъ вращаться около большого, между тѣмъ какъ этотъ послѣдній совершаетъ около общаго центра тяжести весьма малыя, едва замѣтныя движенія. Совершенно такой же случай представляютъ и два весьма различныхъ по размѣрамъ небесныхъ тѣла, которыя свободно движутся въ пространствѣ, не подчиняясь дѣйствію постороннихъ тѣлъ.

§ 30. **Сравненіе земли съ другими планетами.** Мы уже не одинъ разъ упоминали, что на небѣ, кромѣ неподвижныхъ звѣздъ, находятся еще такъ называемыя планеты. Разсматривая ихъ въ зрительную трубу, мы тотчасъ же убѣждаемся, что онѣ находятся

гораздо ближе къ намъ, чѣмъ звѣзды. Въ самомъ дѣлѣ, планеты представляются намъ въ видѣ круглыхъ дисковъ, между тѣмъ какъ неподвижныя звѣзды, несмотря на то, что онѣ своими размѣрами, быть можетъ, весьма значительно превосходятъ планеты, вслѣдствіе огромнаго разстоянія, отдѣляющаго ихъ отъ земли, усматриваются съ этой послѣдней даже въ самые сильные телескопы въ видѣ свѣтлыхъ точекъ. Планеты то приближаются къ землѣ, то удаляются отъ нея, и, вслѣдствіе этого, ихъ видимый діаметръ дѣлается то больше, то меньше. У нѣкоторыхъ планетъ мы въ зрительную трубу замѣчаемъ такія же фазы, какъ и у луны. Все это наводитъ насъ на мысль, что планеты принадлежатъ нашей солнечной системѣ, что онѣ—тѣла, родственныя землѣ. Если мы станемъ въ теченіе нѣкотораго времени слѣдить за движеніями планетъ среди неподвижныхъ звѣздъ на небесной сферѣ, то мы скоро замѣтимъ, что эти движенія отличаются крайнею неправильностью. Планеты движутся въ различныя времена съ различными скоростями, при своемъ движеніи перемѣщаются то къ востоку, то къ западу, иногда совсѣмъ останавлиаются и въ теченіе продолжительнаго времени стоятъ около какой-нибудь звѣзды; короче говоря, онѣ описываютъ по небу крайне сложныя кривыя линіи, состоящія изъ узловъ и петель.

Древніе въ теченіе долгаго времени напрасно старались объяснить эти сложныя движенія планетъ, и было предложено много замѣчательныхъ и остроумныхъ гипотезъ, изъ которыхъ ни одна не привела къ желанной цѣли.

Коперникъ первый понялъ, что такія запутанныя линіи не могутъ быть истинными путями планетъ. Отыскивая причину удивительныхъ неправильностей въ движеніи планетъ, онъ первый вступилъ на единственно вѣрный путь, именно онъ предложилъ себѣ вопросъ, въ какомъ видѣ представились бы ихъ пути, если бы мы ихъ могли наблюдать изъ центра солнца. Онъ убѣдился, что въ этомъ случаѣ всѣ неправильности въ движеніяхъ планетъ исчезаютъ, какъ чары по мановенію волшебника, и эти движенія дѣлаются такими же простыми и правильными, какъ и наблюдаемыя нами движенія солнца и луны. Удивительные узлы и петли, завязываемые планетами при ихъ перемѣщеніи среди неподвижныхъ звѣздъ, ихъ стоянія на одномъ мѣстѣ и обратныя движенія оказываются лишь оптическимъ обманомъ и объясняются тѣмъ, что мы наблюдаемъ движенія планетъ не съ солнца, которое находится въ центрѣ описываемыхъ планетами путей, а съ земли, которая сама движется вокругъ солнца. Простая мысль, что всѣ планеты, а вмѣстѣ съ ними и земля, описываютъ круги опредѣленныхъ размѣровъ, въ общемъ центрѣ которыхъ покоится солнце, дала возможность сразу разрѣшить всѣ необыкновенныя затрудненія, которыя самымъ выдающимся астрономамъ древнихъ временъ казались непреодолимыми, дала возможность замѣнить необъяснимые безпорядокъ и беззаконность въ движеніи планетъ прекраснѣйшей гармоніей; эта мысль, подобно блеску молніи, пролила свѣтъ тамъ, гдѣ раньше царила темная ночь. Копернику первому пришла въ голову мысль о движеніи земли и другихъ планетъ около солнца; благодаря этому онъ открылъ передъ нами истинное устройство вселенной и такимъ образомъ сдѣлался основателемъ современной астрономіи.

На основаніи сказаннаго становится ясно, что земля не есть совершенно особое тѣло, подобнаго которому нельзя найти въ природѣ, но что, напротивъ того, она является лишь однимъ членомъ цѣлой большой семьи планетъ, съ которыми она сходна во многихъ отношеніяхъ. Благодаря наблюденіямъ, мы знаемъ, что Юпитеръ въ теченіе своего дня совершаетъ полный оборотъ около оси и въ теченіе своего года описываетъ, въ сопровожденіи своихъ 5-ти лунъ, кругъ около солнца. Совершенно также и наша земля въ теченіе сутокъ дѣлаетъ полный оборотъ около оси и въ теченіе года описываетъ, въ сопровожденіи своей луны, кругъ около солнца.

Плоскости, въ которыхъ совершаютъ свои движенія планеты, наклонены подъ незначительными углами къ плоскости эклиптики, т. е. къ той плоскости, въ которой описываетъ свой кругъ земля. Слѣдовательно, если бы мы могли производить наблюденія съ

солнца, то мы увидѣли бы цѣлый пучекъ плоскостей, среди которыхъ находится также и плоскость эклиптики. Всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи, именно, съ запада на востокъ, и мы видѣли выше, что наблюдаемыя на небесной сферѣ явленія могутъ быть объяснены движеніемъ земли около солнца также съ запада на востокъ (§ 27). Имѣя все это въ виду, мы должны годовое движеніе земли около неподвижнаго солнца признать весьма вѣроятнымъ. Вѣроятность этого движенія еще болѣе увеличивается вслѣдствіе того, что земля въ своемъ движеніи, какъ мы увидимъ ниже (глава VIII), подчиняется такъ называемымъ законамъ Кеплера, по которымъ совершаются движенія всѣхъ планетъ. Поэтому мы должны принять, что земля есть тоже планета, двигающаяся вмѣстѣ съ остальными вокругъ солнца. Центральная сила солнца, которая заставляетъ планеты двигаться около него и которая уравновѣшивается центробѣжной силой (§ 13, III), развивающейся вслѣдствіе движенія планетъ, должна дѣйствовать также и на землю. А если земля подъ дѣйствіемъ силы солнца не падаетъ на него, то этого мы не можемъ объяснить иначе, какъ допустивъ, что и землю отъ паденія удерживаетъ центробѣжная сила, другими словами, что и земля совершаетъ движеніе около солнца.

§ 31. **Годовое движеніе земли есть слѣдствіе ея суточнаго движенія.** Въ главѣ II мы привели нѣсколько доказательствъ суточнаго вращенія земли около оси. Причину этого вращенія можно видѣть лишь въ толчкѣ, который земля получила при своемъ образованіи, вслѣдствіе дѣйствія какой-нибудь внѣшней силы, напр., вслѣдствіе притяженія ея какимъ-нибудь постороннимъ тѣломъ. Если направленіе этой посторонней силы не прошло въ точности черезъ центръ земли, то послѣдняя должна была, подобно волчку, получить вращательное движеніе. Чѣмъ сильнѣе былъ первоначальный толчекъ, и чѣмъ дальше отъ центра земли прошло направленіе этой силы, тѣмъ быстрѣе должно быть вращеніе земли. Однако, такой толчекъ долженъ былъ сообщить землѣ не только вращательное движеніе, но также и поступательное. Мы изъ опыта знаемъ, какъ трудно сообщить какому-нибудь тѣлу вращательное движеніе около оси, не сдвинувъ его въ то-же время съ мѣста. Такимъ образомъ, одно вращеніе земли около оси уже можетъ служить указаніемъ на ея поступательное движеніе около солнца.

Однако, годовое движеніе земли происходитъ гораздо быстрѣе, чѣмъ суточное. Вслѣдствіе вращенія земли около оси всякая точка, лежащая на экваторѣ, проходитъ въ одну секунду около 460 метровъ, между тѣмъ какъ вслѣдствіе годового движенія земли около солнца любая точка ея пробѣгаетъ въ секунду приблизительно 29,6 километровъ. Слѣдовательно, скорость поступательнаго движенія въ 64 раза больше скорости вращательнаго движенія. Если бы мы могли двигаться на кораблѣ по поверхности земли съ такою же скоростью, съ какою земля движется по своему годовому пути, то мы такъ называемое кругосвѣтное путешествіе совершили бы всего въ $22^1/_2$ минуты, такъ какъ длина окружности большого круга на земномъ шарѣ равна круглымъ числомъ 40000 километрамъ. Между тѣмъ капитанъ Кукъ первое свое кругосвѣтное плаваніе окончилъ только въ 3 года и 14 дней. Даже на курьерскомъ поѣздѣ, двигающемся безостановочно со скоростью 50 километровъ въ часъ, мы могли бы совершить такое путешествіе не менѣе, какъ въ 33 дня.

Какъ ни вѣроятно, на основаніи всего предыдущаго, предположеніе о движеніи земли около солнца, тѣмъ не менѣе надо сознаться, что тѣ доводы, которые мы до сихъ поръ привели въ защиту этого предположенія, несмотря на ихъ важность, никоимъ образомъ не могутъ считаться неопровержимыми доказательствами движенія земли. Вращательное движеніе земли доказывается многими явленіями, наблюдаемыми на самой поверхности ея, какъ то: сжатіемъ земли при полюсахъ, отклоненіемъ къ востоку свободно падающихъ тѣмъ, измѣненіемъ длины секуднаго маятника и т. д. Нельзя ли какими-нибудь явленіями на поверхности земли воспользоваться также и для доказательства годового движенія ея, тѣмъ болѣе что скорость этого послѣдняго значительно больше скорости вращательнаго движенія?

Удовлетворить такому желанію, однако, весьма трудно, такъ какъ между вращательнымъ и поступательнымъ движеніями есть существенная разница: вслѣдствіе вращательнаго движенія земли различныя ея точки движутся съ различными скоростями, и, благодаря этому, мы на самой поверхности земли находимъ признаки, по которымъ можемъ замѣтить это вращеніе; при годовомъ же движеніи земли всѣ точки ея поверхности, даже внутреннія частицы земли перемѣщаются по одному и тому же направленію съ одною и тою же скоростью. Поэтому-то путемъ простого сравненія отдѣльныхъ частей земного шара между собой мы не можемъ распознать годового движенія земли.

Но не можемъ ли мы замѣтить этого движенія хотя бы по предметамъ, находящимся внѣ земли? Болѣе подробному изслѣдованію этого вопроса будутъ посвящены главы V и VI. Теперь же мы примемъ, что движеніе земли около солнца доказано, и въ слѣдующей главѣ разсмотримъ одно изъ важнѣйшихъ слѣдствій этого движенія въ связи съ суточнымъ вращеніемъ земли около оси.

ГЛАВА IV.

Времена года.

§ 32. **Выгоды и причины смѣны временъ года.** Суточное вращеніе земли около оси и ея годовое движеніе около солнца обусловливаютъ съ одной стороны смѣну дня и ночи, а съ другой—времена года, эти два благодѣтельные дара неба, безъ которыхъ наша жизнь не имѣла бы и тысячной доли той прелести, благодаря которой мы такъ сильно привязываемся къ ней, что даже самый несчастный изъ насъ лишь съ грустью и послѣ ожесточенной борьбы разстается съ нею. Каждое утро, послѣ подкрѣпляющаго силы сна, мы съ радостью встрѣчаемъ лучи восходящаго солнца. Съ наступленіемъ каждой весны, по нашимъ жиламъ разливается новая теплота, въ насъ оживаютъ новыя надежды, вся природа пробуждается отъ сковывавшаго ее зимняго сна, сады и луга начинаютъ украшаться благоухающими цвѣтами. Если бы не было на земной поверхности этихъ благодѣтельныхъ перемѣнъ, то что сталось бы съ растеніями и животными, съ различными произведеніями почвы, что сталось бы съ торговлей, благодаря которой завязываются сношенія между различными странами, что сталось бы наконецъ съ нашей цивилизаціей и съ нами самими?

Всѣми этими перемѣнами мы обязаны прежде всего суточному вращенію земли около ея оси. Въ самомъ дѣлѣ, если бы земля двигалась около солнца такъ же, какъ луна около земли, т. е. если бы она всегда была обращена къ солнцу одной стороной, то жители другой половины земного шара, обращенной въ сторону, противоположную солнцу, никогда не видѣли бы лучей солнца, эта половина на вѣчныя времена была бы погружена въ глубокій мракъ. Если бы обитаемыя нами страны находились на томъ несчастномъ полушаріи, которое было бы вѣчно обращено въ сторону, противоположную солнцу, то вся исторія этихъ странъ, даже вся исторія человѣчества приняла бы совершенно другой оборотъ, если только, вообще, существа, обреченныя на жизнь въ вѣчномъ мракѣ, могутъ имѣть какую-нибудь исторію своихъ дѣяній.

Посмотримъ далѣе, что произошло бы, если бы земля совершала только годовое движеніе около солнца и вовсе не вращалась бы около своей оси. Въ такомъ случаѣ всѣ части земного шара постепенно обращались бы къ солнцу, и на земной поверхности день смѣнялся бы ночью, но что это былъ бы за день, и что это была бы за ночь! Какъ день, такъ и ночь продолжались бы цѣлыхъ полгода, и въ теченіе полнаго оборота земли около

солнца жители любого мѣста на земной поверхности шесть мѣсяцевъ подрядъ видѣли бы постоянно солнце надъ своимъ горизонтомъ, другіе же шесть мѣсяцевъ проводили бы въ глубокомъ мракѣ, коченѣя отъ холода.

При такомъ предположеніи, плоскость земного пути пересѣкала бы поверхность земли постоянно по окружности одного и того же круга, который на нашихъ земныхъ глобусахъ подъ названіемъ эклиптики проводится теперь безъ всякой пользы и цѣли; и жители мѣстъ, лежащихъ на окружности этого круга, одинъ разъ въ году видѣли бы солнце въ своемъ зенитѣ, причемъ почти въ теченіе цѣлыхъ двухъ мѣсяцевъ лучи солнца падали бы по направленію, весьма близкому къ направленію отвѣсной линіи. Какъ долго длились бы эти томительные полуденные часы, и какую ужасную жару и духоту должны были бы испытывать въ это время жители земли! Такъ же долго тянулись бы и часы полуночи, принося съ собою страшный холодъ и оцѣпенѣніе. Но и остальные люди, которые жили бы къ сѣверу и къ югу отъ только что упомянутыхъ вредныхъ для здоровья мѣстъ, нисколько не были бы счастливѣе, такъ какъ и они то изнывали бы отъ продолжительнаго зноя, то коченѣли бы отъ мороза, упорно держащагося въ теченіе полугода.

Благодаря тому, что земля совершаетъ оборотъ около оси въ короткое время, равное однѣмъ суткамъ, жители земного шара не испытываютъ указанныхъ неудобствъ. Впрочемъ, кромѣ вращенія земли необходимо выполненіе еще другого условія, безъ котораго была бы немыслима благодѣтельная смѣна временъ года. Это второе условіе заключается въ томъ, что ось вращенія земли не перпендикулярна къ плоскости эклиптики. Въ самомъ дѣлѣ, допустимъ, что суточное вращеніе земли происходитъ въ той же плоскости, въ которой совершается и ея годовое движеніе около солнца; другими словами, допустимъ, что плоскость эклиптики совпадаетъ съ плоскостью экватора. Вслѣдствіе такого совпаденія на всей землѣ въ теченіе цѣлаго года день былъ бы равенъ ночи, и не могло бы быть и рѣчи о смѣнѣ временъ года и о годовыхъ измѣненіяхъ температуры въ какомъ-нибудь опредѣленномъ пунктѣ земного шара. Едва ли бы мы чувствовали себя при такихъ условіяхъ лучше, чѣмъ теперь, и совершенно напрасно поэты воспѣваютъ вѣчную весну, которая наступила бы на земномъ шарѣ, въ случаѣ совпаденія плоскости эклиптики съ плоскостью экватора. При такомъ условіи въ странахъ, лежащихъ подъ экваторомъ, вслѣдствіе палящаго зноя, жизнь была бы невозможна; мѣста же, весьма удаленныя отъ экватора, были бы покрыты вѣчнымъ льдомъ, и только сравнительно небольшая часть такъ называемаго умѣреннаго пояса была бы удобообитаема. Къ счастью, та ось, около которой вращается наша земля и которая при только что изложенныхъ соображеніяхъ считалась перпендикулярной къ плоскости эклиптики, на самомъ дѣлѣ занимаетъ наклонное положеніе относительно этой плоскости. Это-то наклонное положеніе ея и является причиной временъ года и источникомъ благъ, изливаемыхъ небомъ на насъ и на нашу землю.

§ 33. **Объясненіе четырехъ временъ года.** Проведемъ черезъ центръ солнца S двѣ линіи: одну SR, перпендикулярную къ плоскости эклиптики, въ которой движется земля, и другую SP, составляющую съ первой уголъ PSR въ $23^1/_2{}^0$, т. е. такой же уголъ, подъ которымъ экваторъ наклоненъ къ эклиптикѣ (рис. 26). Земля въ теченіе года описываетъ около солнца кругъ $ABCD$ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, постоянно вращается около своей оси pq, которая во всѣхъ точкахъ земного пути параллельна второй изъ упомянутыхъ линій SP. Точки p и q представляютъ соотвѣтственно сѣверный и южный полюсы земли.

Разсмотримъ четыре положенія земли A, B, C и D, которыя она занимаетъ въ тѣ моменты, когда въ сѣверномъ полушаріи начинаются весна, лѣто, осень и зима. Во всѣхъ этихъ положеніяхъ постоянно только одна половина земной поверхности освѣщается солнцемъ, другая же пребываетъ во мракѣ. Но во всѣхъ этихъ четырехъ положеніяхъ обѣ половины, освѣщенная и неосвѣщенная, распредѣляются весьма различнымъ образомъ относительно оси вращенія pq, которая, при движеніи земли, остается постоянно

параллельной самой себѣ. Иногда граница свѣта и тѣни, т. е. большой кругъ, отдѣляющій освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной, проходитъ черезъ оба земные полюса p и q; иногда же полюсы лежатъ на значительномъ разстояніи вправо или влѣво отъ этого большого круга, плоскость котораго всегда перпендикулярна къ линіи, соединяющей центръ солнца съ центромъ земли. Земная ось pq составляетъ съ этой линіей острый уголъ все время, пока земля находится на половинѣ ABC своего пути; при движеніи же земли по другой половинѣ CDA ось pq наклонена къ упомянутой линіи подъ тупымъ угломъ, и только въ двухъ точкахъ A и C, въ которыхъ земля бываетъ въ началѣ весны и въ началѣ осени, этотъ уголъ прямой. Уголъ, составляемый земною осью mp съ линіей mS, соединяющей центры земли и солнца, иначе говоря, уголъ Smp, есть не что иное, какъ полярное разстояніе солнца (Введ., § 9). Когда земля находится въ точкѣ B, полярное разстояніе солнца достигаетъ наименьшей величины и равно $90^0 - 23{,}5^0 = 66{,}5^0$. При движеніи земли отъ B до D полярное разстояніе солнца все время увеличивается, въ точкѣ C оно равно 90^0, въ точкѣ D оно дѣлается наибольшимъ и равно $90^0 + 23{,}5^0 = 113{,}5^0$. Затѣмъ полярное разстояніе солнца начинаетъ уменьшаться, въ точкѣ A, прямо противоположной точкѣ C, оно снова равняется 90^0 и, наконецъ, въ точкѣ B достигаетъ своего прежняго наименьшаго значенія, равнаго $66{,}5^0$.

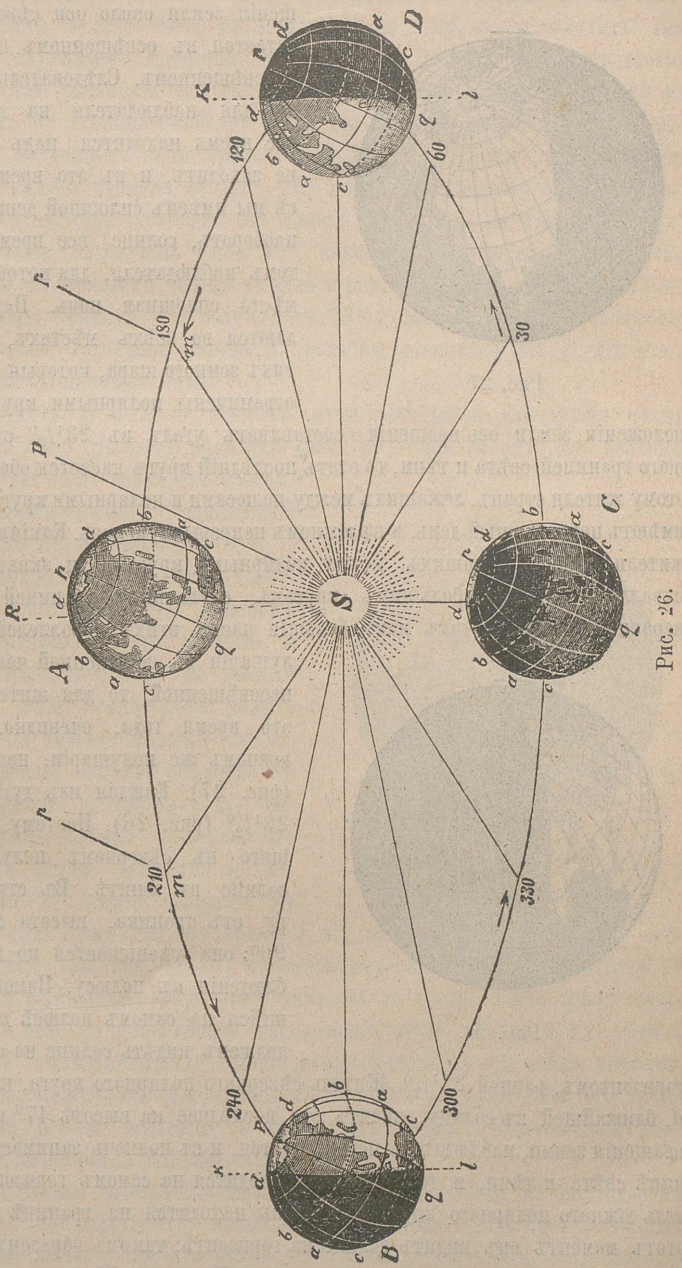


Рис. 26.

На нашемъ рисункѣ aa обозначаетъ на поверхности земли экваторъ, находящійся на равныхъ разстояніяхъ отъ обоихъ полюсовъ, bb и cc суть тропики (Введ., § 14), нахо-

дящіеся на разстояніяхъ $ab = ac = 23^1/_2{}^0$ отъ экватора и, наконецъ, dd есть сѣверный полярный кругъ, отстоящій на $23^1/_2{}^0$ отъ полюса p.

Положимъ, что земля находится въ точкѣ B своего пути, гдѣ уголъ Smp имѣетъ наименьшее значеніе и равенъ $66^1/_2{}^0$. Въ этомъ положеніи ея сѣверный полюсъ p лежитъ въ освѣщенномъ полушаріи, а южный q въ неосвѣщенномъ, и притомъ оба находятся въ наибольшемъ удаленіи отъ большого круга, служащаго границей свѣта и тѣни. При вращеніи земли около оси сѣверный полюсъ p все время остается въ освѣщенномъ полушаріи, а южный q въ неосвѣщенномъ. Слѣдовательно, въ этомъ положеніи земли для наблюдателя на сѣверномъ полюсѣ p солнце все время находится надъ горизонтомъ, оно для него не заходитъ, и въ это время года на сѣверномъ полюсѣ мы имѣемъ сплошной день. На южномъ же полюсѣ q, наоборотъ, солнце все время находится подъ горизонтомъ наблюдателя, для котораго такимъ образомъ имѣетъ мѣсто сплошная ночь. Подобныя же явленія наблюдаются во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ въ тѣхъ частяхъ земного шара, которыя находятся около полюсовъ и ограничены полярными кругами. Такъ какъ въ этомъ положеніи земли ось вращенія составляетъ уголъ въ $23^1/_2{}^0$ съ плоскостью круга, служащаго границей свѣта и тѣни, то этотъ послѣдній кругъ касается обоихъ полярныхъ круговъ. Поэтому жители странъ, лежащихъ между полюсами и полярными кругами, въ сѣверномъ полушаріи имѣютъ непрерывный день, а въ южномъ непрерывную ночь. Какія же явленія должны наблюдать жители странъ, лежащихъ между полярными кругами и экваторомъ? Такъ какъ земныя параллели дѣлятся большимъ кругомъ, служащимъ границей свѣта и тѣни, на весьма неравныя части, и такъ какъ большія части этихъ параллелей лежатъ въ сѣверномъ полушаріи въ освѣщенной части земли, а въ южномъ въ неосвѣщенной, то для жителей сѣвернаго полушарія въ это время года, очевидно, дни длиннѣе ночей, въ южномъ же полушаріи, наоборотъ, ночи длиннѣе дней (рис. 27). Каждая изъ дугъ ac, ab и pd заключаетъ $23^1/_2{}^0$ (рис. 26). Поэтому жители тропика bb, лежащаго въ сѣверномъ полушаріи, въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ. Въ странахъ, лежащихъ къ сѣверу отъ тропика, высота солнца въ полдень меньше 90^0; она уменьшается по мѣрѣ приближенія мѣста наблюденія къ полюсу. Наконецъ наблюдатель, находящійся на самомъ полюсѣ p, въ теченіе цѣлыхъ сутокъ долженъ видѣть солнце на одной и той-же высотѣ надъ горизонтомъ, равной $23^1/_2{}^0$. Житель сѣвернаго полярнаго круга, находясь въ полдень въ точкѣ d, ближайшей къ солнцу, видитъ это послѣднее на высотѣ 47^0 надъ горизонтомъ; вслѣдствіе вращенія земли, наблюдатель перемѣщается и въ полночь занимаетъ точку, лежащую на границѣ свѣта и тѣни, и тогда солнце находится на самомъ горизонтѣ его. Напротивъ того, житель южнаго полярнаго круга въ полдень находится на границѣ свѣта и тѣни, и только въ этотъ моментъ онъ видитъ солнце на горизонтѣ; такимъ образомъ для него продолжительность дня равна, такъ сказать, одному моменту. Въ точкѣ B своего пути земля бываетъ 21 іюня по новому стилю, и съ этого дня въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто, а въ южномъ зима. Глазъ, помѣщенный въ центрѣ земли, въ этотъ день увидѣлъ бы солнце въ $23^1/_2{}^0$ надъ плоскостью небеснаго экватора. Слѣдовательно, сѣверное склоненіе солнца 21 іюня равняется $23^1/_2{}^0$.

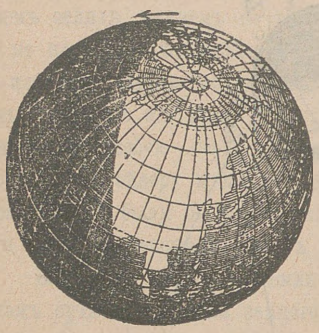


Рис. 27

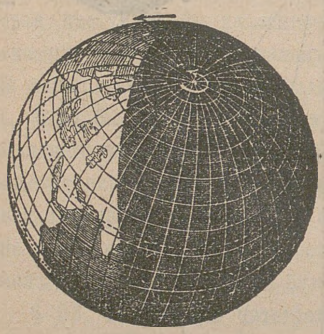


Рис. 28.

Совершенно обратныя явленія наблюдаются полгода спустя, 21 декабря, когда земля приходитъ въ прямо противоположную точку D своего пути (рис. 26). Сѣверный полюсъ земли, который раньше былъ обращенъ въ сторону солнца, теперь обращенъ въ сторону, ему противоположную. Такъ какъ большой кругъ, служащій границей свѣта и тѣни, опять перпендикуляренъ къ линіи Sc, соединяющей центры солнца и земли, то сѣверный полюсъ p все время находится въ неосвѣщенной части земной поверхности, а южный q—въ освѣщенной. На сѣверномъ полюсѣ солнце вовсе не восходитъ, на южномъ не заходитъ. Всѣ земныя параллели кругомъ, служащимъ границей свѣта и тѣни, дѣлятся опять на весьма неравныя части, только съ тою разницей, что теперь бо́льшія части этихъ параллелей въ сѣверномъ полушаріи лежатъ въ неосвѣщенной части, а въ южномъ въ освѣщенной. Слѣдовательно, въ сѣверномъ полушаріи ночи длиннѣе дней, въ южномъ же наоборотъ (рис. 28). Теперь жители южнаго тропика cc (рис. 26) видятъ въ полдень солнце въ зенитѣ, на экваторѣ солнце въ полдень отстоитъ отъ зенита на $23^1/_2{}^0$, на сѣверномъ тропикѣ bb его зенитное разстояніе въ полдень равно 47^0, наконецъ на сѣверномъ полярномъ кругѣ dd солнце появляется на горизонтѣ только на одно мгновеніе. Глазъ, помѣщенный въ центрѣ земли, въ этотъ день увидѣлъ бы солнце въ $23^1/_2{}^0$ подъ плоскостью небеснаго экватора. Слѣдовательно, южное склоненіе солнца 21 декабря равняется $23^1/_2{}^0$. Съ этого дня въ сѣверномъ полушаріи начинается зима.

Посрединѣ между точками B и D на земномъ пути находятся двѣ другія точки A и C, въ которыхъ уголъ Smp дѣлается прямымъ (рис. 26). Мы знаемъ, что большой кругъ, отдѣляющій освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной, всегда перпендикуляренъ къ линіи, соединяющей центры солнца и земли. Но въ положеніяхъ A и C земная ось также перпендикулярна къ этой линіи. Поэтому земные полюсы лежатъ на томъ большомъ кругѣ, который служитъ границей свѣта и тѣни, и этотъ кругъ дѣлитъ всѣ параллели на двѣ равныя части, вслѣдствіе чего на всей землѣ день равенъ ночи. На обоихъ полюсахъ въ теченіе цѣлыхъ сутокъ солнце находится на горизонтѣ; жители экватора въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ, и потому глазу, помѣщенному въ центрѣ земли, должно казаться, что солнце, вслѣдствіе вращенія земли, движется по небесному экватору. Въ точкѣ A солнце бываетъ въ началѣ нашей весны, 21 марта (рис. 29), въ точкѣ C въ началѣ нашей осени, 23 сентября. По линіи, соединяющей обѣ эти точки, экваторъ пересѣкается съ эклиптикой, и эта линія называется линіей равноденствій, такъ какъ въ то время, когда земля находится въ этихъ точкахъ, на всей ея поверхности день равенъ ночи (Введ., § 11). Точки B и D называются точками солнцестояній. Когда земля находится въ этихъ точкахъ, солнце кажется наиболѣе удаленнымъ къ сѣверу или къ югу отъ экватора. Въ это время склоненіе солнца измѣняется весьма медленно, и солнце въ теченіе нѣсколькихъ дней кажется какъ бы стоящимъ на одной и той-же параллели.

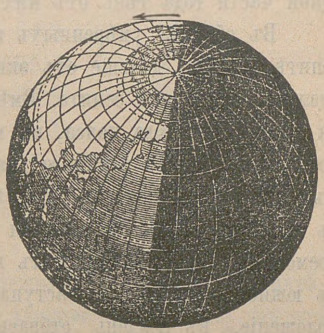


Рис. 29.

Выше мы разсмотрѣли только четыре главнѣйшихъ положенія земли на ея годовомъ пути. Но земля въ теченіе года проходитъ послѣдовательно черезъ всѣ промежуточныя положенія, и вслѣдствіе этого жители каждаго мѣста на земной поверхности испытываютъ всѣ послѣдовательныя измѣненія временъ года.

§ 34. **Жаркій, холодный и умѣренный поясы земной поверхности.** Тропиками и полярными кругами поверхность земли дѣлится на части, весьма различающіяся одна отъ другой во многихъ отношеніяхъ.

По обѣ стороны отъ экватора, между сѣвернымъ и южнымъ тропиками, лежитъ такъ называемый жаркій или тропическій поясъ; части земной поверхности, заключенныя между тропиками съ одной стороны и полярными кругами съ другой, называются умѣренными поясами; наконецъ полярные круги ограничиваютъ собою остающіяся части, въ серединѣ которыхъ лежатъ земные полюсы и которыя называются холодными поясами. Жаркій поясъ охватываетъ по ширинѣ пространство въ 47^0, его поверхность равна 202 милліонамъ квадратныхъ километровъ. Ширина каждаго изъ умѣренныхъ поясовъ равна 43^0; поверхность ихъ обоихъ вмѣстѣ составляетъ 265 милліоновъ квадратныхъ километровъ. Наконецъ границы холодныхъ поясовъ удалены отъ полюсовъ на $23^1/_2{}^0$, и поверхность ихъ обоихъ равна $42^1/_2$ милліонамъ квадратныхъ километровъ. Такимъ образомъ жаркій поясъ составляетъ 0,4, оба умѣренныхъ 0,5 и оба холодныхъ только 0,1 всей поверхности земли. Жители жаркаго пояса въ тѣ дни, когда склоненіе солнца равно географической широтѣ мѣста наблюденія, въ полдень видятъ солнце въ зенитѣ. Но и въ остальные дни года въ полдень солнце никогда не бываетъ въ значительномъ удаленіи отъ зенита. Поэтому, лучи солнца постоянно падаютъ почти отвѣсно къ поверхности земли, сильно ее нагрѣвая, чѣмъ и объясняется высокая температура, а также и названіе этого пояса. Въ жаркомъ поясѣ продолжительность дня никогда сильно не отличается отъ продолжительности ночи. На границахъ этого пояса, подъ тропиками, самый длинный день и самая длинная ночь продолжаются только $13^h\ 28^m$, подъ экваторомъ же въ теченіе цѣлаго года день равенъ ночи. Всѣ предметы, имѣющіе вертикальное положеніе, въ жаркомъ поясѣ два раза въ году въ полдень совсѣмъ не отбрасываютъ тѣни, въ остальное же время въ теченіе одной части года тѣнь отъ нихъ падаетъ къ сѣверу, въ теченіе другой части къ югу.

Въ обоихъ умѣренныхъ поясахъ, даже въ полдень, солнце никогда не бываетъ въ зенитѣ, и чѣмъ дальше отъ экватора отстоитъ мѣсто наблюденія, тѣмъ больше въ полдень удалено солнце отъ зенита. Вмѣстѣ съ этимъ увеличивается неравенство дней и ночей, и на границахъ этого пояса, въ мѣстахъ, лежащихъ на полярныхъ кругахъ, продолжительность какъ самаго длиннаго дня, такъ и самой длинной ночи составляетъ цѣлыхъ 24 часа. Въ умѣренныхъ поясахъ вполнѣ ясно различаются между собою 4 времени года, которыя въ жаркомъ поясѣ обращаются въ сплошное лѣто, періодически прерываемое дождливымъ временемъ. Въ то время какъ въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ начинается весна или лѣто, въ южномъ, наоборотъ, наступаетъ осень или зима. Всѣ предметы, имѣющіе вертикальное положеніе, въ полдень отбрасываютъ тѣнь—въ сѣверномъ умѣренномъ поясѣ всегда къ сѣверу, въ южномъ всегда къ югу.

Въ холодныхъ поясахъ солнце можетъ въ теченіе продолжительнаго времени оставаться или постоянно надъ горизонтомъ, или постоянно подъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Въ то время какъ южное склоненіе солнца приближается къ своему наибольшему значенію, въ мѣстахъ, лежащихъ въ сѣверномъ холодномъ поясѣ, солнце, оставаясь все время подъ горизонтомъ, совсѣмъ не восходитъ, въ мѣстахъ же, лежащихъ въ южномъ поясѣ, оно, находясь все время надъ горизонтомъ, совсѣмъ не заходитъ. Совершенно обратныя явленія наблюдаются тогда, когда сѣверное склоненіе солнца приближается къ наибольшей величинѣ. Когда солнце находится все время надъ горизонтомъ мѣста наблюденія, оно описываетъ на небесной сферѣ полный кругъ, который составляетъ съ горизонтомъ тѣмъ меньшій уголъ, чѣмъ ближе къ полюсу мѣсто наблюденія, и наконецъ на самомъ полюсѣ дѣлается параллельнымъ горизонту. На границѣ холоднаго пояса, т. е. въ мѣстахъ, которыя лежатъ на полярномъ кругѣ и широта которыхъ равна $66^1/_2{}^0$, самый длинный день лѣтомъ и самая длинная ночь зимой продолжаются цѣлыхъ 24 часа. Подъ широтами $67{,}3^0$, $69{,}7^0$, $73{,}4^0$, $78{,}2^0$ и $83{,}8^0$ наибольшая продолжительность дня или ночи равна соотвѣтственно 1, 2, 3, 4 и 5 полнымъ мѣсяцамъ. Наконецъ, на обоихъ полюсахъ солнце въ теченіе 6 мѣсяцевъ остается надъ горизонтомъ и въ теченіе другихъ 6 мѣсяцевъ подъ

горизонтомъ. Такъ какъ въ странахъ холодныхъ поясовъ солнце никогда не поднимается высоко надъ горизонтомъ, и лучи его постоянно падаютъ весьма наклонно къ поверхности земли, то средняя температура (§ 36) этихъ странъ въ теченіе всего года остается низкой и быстро уменьшается по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ, вблизи которыхъ, вслѣдствіе продолжительныхъ сильныхъ холодовъ, органическая жизнь развивается весьма слабо. Въ этихъ покрытыхъ вѣчнымъ снѣгомъ странахъ тѣнь, которую отбрасываютъ освѣщаемые солнцемъ предметы, въ теченіе 24 часовъ описываетъ полную окружность въ плоскости горизонта.

§ 35. **Климаты древнихъ.** Прежніе географы кругами, параллельными экватору, дѣлили земную поверхность на нѣсколько поясовъ, которые они называли климатами. Эти поясы выбирались такъ, чтобы продолжительность самаго длиннаго дня лѣтомъ, а также самой длинной ночи зимою на болѣе удаленной отъ экватора границѣ пояса была на полчаса больше, чѣмъ на другой его границѣ, ближайшей къ экватору. Въ слѣдующей табличкѣ даны географическая широта наиболѣе удаленной отъ экватора границы каждаго пояса и наибольшая длина дня или ночи на этой границѣ.

Климатъ.	Широта.	Наибольш. продолж. дня.	Климатъ.	Широта.	Наибольш. продолж. дня.
1	8,7°	12,5ʰ	13	60,0°	18,5ʰ
2	17,0	13,0	14	61,3	19,0
3	24,3	13,5	15	62,4	19,5
4	30,8	14,0	16	63,4	20,0
5	36,5	14,5	17	64,2	20,5
6	41,4	15,0	18	64,8	21,0
7	45,5	15,5	19	65,4	21,5
8	49,0	16,0	20	65,8	22,0
9	52,0	16,5	21	66,1	22,5
10	54,5	17,0	22	66,3	23,0
11	56,7	17,5	23	66,4	23,5
12	58,5	18,0	24	66,5	24,0

Такъ, напр., Вѣна, широта которой равна 48,2°, лежитъ въ восьмомъ климатѣ, и продолжительность самаго длиннаго дня лѣтомъ и самой длинной ночи зимой въ этомъ городѣ составляетъ $15{,}9^h$ или 15^h54^m; самая же короткая ночь лѣтомъ и самый короткій день зимою равенъ $24^h - 15^h54^m = 8^h6^m$. Городъ Архангельскъ, находящійся подъ широтой 64,5°, лежитъ въ восемнадцатомъ климатѣ, и для него самый длинный день лѣтомъ равенъ $20{,}7^h$ или 20^h42^m, а самая короткая ночь зимою только 3^h18^m. Въ мѣстахъ, лежащихъ подъ широтой 66,4°, продолжительность самаго длиннаго дня составляетъ 23^h30^m, а самаго короткаго только полчаса. Въ предыдущемъ мы предполагали, что день начинается и кончается въ тотъ моментъ, когда центръ солнца находится въ плоскости горизонта. Но на самомъ дѣлѣ лучи солнца приносятъ намъ дневной свѣтъ уже съ восходомъ верхняго края солнца. Кромѣ того, восходъ верхняго края еще ускоряется дѣйствіемъ рефракціи, о которой мы будемъ говорить ниже (§ 105). Вслѣдствіе этого во всѣхъ мѣстахъ земной поверхности продолжительность дня больше той, которая указана въ предыдущей табличкѣ, и особенно замѣтной эта разница дѣлается въ высшихъ широтахъ.

Однако температура и другія условія атмосферы или такъ называемый физическій климатъ какой-нибудь страны зависятъ не только отъ географической ея широты, но также и отъ цѣлаго ряда другихъ обстоятельствъ. Такъ, особенно сильное нагрѣваніе происходитъ въ томъ случаѣ, когда солнце проходитъ черезъ меридіанъ вблизи отъ зенита. На экваторѣ

солнце бываетъ въ зенитѣ въ серединѣ марта и въ серединѣ сентября; но въ эти мѣсяцы склоненіе солнца измѣняется весьма быстро, приблизительно на 0,4° въ сутки. Поэтому уже черезъ нѣсколько дней солнце удаляется отъ зенита на замѣтную величину. Напротивъ того, въ серединѣ іюня и въ серединѣ декабря, когда жители тропиковъ видятъ солнце въ зенитѣ, его склоненіе измѣняется весьма медленно, вслѣдствіе чего въ этихъ странахъ солнце въ теченіе нѣсколькихъ недѣль проходитъ черезъ меридіанъ вблизи зенита. Поэтому, въ дѣйствительности температура многихъ странъ, лежащихъ на тропикахъ, значительно выше температуры экваторіальныхъ странъ. Въ жаркомъ поясѣ, вслѣдствіе приблизительно одинаковой продолжительности дней и ночей, дневной жаръ, вообще, уравновѣшивается ночной прохладой. Поэтому въ нѣкоторыхъ странахъ умѣреннаго пояса лѣтомъ, когда тамъ дни бываютъ гораздо длиннѣе ночей, температура поднимается значительно выше, чѣмъ даже въ жаркомъ поясѣ. Такъ, въ странахъ, лежащихъ на параллели, сѣверная широта которой равна 60°, въ длинные іюльскіе дни жара въ тѣни достигаетъ 40° Цельзія. Даже подъ 80° сѣверной широты, вслѣдствіе дневной теплоты лѣтомъ, оттаиваетъ почва, промерзшая на большую глубину, и растенія, посаженныя въ такую почву, созрѣваютъ въ ней, какъ въ парникахъ.

Кромѣ того, огромное значеніе имѣютъ также различныя мѣстныя условія, какъ-то: близость большихъ массъ воды, особенно близость моря съ его холодными и теплыми теченіями, высота мѣста надъ уровнемъ моря, окружающіе мѣстность лѣса и горы, составъ почвы и т. д. Поэтому предложенное древними географами дѣленіе земной поверхности на климаты не имѣетъ почти никакого практическаго значенія, совершенно такъ же, какъ и попытки Галлея, Ламберта и другихъ выразить нагрѣваніе различныхъ странъ въ зависимости только отъ полуденной высоты солнца и болѣе или менѣе продолжительнаго пребыванія его надъ горизонтомъ мѣстности.

§ 36. **Снѣжная граница и изотермы.** Изъ всѣхъ мѣстныхъ условій, оказывающихъ вліяніе на температуру страны, одну изъ важнѣйшихъ ролей играетъ высота мѣста надъ уровнемъ моря. Въ тропическихъ странахъ температура какой-нибудь мѣстности зависитъ почти исключительно отъ ея высоты надъ уровнемъ моря. Такъ, напр., поднимаясь отъ Ріо-Гуайяквиль до вершины Чимборазо, мы прошли бы черезъ всѣ климаты, начиная отъ климата тропическихъ странъ и кончая климатомъ холоднаго пояса. Надъ любымъ мѣстомъ земной поверхности въ атмосферѣ находится такая точка, въ которой даже въ серединѣ лѣта ледъ и снѣгъ не таютъ. Поверхность, проведенная черезъ всѣ такія точки надъ земнымъ шаромъ, называется снѣжной границей. По Гумбольдту высота снѣжной границы надъ поверхностью земли въ сѣверномъ полушаріи для различныхъ широтъ выражается слѣдующими числами:

Широта.	Высота.	Широта.	Высота.	Широта.	Высота.
0°	4800 метр.	35	3600 метр.	62	1670 метр.
23	4600 »	40	3200 »	66	1300 »
30	4400 »	45	2750 »	70	1100 »

Наибольшую высоту снѣжная граница имѣетъ въ экваторіальныхъ странахъ, по мѣрѣ же приближенія къ полюсамъ она опускается все болѣе и болѣе къ землѣ и, наконецъ, на полюсахъ совпадаетъ съ поверхностью моря. Въ южномъ полушаріи снѣжная граница проходитъ значительно ниже, чѣмъ въ сѣверномъ.

Если мы въ теченіе одного или нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ ежедневно въ извѣстные часы будемъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ опредѣлять температуру воздуха, затѣмъ всѣ записанныя такимъ образомъ показанія термометра сложимъ и сумму раздѣлимъ на число наблюденій, то получимъ такъ называемую среднюю годовую температуру мѣста наблюденія. Приведемъ среднія годовыя температуры нѣкоторыхъ мѣстъ:

Кумана . . .	27,9°	Миланъ . . .	13,3°	Берлинъ . . .	8,4°
Батавія . . .	26,9	Парижъ . . .	11,0	Стокгольмъ . .	6,1
Каиръ . . .	22,5	Вѣна . . .	10,0	Петербургъ . .	3,2
Неаполь . . .	18,0	Лондонъ . . .	10,5	Нордъ-Капъ . .	0,1

Въ этой табличкѣ температуры выражены въ градусахъ Цельзія.

Соединяя на картѣ кривыми линіями мѣста, имѣющія одну и ту-же среднюю температуру, мы получимъ такъ называемыя изотермическія линіи, или изотермы. Въ жаркомъ поясѣ изотермы приблизительно параллельны экватору; по мѣрѣ же удаленія отъ экватора онѣ дѣлаются все болѣе неправильными: бо́льшею частью онѣ вблизи меридіановъ, проходящихъ черезъ середину Германіи и черезъ западный берегъ Америки, отклоняются къ полюсамъ. Вблизи же меридіановъ, проходящихъ черезъ середину Китая и черезъ восточный берегъ Америки, онѣ отклоняются къ экватору.

§ 37. **Явленія, которыя наблюдались бы при иной наклонности эклиптики.** Всѣ вышеописанныя явленія, а также многія другія, которыя мы наблюдаемъ на поверхности земли, представляютъ необходимое слѣдствіе смѣны временъ года и должны быть объяснены тѣмъ, что плоскость эклиптики наклонена къ плоскости экватора подъ нѣкоторымъ угломъ, который въ настоящее время приблизительно равенъ $23^1/_2{}^0$. Съ измѣненіемъ этого угла должны измѣниться и наблюдаемыя на поверхности земли явленія. Мы уже выше (§ 32) разсмотрѣли, какія явленія повлекло бы за собой совпаденіе эклиптики съ экваторомъ.

Посмотримъ теперь, что произойдетъ, если наклонность эклиптики будетъ больше $23^1/_2{}^0$. Если-бы эта наклонность была равна 45^0, то жаркій поясъ простирался бы въ обѣ стороны отъ экватора до параллели 45^0, а оба холодные пояса отъ 45^0 до 90^0, т. е. до полюсовъ; умѣреннаго же пояса въ томъ смыслѣ, какъ это указано выше, не было бы вовсе. Если бы наклонность эклиптики сдѣлалась равной 90^0, т. е. если бы плоскость экватора была перпендикулярна къ плоскости эклиптики, то въ каждомъ пунктѣ земного шара, не исключая даже и полюсовъ, солнце съ одной стороны два раза въ году проходило бы черезъ зенитъ, а съ другой—въ теченіе нѣкотораго времени оставалось бы постоянно надъ горизонтомъ или постоянно подъ горизонтомъ. Въ такомъ случаѣ каждая страна на поверхности земли въ теченіе одной части года принадлежала бы къ жаркому поясу, въ теченіе другой къ умѣренному и, наконецъ, въ теченіе третьей къ холодному.

Изъ предыдущаго ясно, что та или другая наклонность эклиптики, должна была бы оказать большое вліяніе на жизнь нашей планеты; наклонность, которая въ дѣйствительности имѣетъ мѣсто для земли, съ нашей точки зрѣнія кажется наиболѣе цѣлесообразной. Такъ ли это въ дѣйствительности, это другой вопросъ. Не надо забывать, что вся жизнь нашей планеты сложилась подъ вліяніемъ этой наклонности эклиптики, почему другая намъ и кажется нецѣлесообразной. Для двухъ крайнихъ планетъ нашей солнечной системы Урана и Нептуна наклонность эклиптики совсѣмъ другая: для нихъ экваторъ почти перпендикуляренъ къ эклиптикѣ. Но развѣ мы вправѣ не признавать жизни на этихъ планетахъ только по тому, что условія этой жизни иныя, чѣмъ на землѣ?

ГЛАВА V.

Параллаксы свѣтилъ и разстоянія послѣднихъ отъ земли.

§ 38. **Кажущееся движеніе предметовъ.** Представимъ себѣ равнину, усаженную деревьями и на горизонтѣ ограниченную горами. Если мы передвигаемся по этой равнинѣ по какому-нибудь направленію, то намъ кажется, что близкія къ намъ деревья перемѣщаются относительно далекихъ горъ въ сторону, противоположную нашему движенію. Чѣмъ

ближе къ намъ находятся деревья, тѣмъ быстрѣе происходитъ ихъ перемѣщеніе. Правда, и находящіяся на горизонтѣ горы при этомъ тоже перемѣщаются въ сторону, обратную нашему движенію, но ихъ перемѣщеніе совершается весьма медленно. Далѣе, положимъ, что мы передвигаемся по направленію къ сѣверу; мы замѣтимъ, что деревья, находящіяся передъ нами, на сѣверѣ, все болѣе и болѣе отодвигаются другъ отъ друга по мѣрѣ нашего приближенія къ нимъ. Наоборотъ деревья, которыя находятся позади насъ, на югѣ, и отъ которыхъ мы постепенно удаляемся, кажутся намъ все болѣе и болѣе приближающимися другъ къ другу. Аналогію съ этимъ явленіемъ представляютъ два параллельныхъ ряда деревьевъ, посаженныхъ по бокамъ длинной аллеи; они кажутся сходящимися на удаленномъ отъ насъ концѣ аллеи.

Все сказанное о деревьяхъ примѣнимо и къ небеснымъ свѣтиламъ, если только наши перемѣщенія по поверхности земли или вмѣстѣ съ землею въ пространствѣ не представляются величинами, исчезающими въ сравненіи съ разстояніями, отдѣляющими насъ отъ этихъ свѣтилъ.

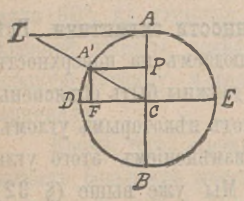


Рис. 30.

Мы уже видѣли (§ 30), что подобныя перемѣщенія замѣчаются у планетъ, и на этомъ основаніи мы съ вѣроятностью, близкою къ достовѣрности, вывели заключеніе о движеніи земли около солнца. Является вопросъ, нельзя-ли замѣтить это движеніе также и по перемѣщенію неподвижныхъ звѣздъ?

§ 39. **Опредѣленіе неприступныхъ точекъ и линій на поверхности земли.** Для опредѣленія разстояній небесныхъ свѣтилъ до земли астрономы пользуются такими же способами, какіе наши геодезисты и землемѣры употребляютъ при своихъ измѣреніяхъ на поверхности земли. Въ основаніи этихъ способовъ лежатъ простыя положенія геометріи, дающія возможность въ какомъ-нибудь треугольникѣ по нѣкоторымъ опредѣленнымъ непосредственными измѣреніями сторонамъ и угламъ найти остальныя части треугольника.

* Дальнѣйшее изложеніе станетъ понятнѣе, если мы предварительно познакомимся съ такъ называемыми тригонометрическими величинами. Изъ точки C, какъ изъ центра, опишемъ кругъ $ADBE$ произвольнымъ радіусомъ CA (рис. 30). Два взаимно перпендикулярныхъ діаметра AB и DE дѣлятъ кругъ и его окружность на четыре равныя части, называемыя квадрантами или четвертями. Назовемъ дугу AD первой четвертью, DB—второй, BE—третьей и EA—четвертой. Возьмемъ гдѣ-нибудь на первой четверти AD окружности точку A' и проведемъ къ ней радіусъ CA'. Затѣмъ изъ точки A' опустимъ перпендикуляръ $A'P$ на діаметръ AB, а изъ начальной точки A возставимъ къ діаметру AB перпендикуляръ AL, пересѣкающійся съ продолженнымъ радіусомъ CA' въ точкѣ L. Въ такомъ случаѣ отношенія длинъ $A'P$, CP и AL къ длинѣ радіуса CA называются соотвѣтственно синусомъ, косинусомъ и тангенсомъ угла ACA'. Если уголъ ACA' назовемъ буквой α, то эти такъ называемыя тригонометрическія величины обозначаются слѣдующимъ образомъ:

$$\frac{A'P}{CA} = Sin\ \alpha,\ \frac{CP}{CA} = Cos\ \alpha,\ \frac{AL}{CA} = tg\ \alpha.$$

Разсмотримъ далѣе прямоугольные треугольники $A'PC$ и LAC. Сторона прямоугольнаго треугольника, лежащая противъ прямого угла, называется гипотенузой, другія его стороны—катетами. Въ прямоугольномъ треугольникѣ $A'PC$ гипотенуза $A'C$ равна радіусу AC круга $ADBE$. Но такъ какъ радіусъ AC, по предыдущему, совершенно произволенъ, то, на основаніи вышеприведенныхъ формулъ, заключаемъ, что во всякомъ прямоугольномъ треугольникѣ $A'PC$ катетъ $A'P$, лежащій противъ угла $A'CP=\alpha$, равенъ гипотенузѣ $A'C$, умноженной на синусъ этого угла, а катетъ CP, прилежащій къ углу α, равенъ гипотенузѣ $A'C$, умноженной на косинусъ того-же угла. Точно также въ прямоугольномъ треугольникѣ LAC катетъ AC есть не что иное, какъ радіусъ круга $ADBE$. Поэтому, подобно предыдущему, выводимъ, что во всякомъ прямоугольномъ треугольникѣ LAC катетъ LA,

противулежащій углу $ACP = \alpha$, равенъ другому катету AC, умноженному на тангенсъ этого угла α.

Изъ разсмотрѣнія рис. 30 легко заключаемъ, что если $\alpha = 0^0$, то $sin\ \alpha = tg\alpha = 0$ и $cos\ \alpha = 1$. Если же $\alpha = 90^0$, то $sin\ \alpha = 1$, $cos\ \alpha = 0$ и $tg\ \alpha$ обращается въ безконечность.

Если мы на рисункѣ 30 изъ точки A' опустимъ перпендикуляръ $A'F$ на діаметръ DE, то, считая точку D за начало первой четверти DA и называя уголъ $A'CF$ буквой β, мы, подобно предыдущему получаемъ:

$$\frac{A'F}{DC} = \frac{PC}{DC} = sin\,\beta, \quad \frac{FC}{DC} = \frac{A'P}{DC} = cos\ \beta.$$

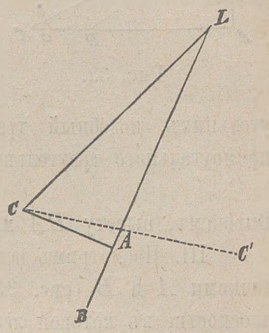


Рис. 31.

Но такъ какъ $DC = AC$, то, сравнивая эти формулы съ вышеприведенными и замѣчая, что $\beta = 90^0 - \alpha$, находимъ слѣдующія соотношенія

$$sin\ \alpha = cos\ (90^0 - \alpha),\ cos\ \alpha = sin\ (90^0 - \alpha).$$

Для облегченія вычисленія тригонометрическихъ величинъ составлены особыя таблицы. Этими краткими свѣдѣніями о тригонометрическихъ величинахъ мы и ограничимся. *

I. Положимъ, что нѣкоторый предметъ L (рис. 31) въ полѣ отдѣленъ рѣкой или непроходимымъ болотомъ отъ наблюдателя, который можетъ перемѣщаться по линіи CC' и нѣсколько въ ту или другую сторону отъ нея. Если необходимо опредѣлить разстояніе отъ C до предмета L, то на нѣкоторомъ направленіи BL, проходящемъ черезъ L, выбираютъ точку A такъ, чтобы она служила основаніемъ перпендикуляра CA, опущеннаго изъ точки C на это направленіе BL. Измѣримъ мѣрительною цѣпью или стальной лентой длину CA и опредѣлимъ также, при помощи какого-нибудь угломѣрнаго прибора, уголъ LCA. Въ такомъ случаѣ въ прямоугольномъ треугольникѣ LCA намъ извѣстны сторона CA и уголъ LCA, и мы, на основаніи правилъ тригонометріи, можемъ найти стороны LA и LC, т. е. разстояніе предмета L до наблюдателя. Въ самомъ дѣлѣ, согласно съ вышеизложеннымъ имѣемъ:

$$AL = AC.\ tg\ C,$$

$$CL = \frac{AC}{cos\ C.}$$

Если, напр., на основаніи непосредственныхъ измѣреній линія CA оказалась равной 100 метрамъ, а уголъ $C = 70^0$, то мы по предыдущимъ формуламъ найдемъ

$$LA = 274{,}75 \text{ метровъ и } LC = 292{,}38 \text{ метровъ.}$$

Можно избѣжать вычисленій, основанныхъ на тригонометріи, и воспользоваться указаннымъ выше (§ 23) графическимъ пріемомъ: начертимъ на листѣ бумаги маленькій треугольникъ, подобный данному; проведемъ линію AC длиною, напр., въ 10 сант., построимъ въ точкѣ A къ ней перпендикуляръ AL, а въ точкѣ C проведемъ линію CL подъ угломъ въ 70^0; смѣривъ длину линій AL и LC, получимъ 27,48 сант. и 29,24 сант. А такъ какъ мы длину сторонъ уменьшили въ отношеніи 100 м. къ 10 сант., т. е. въ 1000 разъ, то искомыя длины будутъ 274,8 м. и 292,4 м.

II. Чтобы найти высоту башни AB надъ горизонтомъ AC (рис. 32), измѣряютъ длину горизонтальной линіи AC отъ основанія A башни до какой-нибудь произвольной точки C и въ этой послѣдней опредѣляютъ уголъ ACB. Тогда искомая высота башни вычислится по формулѣ:

$$AB = AC.\ tg\ ACB.$$

Напр., если $AC = 20$ метрамъ, а уголъ $ACB = 26^0$, то искомая высота башни получается равной 9,75 метрамъ. Тоже самое мы получили бы, построивъ маленькій треугольникъ, подобный данному, и сдѣлавъ въ немъ соотвѣтственныя измѣренія.

Въ предыдущемъ предполагалось, что наблюдатель можетъ отъ точки C подойти къ основанію башни A, и что такимъ образомъ возможно непосредственное измѣреніе линіи AC. Если же башня отдѣлена отъ наблюдателя, напр., рѣкой, то на линіи CA, соединяющей точку C съ основаніемъ башни A, выбираютъ нѣкоторую удобоизмѣримую ея часть CD, называемую базисомъ, и измѣряютъ какъ длину базиса CD, такъ и углы ACB и ADB въ точкахъ C и D. Тригонометрическія вычисленія въ этомъ случаѣ сложнѣе, чѣмъ въ предыдущихъ двухъ; поэтому прибѣгнемъ къ графическому рѣшенію задачи (§ 23). Построивъ на бумагѣ по даннымъ, полученнымъ изъ наблюденій, треугольникъ, подобный треугольнику BCD, мы найдемъ длину линіи BC. Затѣмъ изъ прямоугольнаго треугольника BAC, получимъ:

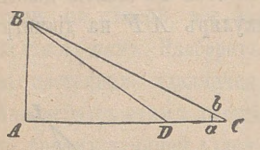


Рис. 32.

$$BA = BC \sin ACB.$$

Впрочемъ, высоту BA мы могли бы также найти графическимъ способомъ.

III. Посмотримъ далѣе, какъ опредѣляется разстояніе AB между двумя недоступными точками A и B (рис. 33) на земной поверхности. Для этого въ той же горизонтальной плоскости, въ которой лежитъ линія AB, выбираютъ произвольную, но вполнѣ доступную линію CD, который также называется базисомъ, и затѣмъ мѣрительною цѣпью измѣряютъ ея длину, а угломѣрнымъ инструментомъ—углы ACD, BCD, BDC, ADC.

Пользуясь этими данными, мы можемъ построить на бумагѣ треугольники, подобные треугольникамъ ACD и BCD и такимъ образомъ графически опредѣлить положеніе точекъ A и B въ плоскости рисунка. Чтобы опредѣлить искомое разстояніе между точками A и B на мѣстности, надо измѣренное въ плоскости рисунка разстояніе AB увеличить во столько разъ, во сколько разъ, базисъ CD, при построеніи треугольниковъ ACD и BCD, былъ уменьшенъ сравнительно съ его истинной длиной на земной поверхности.

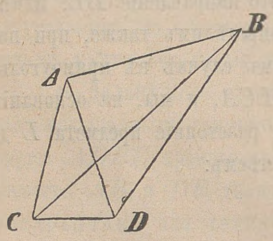


Рис. 33.

IV. Всего предыдущаго совершенно достаточно, чтобы составить понятіе объ измѣреніи разстояній между такими предметами, изъ которыхъ одинъ или даже оба совершенно недоступны для насъ. Эти разстоянія опредѣляются при помощи вычисленій или графическихъ построеній, основанныхъ на непосредственныхъ измѣреніяхъ, и потому точность ихъ опредѣленія тѣмъ больше, чѣмъ надежнѣе произведенныя измѣренія. Кромѣ того, при опредѣленіи высоты башни AB (рис. 32) или при опредѣленіи разстоянія между недоступными точками A и B (рис. 33) окончательные результаты должны быть тѣмъ точнѣе, чѣмъ длиннѣе базисъ CD, предварительно выбираемый на мѣстности. Если же базисъ CD очень малъ сравнительно съ разстояніями AC и BD, то углы, измѣренные на концахъ базиса C и D, будутъ лишь весьма немного различаться другъ отъ друга. Въ такомъ случаѣ малѣйшая ошибка въ измѣреніи базиса или въ опредѣленіи угловъ оказываетъ весьма вредное вліяніе на опредѣляемую величину AB. Въ геодезіи выборъ положенія и величины базиса въ большинствѣ случаевъ зависитъ отъ насъ самихъ. Въ астрономіи же дѣло обстоитъ иначе. Наибольшіе базисы, которые мы только можемъ вообразить себѣ на земномъ шарѣ, представляются почти совершенно ничтожными величинами въ сравненіи съ разстояніями до большинства небесныхъ тѣлъ, и потому эти разстоянія не могутъ быть опредѣлены съ желаемою точностью.

§ 40. **Суточный параллаксъ свѣтила.** Примѣнимъ вышеизложенное къ опредѣленію разстояній до небесныхъ тѣлъ. На рисункѣ 34 точка C есть центръ земли, линія LA представляетъ горизонтъ наблюдателя, находящагося въ точкѣ A, и образуетъ съ радіусомъ

земли AC прямой уголъ LAC. Наблюдателю, находящемуся въ A, свѣтило L кажется восходящимъ. Продолжимъ линію, по направленію которой наблюдатель усматриваетъ свѣтило L, до пересѣченія съ небесной сферой въ точкѣ a. Очевидно, наблюдателю въ A свѣтило L представляется находящимся около звѣзды a; а если бы наблюдатель могъ помѣститься въ центрѣ C земли, то онъ усматривалъ бы тоже самое свѣтило L по направленію линіи CL т. е. возлѣ звѣзды c.

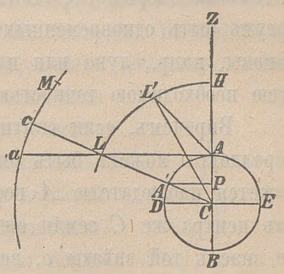


Рис. 34.

Уголъ, образуемый линіями Aa и Cc при точкѣ L, называется горизонтальнымъ параллаксомъ свѣтила. Его мы будемъ обозначать буквой P. Изъ рисунка 34 ясно, что параллаксъ свѣтила L есть уголъ, подъ которымъ изъ центра свѣтила усматривается радіусъ земли CA. Если горизонтальный параллаксъ какого-нибудь свѣтила L намъ извѣстенъ, то безъ всякаго затрудненія можетъ быть опредѣлено и его разстояніе LC до центра земли. Въ самомъ дѣлѣ, въ треугольникѣ LAC, прямоугольномъ при A, извѣстны: сторона CA и уголъ $ALC=P$. По правиламъ тригонометріи, мы можемъ найти сторону LC. Очевидно, что задача объ опредѣленіи разстоянія свѣтила L до центра земли тождественна съ первой задачей предыдущаго параграфа. Мы имѣемъ:

$$CL=\frac{AC}{Sin\ P}$$

Такъ, напр., горизонтальный параллаксъ луны составляетъ круглымъ числомъ $57'$, а радіусъ земли 6380 километровъ. Поэтому, разстояніе луны отъ центра земли равно $\frac{6380}{Sin\ 57'}=385\,000$ километрамъ.

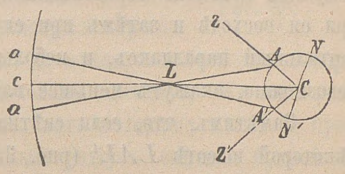


Рис. 35.

§ 41. Опредѣленіе суточнаго параллакса. Можно себѣ представить нѣсколько различныхъ способовъ опредѣленія параллакса свѣтилъ изъ наблюденій. Но въ большинствѣ случаевъ эти способы, совершенно вѣрные съ теоретической точки зрѣнія, на практикѣ оказываются невыполнимыми. Изъ рисунка 34 мы легко усматриваемъ, что параллаксъ свѣтила L былъ бы опредѣленъ, если бы въ двухъ мѣстахъ A' и A, изъ которыхъ въ одномъ свѣтило L представляется наблюдателю находящимся въ зенитѣ, а въ другомъ—на горизонтѣ, было возможно одновременно измѣрить разстоянія Mc и Ma отъ этого свѣтила до сосѣдней неподвижной звѣзды M. Разность ac этихъ видимыхъ разстояній и была бы равна искомому горизонтальному параллаксу свѣтила L. Но помимо другихъ затрудненій, какъ отыскать на поверхности земного шара два мѣста A' и A удовлетворяющія со всею необходимою точностью приведеннымъ выше условіямъ?

Болѣе цѣлесообразный способъ опредѣленія разстоянія до свѣтила заключается въ слѣдующемъ. Пусть C есть центръ земли, а NN'—земная ось (рис. 35). Выберемъ на земномъ шарѣ 2 мѣста A и A', лежащія на одномъ меридіанѣ $NAA'N'$, но по разныя стороны отъ экватора. Очевидно, что свѣтило L въ этихъ мѣстахъ кульминируетъ въ одно и то же время. Положимъ, что наблюдатели въ A и въ A' измѣряютъ во время кульминаціи свѣтила L его зенитныя разстоянія, т. е. углы LAZ и $LA'Z$, образуемыя лучами зрѣнія LA и LA' съ продолженными радіусами земли CA и CA'. Въ четыреугольникѣ $LACA'$ будутъ извѣстны внутренніе углы LAC и $LA'C$, а также уголъ ACA', такъ какъ онъ равенъ суммѣ географическихъ широтъ мѣстъ наблюденія A и A' (Введ., § 12 и § 13). A и A'. Такимъ образомъ въ четыреугольникѣ $ACA'L$ извѣстны двѣ стороны AC и $A'C$, какъ радіусы земли, и прилежащіе къ нимъ углы. Этого достаточно, чтобы при помощи тригонометрическихъ вычисленій или графическаго построенія, опредѣлить разсто-

нія AL и $A'L$ свѣтила L до мѣстъ наблюденія A и A', а также и разстояніе CL свѣтила отъ центра земли.

Этотъ способъ требуетъ, чтобы оба наблюдателя находились въ точности на одномъ и томъ-же меридіанѣ, такъ какъ иначе опредѣленія зенитныхъ разстояній свѣтила не могутъ быть одновременными, и, если свѣтило, кромѣ того, имѣетъ собственное движеніе, каковы, напр., луна или планеты, то приведеніе наблюденій къ одному общему моменту со всею необходимою точностью часто представляетъ большія затрудненія.

Впрочемъ, если свѣтило находится очень близко къ землѣ, какъ, напр., луна, то его параллаксъ можетъ быть опредѣленъ только однимъ наблюдателемъ. Когда луна L (рис. 34) кажется наблюдателю A восходящей, онъ ее видитъ на небесной сферѣ возлѣ звѣзды a; изъ центра же C земли онъ ее увидѣлъ бы возлѣ звѣзды c. Но такъ какъ наблюдатель не знаетъ той звѣзды c, возлѣ которой онъ увидѣлъ бы луну изъ центра земли, то для него дуга ac остается неизвѣстной; но черезъ нѣсколько часовъ, если мѣсто наблюденія A выбрано надлежащимъ образомъ, луна пройдетъ черезъ зенитъ Z того-же наблюдателя, и въ этомъ случаѣ обѣ линіи LA и LC совпадутъ одна съ другой и съ линіей CAZ. Такимъ образомъ, наблюдатель, находится ли онъ въ мѣстѣ наблюденія A или въ центрѣ земли C, въ этотъ моментъ долженъ видѣть луну около одной и той-же звѣзды c. Слѣдовательно, остается только измѣрить разстояніе этой звѣзды c отъ звѣзды a, чтобы получить искомый горизонтальный параллаксъ ac луны L. Еще лучше наблюдать луну при ея восходѣ и затѣмъ при ея закатѣ. Такимъ образомъ опредѣлится удвоенный горизонтальный параллаксъ, и небольшія ошибки наблюденій, совершенно избѣжать которыхъ невозможно, окажутъ меньшее вліяніе на окончательный результатъ.

Замѣтимъ, что, если свѣтило L' находится не на горизонтѣ наблюдателя A, а на нѣкоторой высотѣ LAL' (рис. 34), то уголъ $AL'C$, подъ которымъ изъ центра этого свѣтила усматривается радіусъ земли CA, называется параллаксомъ высоты свѣтила. Параллаксъ высоты тѣмъ меньше, чѣмъ больше высота LAL' свѣтила L' надъ горизонтомъ. Въ зенитѣ, когда высота 90^0, параллаксъ равенъ нулю.

§ 42. **Точность опредѣленія разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земли.** Разстояніе отъ свѣтила до центра земли опредѣляется тѣмъ точнѣе, чѣмъ больше параллаксъ свѣтила, или, что то-же самое, чѣмъ меньше это разстояніе. Изъ рисунка 34 мы видимъ, что для очень удаленнаго отъ земли свѣтила L линіи AL и $C'L$ дѣлаются почти совершенно параллельными. Въ такомъ случаѣ, вслѣдствіе незначительныхъ ошибокъ наблюденія, весьма сильно измѣняется положеніе точки пересѣченія этихъ линій, а, черезъ это, и самое разстояніе свѣтила L до земли. Такъ, напр., если горизонтальный параллаксъ луны измѣнить на $1''$, а именно вмѣсто $0^0 57' 0''$ принять $0^0 57' 1''$, то разстояніе отъ лупы до земли уменьшится съ 385100 километровъ до 385000 километровъ, т. е. приблизительно на $^1/_{4\,000}$-ую его часть. Напротивъ того, увеличеніе на $1''$ горизонтальнаго параллакса солнца, равнаго $8{,}85''$, влечетъ за собою измѣненіе разстоянія отъ солнца до земли съ 148,5 до 133,4 милліоновъ километровъ, т. е болѣе, чѣмъ на $^1/_{10}$ его часть!

Отсюда ясно, что съ уменьшеніемъ параллакса свѣтилъ, быстро уменьшается точность опредѣленія ихъ разстоянія до земли. Уголъ, равный $1''$, составляетъ $^1/_{1\,266\,000}$-ую часть окружности круга; это такая малая величина, которая съ достаточною точностью можетъ быть измѣрена только лучшими нашими инструментами, притомъ при благопріятныхъ обстоятельствахъ и при надлежащей осторожности наблюдателя.

Съ тѣхъ поръ, какъ мы имѣемъ возможность производить точныя измѣренія при помощи весьма хорошихъ инструментовъ, мы на многіе предметы стали смотрѣть иначе, чѣмъ прежде, когда мы должны были довольствоваться лишь впечатлѣніемъ нашихъ чувствъ. При помощи изготовляемыхъ нынѣшними механиками весьма совершенныхъ инструментовъ, снабженныхъ точно раздѣленными кругами и превосходными трубами, мы можемъ не

только разсматривать предметы, самаго существованія которыхъ наши предки даже не подозрѣвали, но и наблюдать ихъ въ настоящемъ смыслѣ этого слова, т. е. мы можемъ производить точныя измѣренія, на основаніи этихъ измѣреній съ большою увѣренностью строить наши дальнѣйшія заключенія и такимъ путемъ понемногу раскрывать тайны природы, которыя раньше были отъ насъ совершенно скрыты. Но какъ бы въ настоящее время ни были обширны наши знанія о природѣ и ея законахъ, знанія достигнутыя благодаря замѣчательному усовершенствованію инструментовъ, а также благодаря необыкновенному развитію математическаго анализа, этого могущественнаго пособія при изслѣдованіи природы, все же еще весьма большая часть этого необозримаго поля остается неизслѣдованной и скрытой отъ насъ во мракѣ. Нашимъ болѣе счастливымъ потомкамъ предстоитъ побѣдить непреодолимыя для насъ препятствія, расширить границы научныхъ завоеваній и своею энергіей и новыми усовершенствованіями вспомогательныхъ средствъ увеличить тотъ сравнительно небольшой запасъ знаній, который мы оставимъ имъ въ наслѣдство. Мы скоро увидимъ, что въ астрономіи уже сдѣлано, что остается еще сдѣлать, и дальше чего въ настоящее время мы не можемъ идти въ этой наукѣ, въ которой умъ человѣческій все же проникъ дальше, чѣмъ во всякой другой.

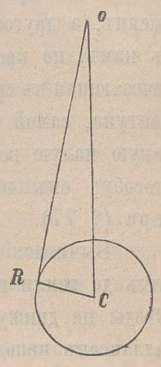


Рис. 36.

§ 43. **Опредѣленіе размѣровъ небесныхъ тѣлъ.** Если свѣтило представляется намъ въ видѣ круглаго диска, видимый діаметръ котораго доступенъ для измѣреній, то, зная разстояніе отъ свѣтила до земли, мы безъ труда опредѣлимъ также и размѣры этого свѣтила. При этомъ необходимо замѣтить, что видимымъ радіусомъ свѣтила называется тотъ уголъ COR (рис. 36), подъ которымъ глазу O представляется истинный радіусъ его CR. Обозначимъ видимый радіусъ свѣтила буквой H. Тогда изъ прямоугольнаго треугольника OCR получаемъ:

$$CR = CO \times Sin\ H.$$

Линія CO есть разстояніе отъ свѣтила до земли; на основаніи изложеннаго въ § 40 это разстояніе равно:

$$CO = \frac{6380}{Sin\ P} \text{ кил.},$$

гдѣ буквой P обозначенъ горизонтальный параллаксъ свѣтила. Поэтому имѣемъ:

$$CR = 6380\ \frac{Sin\ H}{Sin\ P} \text{ кил.}$$

Такъ какъ H и P суть весьма малые углы, то, по правиламъ тригонометріи, ихъ синусы можно замѣнить соотвѣтственными дугами. Слѣдовательно:

$$CR = 6380\ \frac{H}{P} \text{ кил.}$$

Такъ, напр., при среднемъ удаленіи земли отъ солнца, горизонтальный параллаксъ этого послѣдняго $P = 8{,}85''$, а видимый радіусъ $H = 16'2'' = 962''$. Поэтому истинный радіусъ солнца

$$CR = 6380 \times \frac{962}{8{,}85} = 6380 \times 108{,}7 = 693\,500 \text{ кил.}$$

Такимъ образомъ истинный радіусъ солнца въ 109 разъ больше радіуса земли. Такъ какъ поверхности двухъ шаровъ относятся какъ квадраты ихъ радіусовъ, а объемы какъ кубы, то поверхность солнца въ 11820 разъ больше поверхности земли, а его объемъ въ 1 284 000 разъ превосходитъ объемъ послѣдней. Это значитъ, что изъ солнца можно сдѣлать болѣе чѣмъ $1^1/_4$ милліоновъ такихъ шаровъ, какъ наша земля.

Сдѣлаемъ подобныя же вычисленія для луны. При среднемъ удаленіи луны отъ земли ея горизонтальный параллаксъ $P = 57' = 3420''$, а видимый радіусъ $H = 15'33'' = 933''$. Поэтому истинный радіусъ луны

$$CR = 6380 \times \frac{933}{3420} = 0{,}273 \times 6380 = 1740 \text{ кил.}$$

Слѣдовательно, истинный радіусъ луны приблизительно въ 4 раза меньше радіуса земли, поверхность луны въ 13 разъ, а объемъ въ 49 разъ меньше поверхности и объема земли.

§ 44. **Годичный параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ.** Выше (§ 41) мы изложили способъ опредѣленія параллакса какого-нибудь свѣтила изъ наблюденій и вычислили разстоянія отъ луны и солнца до земли. Хотя одно изъ этихъ тѣлъ удалено отъ насъ на сотни тысячъ, а другое даже на милліоны километровъ, все же они находятся сравнительно близко къ намъ, по крайней мѣрѣ на столько близко, что радіусъ нашей земли не есть величина, исчезающая въ сравненіи съ разстояніями отъ этихъ тѣлъ до земли. Горизонтальный параллаксъ Нептуна, самой далекой планеты нашей солнечной системы, составляетъ всего только $0{,}3''$. Такую малую величину мы не можемъ опредѣлить изъ наблюденій по вышеописанному способу; онъ полученъ при помощи вычисленій на основаніи третьяго закона Кеплера (§ 77).

Вычисленіе же параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ, а слѣдовательно и разстояній отъ нихъ до земли на основаніи подобныхъ теоретическихъ соображеній невозможно, такъ какъ звѣзды не движутся подобно планетамъ около земли. Точно также попытки опредѣленія параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ изъ наблюденій при помощи одного изъ выше описанныхъ способовъ не привели бы ни къ какому результату. Мы уже сказали, что такимъ путемъ не можетъ быть опредѣленъ даже параллаксъ Нептуна, а между тѣмъ весьма многія обстоятельства приводятъ насъ къ заключенію, что неподвижныя звѣзды удалены отъ насъ еще дальше, чѣмъ Нептунъ.

Выше (§ 42) мы видѣли, что въ способахъ опредѣленія параллаксовъ важную роль играетъ такъ называемый базисъ, и что чѣмъ длиннѣе этотъ послѣдній, тѣмъ точнѣе получается окончательный результатъ. На земномъ шарѣ наибольшій базисъ, которымъ мы можемъ воспользоваться, есть его діаметръ, равный 12760 километрамъ и въ 10 разъ превосходящій разстояніе отъ Вѣны до Парижа. Но и такой большой базисъ представляется совершенно исчезающей величиной въ сравненіи съ разстояніями отъ неподвижныхъ звѣздъ до земли. Пока не будетъ найденъ какой-нибудь другой базисъ, превосходящій по длинѣ земной діаметръ, до тѣхъ поръ мы не можемъ опредѣлить разстояній звѣздъ до земли. Звѣзда, находящаяся отъ насъ въ разстояніи билліона километровъ, должна имѣть параллаксъ, равный $0{,}001''$. Это такая малая величина, которую человѣческій глазъ никогда не въ состояніи замѣтить, не смотря на возможныя съ теченіемъ времени усовершенствованія нашихъ инструментовъ.

На основаніи доводовъ, приведенныхъ въ предыдущей главѣ, годовое движеніе земли около солнца представляется намъ въ высшей степени вѣроятнымъ. Но если земля въ дѣйствительности совершаетъ движеніе около солнца, то, благодаря этому движенію, мы, не только можемъ имѣть базисъ бо́льшей длины, чѣмъ земной діаметръ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, является возможность блестящимъ образомъ доказать самое движеніе земли. Въ самомъ дѣлѣ, если земля въ теченіе года совершаетъ свое движеніе около солнца по кругу, радіусъ котораго равенъ 150 милліонамъ километровъ, то въ два момента, отдѣленные другъ отъ друга полугодовымъ промежуткомъ времени, мы, вмѣстѣ съ нашимъ міровымъ кораблемъ—землей, должны находиться на различныхъ концахъ одного и того-же діаметра, т. е. въ двухъ точкахъ небеснаго пространства, отстоящихъ другъ отъ друга на 300 милліоновъ километровъ. Наблюдая однѣ и тѣ-же звѣзды съ различныхъ концовъ такого огромнаго базиса, мы уже можемъ замѣтить нѣкоторыя измѣненія въ ихъ положеніяхъ на небесной сферѣ. Такимъ образомъ, при опредѣленіи размѣровъ небеснаго простанства мы пользуемся новой единицей длины, которая въ 24 000 разъ больше земного діаметра. Съ тѣхъ далекихъ свѣтилъ, съ которыхъ радіусъ земли представляется совсѣмъ незамѣтной точкой, эта новая единица длины,

т. е. радіусъ пути, описываемаго землей около солнца, должна усматриваться уже подъ нѣкоторымъ угломъ, хотя и очень малымъ, но все-же доступнымъ для измѣренія нашими инструментами.

Со временъ Коперника, т. е. съ тѣхъ поръ, какъ стало извѣстно движеніе земли, астрономы прилагали старанія, чтобы открыть вышеупомянутыя измѣненія въ положеніи неподвижныхъ звѣздъ на небесной сферѣ и чтобы такимъ образомъ поставить внѣ всякаго сомнѣнія движеніе земли. Несмотря, однако, на всѣ старанія, въ теченіе долгаго времени не могли напасть ни на какіе слѣды такихъ измѣненій. Превосходныя астрономическія трубы, самые совершенные инструменты, усилія многихъ выдающихся астрономовъ—все это долгое время не приводило ни къ какимъ результатамъ. Тѣхъ измѣненій, которыя астрономы надѣялись открыть, повидимому, не существовало: вся небесная сфера съ безчисленнымъ множествомъ звѣздъ имѣла одинъ и тотъ же видъ, съ какого бы конца огромнаго базиса, въ 300 милліоновъ километровъ длиною, мы на нее ни смотрѣли. Всѣ эти попытки астрономовъ, потратившихъ на нихъ массу времени и труда, уподобились безплоднымъ стараніямъ маленькаго червячка, разсматривающаго вершину далекой горы сначала съ одного, а потомъ съ другого конца зернышка проса, на которомъ онъ живетъ.

Къ какимъ же заключеніямъ должны были привести эти неудачныя попытки? Къ одному изъ двухъ: или что земля не движется около солнца, и тогда не можетъ быть и рѣчи о вышеупомянутыхъ измѣненіяхъ въ положеніи звѣздъ на небесной сферѣ; или что звѣзды находятся на такихъ огромныхъ разстояніяхъ отъ насъ, въ сравненіи съ которыми базисъ въ 300 милліоновъ километровъ длиной есть не болѣе, какъ ничтожная точка.

Въ слѣдующей главѣ мы увидимъ, что Брадлей еще въ серединѣ XVIII столѣтія, стараясь при помощи наблюденій открыть параллаксы неподвижныхъ звѣздъ, напалъ на совершенно другое, но тоже непосредственное доказательство движенія земли. Слѣдовательно, принять первое изъ вышеуказанныхъ заключеній было невозможно и оставалось допустить, что разстоянія отъ звѣздъ до земли безконечно велики. Въ серединѣ прошлаго столѣтія, между 1835 и 1840 годами, когда многіе уже начали сомнѣваться въ успѣхѣ новѣйшихъ попытокъ опредѣленія разстояній отъ звѣздъ до земли, почти одновременно Бессель въ Кенигсбергѣ, В. Струве въ Пулковѣ и Гендерсонъ на мысѣ Доброй Надежды опредѣлили параллаксы трехъ различныхъ звѣздъ. За этими первыми опредѣленіями послѣдовалъ рядъ другихъ, такъ что теперь намъ съ большею или меньшею точностью извѣстны параллаксы болѣе чѣмъ 20 неподвижныхъ звѣздъ. Болѣе подробное разсмотрѣніе въ высшей степени интересныхъ изслѣдованій относительно строенія и размѣровъ вселенной мы отложимъ до главы XV второй части, теперь же замѣтимъ только, что тотъ уголъ, подъ которымъ съ какой-нибудь звѣзды усматривается радіусъ пути, описываемаго землей около солнца, называется годичнымъ параллаксомъ звѣзды.

ГЛАВА VI.

Аберрація неподвижныхъ звѣздъ.

§ 45. **Первыя, сюда относящіяся явленія.** Въ концѣ предыдущей главы мы уже упомянули о наблюденіяхъ, которыя Джемсъ Брадлей произвелъ съ цѣлію изслѣдованія параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ. Онъ началъ ихъ въ концѣ 1725 года въ мѣстечкѣ Кью совмѣсто съ Самуиломъ Молинё. Особенное вниманіе въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ наблюдатели обращали на звѣзду γ Draconis, которая для этого города проходитъ черезъ меридіанъ недалеко отъ зенита. При этомъ Брадлей пользовался превосходнымъ

зенитнымъ секторомъ работы Грахама. При помощи этого инструмента онъ замѣтилъ періодическія измѣненія въ положеніи звѣзды на небѣ, періодъ которыхъ равнялся одному году. Мы знаемъ, что вслѣдствіе годичнаго параллакса, если только онъ, вообще, существуетъ, звѣзда должна также въ теченіе года періодически измѣнять свое положеніе на небесной сферѣ. Поэтому Брадлей сначала полагалъ, что онъ открылъ наконецъ параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ. Однако болѣе подробное изслѣдованіе замѣченныхъ имъ годичныхъ измѣненій въ положеніи звѣзды γ Draconis вскорѣ заставило его отказаться отъ этого предположенія.

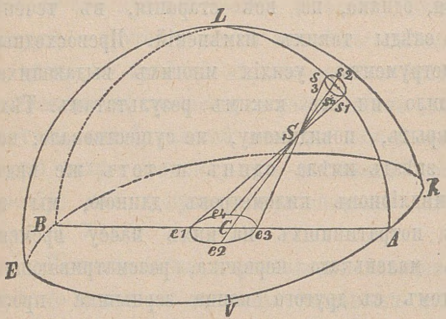


Рис. 37.

Если долгота (Введ., § 11) звѣзды въ какой-нибудь моментъ равна долготѣ солнца, то астрономы говорятъ, что звѣзда находится въ соединеніи съ солнцемъ. Если ихъ долготы различаются на 180°, то говорятъ, что звѣзда находится въ противостояніи съ солнцемъ. Наконецъ, если разность долготъ звѣзды и солнца составляетъ 90°, то говорятъ, что звѣзда находится въ квадратурѣ съ солнцемъ. Соединеніе и противостояніе звѣзды съ солнцемъ называются также сизигіями.

Замѣченныя Брадлеемъ измѣненія въ положеніи звѣзды γ Draconis выражались слѣдующимъ образомъ. Долгота этой звѣзды въ ея соединеніи съ солнцемъ была наименьшая, въ противостояніи наибольшая, а въ обѣихъ квадратурахъ равнялась своему среднему значенію. Широта же ея въ квадратурахъ достигала наибольшей и наименьшей величины, а въ обѣихъ сизигіяхъ равнялась своему среднему значенію. Такому же закону слѣдовали годичныя измѣненія въ положеніи другихъ звѣздъ, которыя Брадлей наблюдалъ своимъ секторомъ вмѣстѣ со звѣздою γ Draconis. Но приэтомъ ему бросилось въ глаза, что разность между наибольшимъ и наименьшимъ значеніемъ долготы для всѣхъ звѣздъ была одинакова и составляла 40,9″, между тѣмъ какъ годичныя измѣненія въ широтѣ звѣздъ уменьшались по мѣрѣ приближенія звѣзды къ эклиптикѣ и, наконецъ, для звѣздъ, лежащихъ на окружности эклиптики, широты оставались неизмѣнными въ теченіе цѣлаго года.

Легко показать, что эти измѣненія не могутъ быть слѣдствіемъ годичнаго параллакса звѣзды. Въ самомъ дѣлѣ, посмотримъ какому закону должны слѣдовать измѣненія, обусловливаемыя параллаксомъ.

Проведемъ прямыя линіи черезъ звѣзду S и черезъ различныя положенія земли на ея пути $e_1e_2e_3e_4$ (рис. 37). Эти прямыя линіи образуютъ поверхность конуса, основаніемъ которому служитъ путь земли $e_1e_2e_3e_4$ и вершина котораго совпадаетъ со звѣздою S. Продолжимъ всѣ эти линіи по другую сторону отъ звѣзды до пересѣченія съ поверхностью небесной сферы EKL. Кривая линія, проходящая черезъ всѣ полученныя такимъ образомъ точки пересѣченія, есть эллиптическая кривая $s_1s_2s_3s_4$. На ней находятся всѣ тѣ положенія звѣзды, въ которыхъ мы усматриваемъ ее съ земли въ различные моменты въ теченіе года. Съ солнца же мы видѣли бы ее постоянно въ одномъ и томъ-же мѣстѣ небесной сферы, именно въ центрѣ эллипса $s_1s_2s_3s_4$, т. е., въ той точкѣ, въ которой поверхность небесной сферы пересѣкается линіей, проходящей черезъ солнце C и вершину S вышеупомянутаго конуса. Изъ этого простого построенія тотчасъ слѣдуетъ, что звѣзду S мы усматриваемъ на эллипсѣ $s_1s_2s_3s_4$ относительно ея средняго мѣста, т. е. относительно центра эллипса, всегда въ сторонѣ, противоположной той, которую занимаетъ земля на своемъ пути $e_1e_2e_3e_4$ относительно солнца C. Если земля находится въ e_1, то звѣзду мы усматриваемъ въ s_1, и въ этомъ положеніи широта звѣзды, очевидно, наименьшая. Въ

самомъ дѣлѣ, $EBKA$ представляетъ эклиптику и $Ł$—полюсъ эклиптики; поэтому кругъ $AŁB$ есть кругъ широтъ, и очевидно, что s_1 есть та точка эллипса $s_1s_2s_3s_4$, которая лежитъ ближе всего къ эклиптикѣ и въ которой, слѣдовательно, широта звѣзды наименьшая. Въ тотъ моментъ, когда земля занимаетъ на своемъ пути положеніе e_1, звѣзда находится въ соединеніи съ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, въ этотъ моментъ солнце усматривается съ земли въ точкѣ A небесной сферы. Слѣдовательно, если буква V обозначаетъ точку весенняго равноденствія, то долгота солнца представляется дугой VA; но эта-же самая дуга выражаетъ также и долготу звѣзды. Точно также, когда земля занимаетъ положеніе e_3, звѣзда находится въ противостояніи съ солнцемъ, и въ этотъ моментъ широта звѣзды достигаетъ своего наибольшаго значенія. Долгота звѣзды въ обоихъ этихъ положеніяхъ земли равняется своему среднему значенію. Когда земля занимаетъ промежуточныя положенія e_2 и e_4, звѣзда находится въ квадратурахъ съ солнцемъ. Для перваго изъ этихъ положеній земли долгота звѣзды достигаетъ наибольшей величины, для второго—наименьшей; широта въ обоихъ случаяхъ равняется своему среднему значенію. Словомъ, долгота каждой звѣзды, вслѣдствіе зависящихъ отъ параллакса перемѣщеній звѣзды на небесной сферѣ, въ сизигіяхъ равняется своему среднему значенію, а въ квадратурахъ дѣлается наибольшей или наименьшей. Широта, наоборотъ, въ квадратурахъ равняется своему среднему значенію, въ соединеніи дѣлается наименьшей, а въ противостояніи наибольшей. Замѣченныя же Брадлеемъ измѣненія въ положеніи звѣздъ были совсѣмъ противоположны только что описаннымъ и были названы имъ аберраціей неподвижныхъ звѣздъ.

Такъ какъ вслѣдствіе аберраціи: 1) измѣняются положенія всѣхъ звѣздъ безъ исключенія, 2) измѣненія широтъ звѣздъ обусловливаются вполнѣ положеніемъ звѣзды относительно эклиптики и, наконецъ, 3) измѣненія какъ долготъ, такъ и широтъ имѣютъ періодическій характеръ, причемъ періодъ этихъ измѣненій равенъ году, т. е. тому промежутку времени, въ теченіе котораго земля совершаетъ полный оборотъ около солнца, то не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что эти перемѣщенія звѣздъ суть только кажущіяся, и что причину ихъ надо искать въ движеніи земли около солнца.

Прежде чѣмъ дать истинное объясненіе аберраціи неподвижныхъ звѣздъ, мы сначала должны познакомить читателя съ опредѣленіемъ скорости свѣта.

§ 46. **Опредѣленіе скорости свѣта.** Среди планетъ, которыя, подобно землѣ, совершаютъ движеніе около солнца, наибольшее значеніе имѣетъ Юпитеръ, какъ по своимъ размѣрамъ, такъ и по тому, что онъ окруженъ 5-ю спутниками, изъ которыхъ 4 даже въ небольшія трубы представляются достаточно яркими звѣздочками. Эти четыре спутника были открыты тотчасъ послѣ изобрѣтенія астрономической трубы, и это открытіе составляетъ одну изъ самыхъ интересныхъ эпохъ въ исторіи астрономіи. Эти 4 спутника, совершая свое движеніе около Юпитера, почти каждую ночь вступаютъ въ тѣнь, отбрасываемую огромнымъ тѣломъ планеты въ сторону, противоположную солнцу. Такимъ образомъ съ поверхности Юпитера можно было-бы весьма часто любоваться затмѣніемъ его лунъ; но эти затмѣнія можно наблюдать и съ земли, пользуясь астрономическими трубами.

Еще Галилей замѣтилъ, что наблюденія этихъ затмѣній даютъ возможность опредѣлять географическую долготу какого-нибудь мѣста на земной поверхности и такимъ образомъ, имѣютъ весьма важное значеніе для мореплаванія и, вообще, для математической географіи. Далѣе, въ наблюдаемыхъ движеніяхъ спутниковъ Юпитера около этой планеты мы съ полнымъ правомъ можемъ видѣть прекрасное подтвержденіе справедливости новѣйшаго представленія о системѣ міра, представленія,начало которому положено Коперникомъ. Юпитеръ со своими спутниками представляетъ, такъ сказать, отдѣльную систему въ небесномъ пространствѣ. Въ этой системѣ, какъ въ зеркалѣ, мы видимъ вѣрное изображеніе всей нашей солнечной системы. Вышеупомянутый третій законъ Кеплера, на основаніи котораго по извѣстнымъ временамъ обращенія планетъ около солнца могутъ быть вычислены ихъ раз-

стоянія до центральнаго свѣтила, примѣнимъ также и къ спутникамъ Юпитера. Нашъ интересъ къ Юпитеру съ его спутниками еще болѣе увеличивается тѣмъ, что наблюденія надъ этой системой даютъ возможность опредѣлить скорость свѣта.

Чтобы вышеупомянутыми затмѣніями спутниковъ Юпитера воспользоваться для опредѣленія географическихъ долготъ, необходимо было на основаніи многочисленныхъ наблюденій вывести времена обращеній спутниковъ около планеты и затѣмъ уже можно было вычислить напередъ тѣ моменты, въ которые должны произойти затмѣнія спутниковъ. Въ 1675 году, за 50 лѣтъ до открытія Брадлеемъ аберраціи, датскій астрономъ Олафъ Рёмеръ замѣтилъ, что въ то время, когда Юпитеръ находится въ квадратурахъ съ солнцемъ, вычисленные моменты затмѣній его спутниковъ весьма хорошо согласуются съ наблюдаемыми, въ сизигіяхъ же между вычисленіями и наблюденіями получается значительное разногласіе. Именно, онъ замѣтилъ, что въ оппозиціи Юпитера затмѣніе наблюдается приблизительно на $8^1/_4$ минутъ раньше, а въ соединеніи на столько-же позже вычисленнаго момента. Если J (рис. 38) есть Юпитеръ, а S— солнце, то во время оппозиціи Юпитера земля находится въ A, а во время соединенія въ B. Въ послѣднемъ случаѣ земля отстоитъ отъ Юпитера дальше, чѣмъ въ первомъ, и разность разстояній равна діаметру AB круга, описываемаго землей около солнца. Этого было для Ремера достаточно, чтобы объяснить, почему затмѣнія спутниковъ Юпитера иногда случаются раньше, а иногда запаздываютъ, сравнительно съ вычисленіями.

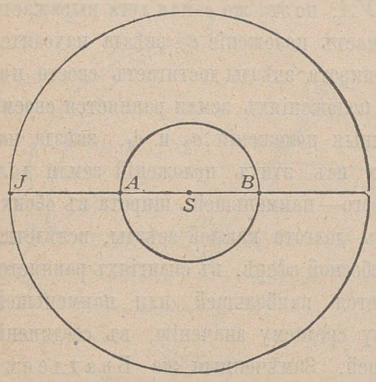


Рис. 38.

Во время соединенія Юпитеръ отстоитъ отъ насъ на 300 милліоновъ километровъ дальше, чѣмъ во время противостояній. Почему же мы въ первомъ случаѣ наблюдаемъ затмѣнія на $16^1/_2$ минутъ позже, чѣмъ во второмъ? Очевидно по тому, что свѣтъ, этотъ вѣстникъ, приносящій намъ свѣдѣнія о затмѣніяхъ, долженъ въ первомъ случаѣ пройти бо́льшій путь, чтобы достичь земли, чѣмъ во второмъ.

Слѣдовательно, свѣтъ нѣкоторое опредѣленное разстояніе проходитъ въ опредѣленный промежутокъ времени. Діаметръ земного пути, равный 300 милліонамъ километровъ, онъ пробѣгаетъ въ $16^m\ 36^s$, а, слѣдовательно, въ одну секунду онъ проходитъ 300 000 километровъ.

Эта скорость несравненно больше всѣхъ хорошо извѣстныхъ намъ скоростей, и нѣкоторые читатели по первому впечатлѣнію могутъ, пожалуй, усомниться въ справедливости этого результата. Мы видѣли раньше, что иногда небесныя явленія могутъ быть одинаково хорошо объяснены двумя различными гипотезами, и что на первый взглядъ не легко рѣшить, которая изъ этихъ двухъ гипотезъ истинная. Поэтому запаздываніе затмѣній спутниковъ Юпитера, быть-можетъ, зависитъ также отъ какой-нибудь другой причины. Этотъ вопросъ, однако, легко можетъ быть разрѣшенъ.

За нѣсколько столѣтій раньше чѣмъ Рёмеръ обратилъ вниманіе астрономовъ на запаздываніе затмѣній спутниковъ Юпитера, уже дѣлались попытки опредѣлить скорость свѣта путемъ опыта, но эти попытки не привели ни къ какому опредѣленному результату. Во всякомъ случаѣ изъ произведенныхъ опытовъ можно было заключить, что скорость свѣта очень велика и что она во много разъ превосходитъ всѣ извѣстныя намъ скорости, не исключая также скорости пушечнаго ядра и скорости звука. Физики полагали даже, что скорость свѣта безконечно велика, иначе говоря, что свѣтъ пробѣгаетъ огромнѣйшія разстоянія въ неизмѣримо короткіе промежутки времени, такъ сказать, въ одинъ мигъ. Въ подобныхъ опытахъ дѣло сводится къ измѣренію нѣкотораго разстоянія, сравнительно не-

большого, примѣрно въ километръ, и къ опредѣленію того чрезвычайно малаго промежутка времени, въ теченіе котораго свѣтъ пробѣгаетъ это разстояніе. Но такъ какъ вслѣдствіе несовершенства нашихъ чувствъ мы не можемъ непосредственно воспринимать очень короткіе промежутки времени, то для опредѣленія этихъ промежутковъ необходимо было воспользоваться какимъ-нибудь особеннымъ приспособленіемъ. Весьма остроумное приспособленіе придумалъ Физо въ Парижѣ въ 1849 году. Онъ получилъ помощью своего прибора для скорости свѣта величину весьма близкую къ той, которая выводится изъ астрономическихъ наблюденій. Физо установилъ двѣ зрительныя трубы AB и $A'B'$ (рис. 39) такъ, чтобы черезъ одну изъ нихъ можно было ясно видѣть другую. Между фокусомъ и окуляромъ O трубы AB была установлена, подъ угломъ въ 45^0 къ оптической оси трубы, совершенно прозрачная стеклянная пластинка gg'. Лучи свѣта, идущіе отъ лампы L, проходятъ черезъ маленькое отверстіе g' въ окулярномъ концѣ трубы, падаютъ на пластинку gg', отъ нея отражаются къ объективу B и затѣмъ направляются дальше къ трубѣ $A'B'$. Въ фокусѣ B' этой второй трубы помѣщено зеркало, плоскость котораго перпендикулярна къ оптической оси трубы. Лучи свѣта, дойдя до этого зеркала, снова отражаются отъ него къ пластинкѣ gg' и, пройдя черезъ эту послѣднюю, достигаютъ глаза наблюдателя O. Вблизи трубы AB, нѣсколько въ сторонѣ отъ нея, установленъ круглый дискъ DD, снабженный на своей окружности зубцами. Этотъ дискъ, при помощи особаго механизма, можно приводить въ весьма быстрое вращеніе около линіи C, параллельной оптической оси трубы. Соотвѣтственная вырѣзка въ трубѣ AB дѣлаетъ это вращеніе возможнымъ. Устройство этой части прибора яснѣе видно на рис. 40, представляющемъ сѣченіе диска DD плоскостью, перпендикулярною къ оптической оси трубы. Двойной кругъ mm' есть сѣченіе трубы AB, а маленькій кружечекъ, находящійся между зубцами α и β и концентрическій съ кругомъ mm', представляетъ сѣченіе пучка лучей свѣта, отраженнаго отъ пластинки gg'. Дискъ DD, при вращеніи, долженъ, очевидно, пересѣкать этотъ пучекъ лучей свѣта своими зубцами. Положимъ, что дискъ DD вращается въ смыслѣ, указанномъ стрѣлкой. Пучокъ свѣта можетъ достигнуть второй трубы $A'B'$ только тогда, когда онъ проходитъ черезъ промежутки между зубцами диска DD. Разсмотримъ одинъ такой пучокъ свѣта, прошедшій между зубцами α и β. Если въ тотъ промежутокъ времени, въ который свѣтъ достигаетъ второй трубы $A'B'$ и снова возвращается къ диску DD, этотъ послѣдній повернется на столько, что зубецъ β будетъ находиться какъ разъ на пути пучка свѣта, то свѣтъ, при своемъ возвращеніи отъ трубы $A'B'$, задержится этимъ зубцомъ и въ глазъ наблюдателя не попадетъ. Если дискъ DD вращается вдвое быстрѣе, то, при возвращеніи пучка свѣта отъ трубы $A'B'$, на его пути будетъ, очевидно, находиться промежутокъ между зубцами β и γ, и свѣтъ безпрепятственно достигнетъ глаза наблюдателя. Точно также, если дискъ вращается втрое скорѣе, свѣтъ задержится зубцомъ γ и т. д.

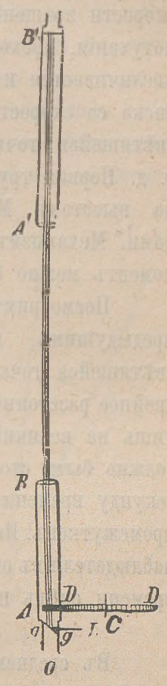


Рис. 39.

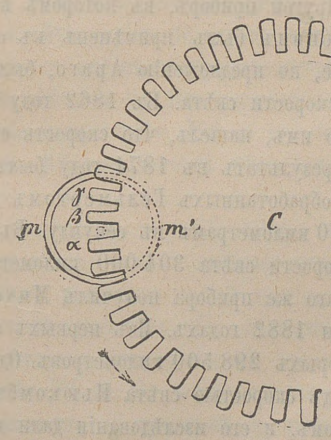


Рис. 40.

Такимъ образомъ ясно, что, сообразно съ различными скоростями вращенія диска DD, свѣтъ то попадаетъ въ глазъ наблюдателя O, то задерживается зубцами диска. Если

мы опредѣлимъ скорость вращенія диска для тѣхъ случаевъ, когда наблюдается или наибольшая сила свѣта или совершенное потуханіе его, то, зная разстояніе между трубами AB и $A'B'$, мы можемъ вычислить скорость свѣта. Этотъ опытъ вполнѣ удается въ томъ случаѣ, когда трубы установлены на значительномъ разстояніи другъ отъ друга. Смотря въ окуляръ O трубы AB, мы видимъ свѣтлую точку, яркость которой, при возрастающей скорости вращенія диска DD, уменьшается отъ наибольшей своей величины до полнаго потуханія, проходя при этомъ черезъ всѣ промежуточныя степени; затѣмъ она снова увеличивается и т. д. При опытахъ Физо первое потуханіе наблюдалось при вращеніи диска со скоростью 12,5 оборотовъ въ секунду, при двойной скорости вращенія блескъ свѣтящейся точки снова былъ наибольшій, при тройной замѣчалось опять потуханіе и т. д. Первая труба была установлена на терассѣ одного дома въ мѣстечкѣ Сюренъ, другая—на высотахъ Монмартра, въ разстояніи 8633 метровъ. Дискъ былъ снабженъ 720 зубцами. Механизмъ, приводившій этотъ дискъ во вращеніе, былъ устроенъ такъ, что во всякій моментъ можно было сдѣлать отсчетъ, опредѣляющій скорость вращенія.

Посмотримъ же, какъ изъ данныхъ опыта вычислить скорость свѣта. Сообразно съ предыдущимъ, при вращеніи диска со скоростью 25 оборотовъ въ секунду блескъ свѣтящейся точки былъ наибольшій. Слѣдовательно, въ то время какъ свѣтъ пробѣгалъ двойное разстояніе между трубами AB и $A'B'$, т. е. 17,3 километра, дискъ DD поворачивался лишь на величину одного промежутка между зубцами. Промежутковъ между зубцами диска должно быть столько же, сколько самихъ зубцовъ, т. е. 720. Слѣдовательно, въ одну секунду времени въ трубѣ передъ глазомъ наблюдателя должно пройти $25 \times 720 = 18000$ промежутковъ. Иначе говоря, продолжительность прохожденія одного промежутка передъ глазомъ наблюдателя въ опытѣ Физо составляла только $^1/_{18000}$ секунды! Въ такой короткій промежутокъ времени свѣтъ пробѣгалъ 17,3 километра. Поэтому скорость свѣта въ одну секунду равна

$$17{,}3 \times 18\,000 = 311\,400 \text{ кил.}$$

Въ среднемъ изъ 28 подобныхъ опытовъ Физо получилъ скорость свѣта равною 316 000 километровъ. Этотъ результатъ нѣсколько великъ, и на него слѣдуетъ смотрѣть лишь какъ на первое, составляющее въ наукѣ, такъ сказать, эпоху, указаніе возможности опредѣлить скорость свѣта изъ физическихъ опытовъ. Въ 1881 году Юнгъ и Форбесъ снова опредѣлили скорость свѣта по этому способу; по ихъ опредѣленіямъ она получилась равною 301380 километрамъ въ секунду.

Другой приборъ, въ которомъ въ быстрое вращеніе приводится зеркало, и который Уитстономъ былъ примѣненъ къ опредѣленію скорости распространенія электричества, впервые, по предложенію Араго, былъ построенъ Физо и Брегетомъ съ цѣлью опредѣленія скорости свѣта. Въ 1862 году Фуко при помощи этого прибора, усовершенствованнаго имъ, нашелъ, что скорость свѣта составляетъ 298 000 километровъ въ секунду. Этотъ результатъ въ 1874 году былъ подтвержденъ наблюденіями Корню. Изъ его наблюденій, обработанныхъ Гельмертомъ и Листингомъ, скорость свѣта получилась равной 299 990 километрамъ въ секунду. Въ 1878 году Корню повторилъ свои опыты и нашелъ для скорости свѣта 304 000 километровъ. Еще болѣе точные результаты при помощи подобнаго же прибора получилъ Михельсонъ. Опыты свои онъ произвелъ два раза—въ 1879 и 1882 годахъ. Изъ первыхъ опытовъ онъ для скорости свѣта получилъ 299 940, изъ вторыхъ 298 500 километровъ. Одновременно съ Михельсономъ производилъ изслѣдованія надъ скоростью свѣта Ньюкомбъ; онъ пользовался еще болѣе усовершенствованнымъ приборомъ, и его изслѣдованія дали для скорости свѣта 299 860 километровъ въ секунду съ ошибкою, не превышающею 30 кил. Изъ предыдущаго ясно, что круглымъ числомъ мы можемъ принять для скорости свѣта величину 300 000 километровъ въ секунду.

Интересно сравнить эту скорость съ другими извѣстными намъ скоростями. На кораблѣ, дѣлающемъ 530 километровъ въ сутки, мы могли бы проѣхать разстояніе, равное

діаметру земного пути, только въ 1550 лѣтъ. Чтобы тоже самое разстояніе проѣхать на желѣзнодорожномъ поѣздѣ, двигающемся со скоростью 90 километровъ въ часъ, потребовалось бы 380 лѣтъ. Звукъ, пробѣгающій 330,5 метровъ въ секунду, достигъ бы до насъ съ такого разстоянія въ 29 лѣтъ. Свѣтъ же проходитъ это огромное разстояніе, равное 300 милліонамъ километровъ, всего только въ $16^1/_2$ минутъ, т. е. немного болѣе, чѣмъ въ четверть часа.—Двигаясь на поверхности земли по окружности большого круга, длина которой равна 40000 километровъ, мореплаватель, дѣлающій 75 километровъ въ сутки, совершилъ бы такъ называемое кругосвѣтное путешествіе въ 530 дней, т. е. почти въ $1^1/_2$ года. Звукъ требуетъ для прохожденія этого разстоянія 1,4 дня, и, наконецъ, свѣтъ пробѣгаетъ его въ $^1/_8$-ую долю секунды. Слѣдовательно, въ секунду свѣтъ пробѣгаетъ разстояніе, которое въ 8 разъ превосходитъ длину окружности большого круга на поверхности земли. И все же, несмотря на такую невѣроятную скорость, свѣтъ отъ ближайшей къ намъ неподвижной звѣзды доходитъ до насъ не менѣе, какъ въ четыре года!

Обратимся снова къ аберраціи неподвижныхъ звѣздъ и посмотримъ, какое отношеніе имѣетъ къ ней скорость свѣта.

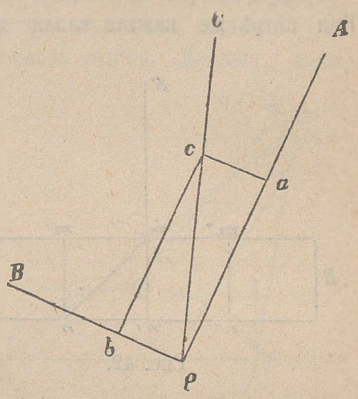


Рис. 41.

§ 47. **Сложеніе и разложеніе скоростей.** Если на какое-нибудь тѣло P дѣйствуютъ двѣ опредѣленныя силы Pa и Pb (рис. 41), направленія которыхъ составляютъ между собою нѣкоторый уголъ APB, то, по основнымъ законамъ механики, дѣйствія этихъ двухъ силъ могутъ быть замѣнены дѣйствіемъ одной силы Pc, представляющей собою какъ по величинѣ, такъ и по направленію діагональ параллелограма, стороны котораго Pa и Pb выражаютъ длину и направленіе силъ Pa и Pb. Эти послѣднія силы называются составляющими, сила же Pc носитъ названіе равнодѣйствующей. Извѣстно что дѣйствіе силъ на какое-нибудь тѣло измѣряется длиною пути, который оно проходитъ подъ вліяніемъ этихъ силъ въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, или скоростью, съ которою подъ ихъ вліяніемъ тѣло движется. Поэтому, если возможно сложеніе и разложеніе силъ, то точно также возможно сложеніе и разложеніе скоростей. Такимъ образомъ, если тѣло P въ силу какихъ-нибудь причинъ должно въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени пройти заразъ по одному направленію путь Pa, а по другому путь Pb, то, въ дѣйствительности, оно въ этотъ промежутокъ пройдетъ путь Pc. Иначе говоря, если тѣло, вслѣдствіе дѣйствія на него различныхъ силъ, должно совершать одновременно два движенія, одно по направленію PA со скоростью Pa и другое по направленію PB со скоростью Pb, то въ дѣйствительности тѣло будетъ двигаться по направленію PC со скоростью Pc.

Обратно, всякая данная сила Pc можетъ быть разложена на двѣ другія силы Pa и Pb, дѣйствіе которыхъ произведетъ такой же результатъ, какъ и дѣйствіе одной силы Pc. Совершенно также данная скорость Pc можетъ быть разложена на двѣ другія скорости Pa и Pb. При разложеніи силъ или скоростей данная величина Pc принимается за діагональ параллелограмма, и на этой діагонали Pc строится произвольный треугольникъ Pac; по другую сторону діагонали Pc проводятся линіи Pb и cb, параллельныя соотвѣтственно линіямъ ca и Pa. Линіи Pa и Pb представляютъ, по величинѣ и направленію, искомыя силы или скорости, на которыя данная сила или скорость Pc можетъ быть разложена. Изъ всѣхъ треугольниковъ Pca, которые могутъ быть построены на данномъ базисѣ Pc, самымъ простымъ является треугольникъ, прямоугольный при a. Въ этомъ простѣйшемъ случаѣ направленія составляющихъ силъ или скоростей Pa и Pb взаимно пер-

пендикулярны. Обозначая величину равнодѣйствующей силы, направленіе которой совпадаетъ съ направленіемъ діагонали Pc четыреугольника $Pabc$, буквой r, величины составляющихъ силъ Pa и Pb—буквами x и y и уголъ aPc буквой α, получаемъ въ этомъ частномъ случаѣ слѣдующія простыя соотношенія:

$$r^2=x^2+y^2,\ y=x\mathrm{tg}\alpha,$$

пользуясь которыми мы по даннымъ величинамъ x и y можемъ безъ всякаго труда вычислить какъ величину равнодѣйствующей силы r, такъ и уголъ α, составляемый ея направленіемъ съ направленіемъ силы Pa.

Вышеизложенный законъ сложенія и разложенія силъ и скоростей имѣетъ весьма важное значеніе въ механикѣ. Мы пояснимъ его, сообразно съ нашими цѣлями, общеизвѣстнымъ примѣромъ, взятымъ изъ нашей повседневной жизни.

При совершенно тихой погодѣ дождь падаетъ на землю по отвѣсному направленію. При вѣтрѣ же каждая капля дождя должна двигаться одновременно по вертикальному направленію, вслѣдствіе силы тяжести, и по горизонтальному, подъ дѣйствіемъ вѣтра, и потому, въ дѣйствительности, на основаніи закона сложенія скоростей, дождь падаетъ по наклонному направленію. Чѣмъ сильнѣе вѣтеръ, тѣмъ болѣе направленіе дождя отклоняется отъ вертикальнаго.

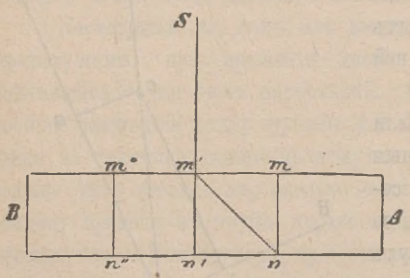


Рис. 42.

То-же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, когда мы изъ окна быстро ѣдущаго желѣзнодорожнаго вагона наблюдаемъ за паденіемъ дождя въ тихую погоду. На самомъ дѣлѣ капля дождя падаетъ по вертикальному направленію Sm' (рис. 42). Но такъ какъ вагонъ, изъ котораго мы наблюдаемъ, перемѣщается по направленію отъ A къ B, то капля дождя, достигшая въ какой-нибудь моментъ верхняго угла m' окна, при дальнѣйшемъ своемъ движеніи уже не будетъ казаться намъ падающей по отвѣсному направленію $m'n'$. Въ самомъ дѣлѣ, въ тотъ промежутокъ времени, въ который капля прошла бы отъ угла m' до угла n', самый вагонъ перемѣстится, точка n' перейдетъ въ положеніе n'', а ея мѣсто займетъ новая точка n. Поэтому дождевая капля достигнетъ нижняго края окна не въ точкѣ n', а въ точкѣ n, и намъ будетъ казаться, что она падаетъ по направленію линіи $m'n$.

Что было сказано объ одной каплѣ дождя, то, само собой понятно, относится и ко всѣмъ остальнымъ. Такимъ образомъ дождь намъ кажется падающимъ по косому направленію, и это направленіе представляется отклоненнымъ отъ вертикальной линіи въ сторону движенія поѣзда. Слѣдовательно, находящіяся въ движеніи тѣла наблюдателю, который самъ движется, представляются перемѣщающимися не по тому направленію, по которому въ дѣйствительности происходитъ ихъ движеніе, а по нѣкоторому другому, составляющему съ первымъ тѣмъ большій уголъ, чѣмъ больше скорость движенія наблюдателя.

Пойдемъ въ нашемъ примѣрѣ еще далѣе и допустимъ, что поѣздъ при своемъ движеніи описываетъ кругъ.

Мы видѣли, что дождевыя капли должны видимымъ образомъ отклоняться отъ вертикальнаго направленія въ сторону движенія поѣзда. Положимъ, что движеніе поѣзда по кругу совершается въ направленіи съ запада черезъ югъ, востокъ, сѣверъ и снова на западъ. Въ такомъ случаѣ изъ оконъ вагона дождь долженъ представляться намъ падающимъ по косому направленію, и это направленіе видимымъ образомъ постепенно вращается также съ запада черезъ югъ, востокъ, сѣверъ и снова на западъ

§ 48, **Объясненіе явленія аберраціи.** Все вышесказанное легко примѣнить къ объясненію явленія, открытаго Брадлеемъ. Для этого въ разсмотрѣнномъ нами примѣрѣ надо замѣнить дождь свѣтовымъ лучемъ, посылаемымъ къ намъ какой-нибудь звѣздой, а двигающійся по кругу поѣздъ—землей, совершающей въ теченіе года свое движеніе вокругъ солнца.

Положимъ, что $e_1e_2e_3e_4$ есть путь земли около солнца C и что c есть та точка небесной сферы, въ которой усматривалась бы съ солнца нѣкоторая звѣзда (рис. 43). Параллаксъ звѣзды мы не будемъ принимать во вниманіе, такъ какъ въ предыдущей главѣ мы видѣли, что почти для всѣхъ неподвижныхъ звѣздъ онъ представляетъ совершенно незамѣтную величину. Если бы скорость свѣта была безконечно велика, то изъ различныхъ положеній земли на ея годовомъ пути мы усматривали бы звѣзду постоянно въ одной и той-же точкѣ c. Но такъ какъ скорость свѣта есть величина измѣримая, то, на основаніи предыдущаго, кажущееся направленіе свѣтового луча должно отклоняться отъ истиннаго на нѣкоторый небольшой уголъ въ сторону движенія земли около солнца. Поэтому, когда земля находится въ e_1 и движется по направленію стрѣлки, мы видимъ звѣзду не въ точкѣ c, а въ точкѣ s_1. Точно также изъ положеній земли e_2, e_3, e_4 мы усматриваемъ звѣзду соотвѣтственно въ точкахъ s_2, s_3, s_4. Такимъ образомъ легко понять, что звѣзда въ теченіе года описываетъ на небесной сферѣ небольшой эллипсъ, центръ котораго совпадаетъ съ истиннымъ положеніемъ звѣзды, т. е. съ той точкой, въ которой мы ее видѣли бы съ солнца. На основаніи соображеній, подобныхъ тѣмъ, которыя изложены въ § 45, мы легко выводимъ, что долгота звѣзды въ ея противостояніи съ солнцемъ дѣлается наибольшей, а въ соединеніи наименьшей, широта же въ квадратурахъ достигаетъ своего наибольшаго и наименьшаго значеній. Для звѣздъ, лежащихъ вблизи полюса эклиптики, эллипсъ весьма мало отличается отъ круга. Чѣмъ ближе къ эклиптикѣ находятся звѣзды, тѣмъ меньше измѣняются отъ аберраціи ихъ широты, и тѣмъ больше становится растянутость описываемыхъ ими эллипсовъ. Широты звѣздъ, лежащихъ на окружности эклиптики, отъ аберраціи совсѣмъ не измѣняются, и для нихъ эллипсы обращаются въ прямыя линіи, лежащія въ плоскости эклиптики.

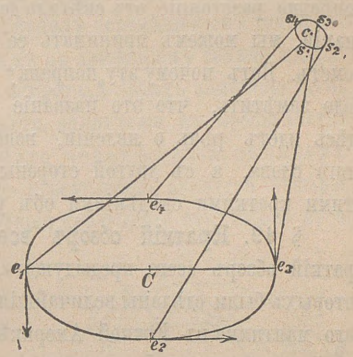


Рис. 43.

Мы можемъ сдѣлать еще одинъ шагъ впередъ и по формуламъ § 47 вычислить тотъ уголъ, который кажущееся направленіе свѣтового луча образуетъ съ его истиннымъ направленіемъ. Когда земля находится въ плоскости круга широтъ звѣзды, тангенсъ упомянутаго угла получается черезъ раздѣленіе числа, представляющаго скорость движенія земли, на число, выражающее собою скорость свѣта.

Земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца пробѣгаетъ въ одну секунду 29,8 километровъ, скорость же свѣта составляетъ 300000 километровъ въ секунду. Частное отъ раздѣленія перваго числа на второе равно 0,0000993. Такой тангенсъ соотвѣтствуетъ углу въ 20,5″. Слѣдовательно большая полуось эллипса, описываемаго звѣздами вслѣдствіе аберраціи, равна 20,5″; вся же ось составляетъ 41″, т. е. ту самую величину, которая была выведена непосредственно изъ наблюденій (§ 45). Такимъ образомъ, вычисленная на основаніи теоретическихъ соображеній величина кажущагося перемѣщенія звѣздъ вслѣдствіе аберраціи вполнѣ согласуется съ величиной, полученной Брадлеемъ изъ наблюденій. Такое удивительное согласіе не только подтверждаетъ справедливость открытія, сдѣланнаго Рёмеромъ, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, служитъ прекраснымъ прямымъ доказательствомъ годового движенія земли около солнца.

Замѣчательно, что еще Пикаръ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ подрядъ наблюдалъ подобныя измѣненія въ положеніи Полярной звѣзды, но онъ не могъ подыскать для нихъ объясненія; объ этомъ онъ подробно говоритъ въ своемъ сочиненіи «Voyage d'Uranibourg». Теперь же мы знаемъ, что наблюдаемыя Пикаромъ измѣненія въ положеніи Полярной звѣзды зависѣли отъ аберраціи.

Замѣтимъ, что описанное въ этой главѣ явленіе обыкновенно называется аберраціей неподвижныхъ звѣздъ. Но такъ какъ это явленіе зависитъ исключительно отъ отношенія скорости свѣта къ скорости движенія земли около солнца, то отъ этой причины должны измѣняться, очевидно, положенія всѣхъ небесныхъ тѣлъ. Такъ какъ свѣтъ распространяется съ опредѣленной, вполнѣ доступной для измѣренія скоростью, то наблюдаемыя положенія свѣтилъ соотвѣтствуютъ собственно не моменту наблюденія, а нѣкоторому предшествующему моменту. Разность между этими моментами тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше времени требуетъ свѣтъ, чтобы дойти отъ свѣтила до насъ. Эта поправка, такъ называемое уравненіе свѣта, можетъ быть принята во вниманіе только въ тѣхъ случаяхъ, когда извѣстно разстояніе отъ свѣтила до земли. Слѣдовательно, при современномъ состояніи нашихъ знаній, мы можемъ принимать ее во вниманіе, вообще, только при наблюденіяхъ планетъ и кометъ. Вотъ почему эту поправку астрономы называютъ аберраціей планетъ. Впрочемъ надо замѣтить, что это названіе совершенно неподходящее, такъ такъ съ одной стороны здѣсь идетъ рѣчь о явленіи, вовсе не сходномъ съ аберраціей въ собственномъ смыслѣ этого слова, а съ другой стороны это явленіе относится не къ однѣмъ только планетамъ. Этими краткими свѣдѣніями объ уравненіи свѣта мы здѣсь и ограничимся.

§ 49. **Краткій обзоръ всего предыдущаго.** Въ заключеніе этой главы сдѣлаемъ краткій обзоръ всего предыдущаго, обративъ вниманіе на тѣ малыя величины, обнаруженіемъ которыхъ были сдѣланы величайшія открытія. Изъ наблюденій было найдено, что длина секуднаго маятника въ Южной Америкѣ на три миллиметра короче, чѣмъ въ Парижѣ. На основаніи такой незначительной разности мы могли заключить, что земля вращается около оси, могли вычислить отношеніе центробѣжной силы къ силѣ тяжести; благодаря этой малой величинѣ обнаружилось, что напряженіе силы тяжести различно въ различныхъ точкахъ земной поверхности, и что земля имѣетъ форму тѣла, сжатаго при полюсахъ. Сжатіе земли, въ свою очередь, есть весьма малая величина и составляетъ всего только $^1/_{300}$-ю часть земного радіуса. Благодаря маятнику, состоящему въ простѣйшемъ своемъ видѣ изъ нити съ шарикомъ на концѣ, у насъ явилась возможность съ огромною точностью измѣрить напряженіе силы тяжести на поверхности земли или, что то-же самое, длину пути, проходимаго въ извѣстный промежутокъ времени свободно падающимъ тѣломъ, а затѣмъ съ неменьшею точностью опредѣлить дѣйствіе той-же силы тяжести на луну, находящуюся отъ насъ въ разстояніи 384400 километровъ. Подобнымъ же образомъ путемъ измѣренія весьма малыхъ величинъ мы опредѣлили разстояніе отъ солнца до земли, превосходящее 148 милліоновъ километровъ, а также размѣры этого небеснаго тѣла, объемъ котораго въ $1^1/_4$ милліоновъ разъ больше объема нашей земли. Точно также весьма малые углы, полученные изъ непосредственныхъ измѣреній, послужили намъ основаніемъ для опредѣленія огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ неподвижныя звѣзды отъ земли, и для измѣренія непонятной для нашего ума скорости свѣта. Наконецъ, совершенно незамѣтный для невооруженнаго глаза эллипсъ, описываемый любой изъ неподвижныхъ звѣздъ вслѣдствіе аберраціи, представляетъ на небесной сферѣ, какъ въ вогнутомъ зеркалѣ, уменьшенное изображеніе огромнаго кругового пути земли, длина котораго равна приблизительно 2 200 милліонамъ километровъ.

Немудрено послѣ этого, что астрономія является торжествомъ нашего ума и составляетъ предметъ справедливой гордости человѣка. Человѣкъ, живущій на землѣ, которая является едва замѣтной точкой въ сравненіи съ окружающимъ ее пространствомъ, наполненнымъ безчисленнымъ множествомъ міровъ, подобенъ одной изъ тѣхъ тысячъ инфу-

зорій, которыя населяютъ каплю воды; но это ничтожное существо превращается въ духа, когда оно обращаетъ свои взоры къ звѣзднымъ мірамъ и когда мыслью уносится въ неизмѣримую даль неба. И никакого препятствія не представляютъ для этого духа тѣ невѣроятныя разстоянія между мірами, при одной мысли о которыхъ содрогается человѣческій умъ.

ГЛАВА VII.

Прецессія и нутація.

§ 50. **Предвареніе равноденствій.** Уже въ древности было извѣстно, что широты (Введ., § 11) звѣздъ съ теченіемъ времени не мѣняются, долготы же, наоборотъ, медленно увеличиваются и притомъ одинаковымъ образомъ для всѣхъ звѣздъ. Древніе астрономы принимали, что увеличеніе долготы любой звѣзды составляетъ одинъ градусъ въ теченіе столѣтія. Величайшій изъ греческихъ астрономовъ Гиппархъ за 140 лѣтъ до Р. Х., какъ кажется впервые, обратилъ вниманіе на это явленіе, которое онъ объяснилъ перемѣщеніемъ точки весенняго равноденствія на одинъ градусъ въ столѣтіе въ обратномъ съ движеніемъ солнца направленіи, т. е. съ востока на западъ. Такъ какъ измѣненій въ широтахъ звѣздъ замѣчено не было, то изъ этого слѣдовало заключить, что положеніе плоскости эклиптики въ пространствѣ не мѣняется и что увеличеніе долготъ зависитъ отъ обратнаго перемѣщенія экватора по неизмѣняющей своего положенія эклиптикѣ. Это перемѣщеніе экватора называется предвареніемъ равноденствій или прецессіей. Точныя наблюденія новѣйшаго времени показываютъ, что скорость этого движенія значительно больше, чѣмъ ее принимали древніе астрономы. По опредѣленію нашего времени прецессія составляетъ $50{,}2113''$ въ годъ и, слѣдовательно, одного градуса достигаетъ уже въ $71^1/_2$ года. Кромѣ того, теперь мы знаемъ, что также и плоскость эклиптики не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ. Мы уже выше (§ 24) упоминали, что эклиптика въ настоящее время приближается къ экватору ежегодно на $0{,}48''$. Но это движеніе эклиптики во-первыхъ весьма незначительно; во-вторыхъ оно обусловливается совершенно другой причиной, чѣмъ прецессія, и, наконецъ, совершается лишь въ извѣстныхъ предѣлахъ. Поэтому мы можемъ пока вовсе не принимать его во вниманіе. Допуская, что положеніе плоскости эклиптики не мѣняется, мы можемъ объяснить прецессію тѣмъ, что экваторъ VQ (рис. 44), не мѣняя своего наклона къ эклиптикѣ, перемѣщается по послѣдней обратнымъ движеніемъ ежегодно на $50{,}2133''$; вслѣдствіе этого точка весенняго равноденствія V передвигается по эклиптикѣ въ направленіи отъ V къ M ежегодно на ту-же самую величину; на ту-же величину должны ежегодно возрастать и долготы всѣхъ звѣздъ.

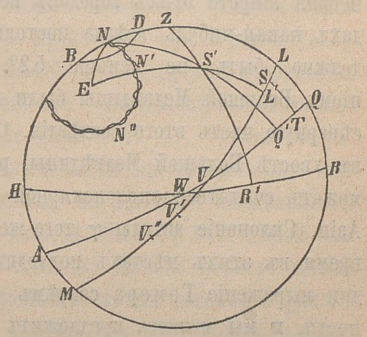


Рис. 44.

Но если экваторъ перемѣщается вдоль эклиптики, то ось экватора должна описывать поверхность конуса, ось котораго совпадаетъ съ осью эклиптики. Вслѣдствіе этого полюсъ N экватора описываетъ около полюса E эклиптики кругъ въ направленіи отъ N къ N', N'' и т. д. Слѣдовательно, измѣненія долготъ звѣздъ могутъ быть объяснены движеніемъ полюса N экватора по кругу, въ центрѣ котораго находится неподвижный полюсъ E эклиптики и радіусъ EN котораго равенъ наклонности эклиптики LVQ.

§ 51. **Вліяніе прецессіи на видъ неба.** Въ то время какъ вслѣдствіе прецессіи долготы звѣздъ равномѣрно возрастаютъ на $50{,}2113''$ ежегодно, широты же совсѣмъ не

измѣняются, прямое восхожденіе и склоненіе, иначе говоря, величины, опредѣляющія положенія звѣздъ относительно экватора (Введ., § 10), измѣняются объ и притомъ для различныхъ звѣздъ различно. Именно, прямое восхожденіе, вообще, увеличивается, но во всякомъ случаѣ неравномѣрно; впрочемъ прямое восхожденіе звѣздъ, близкихъ къ полюсу, можетъ также и уменьшаться. Такъ, напр. ,прямое восхожденіе извѣстной уже намъ Полярной звѣзды въ настоящее время, вслѣдствіе прецессіи, увеличивается ежегодно на $5^1/_2{}'$; слѣдовательно, въ теченіе столѣтія оно увеличится болѣе, чѣмъ на 9^0. Напротивъ того, прямое восхожденіе звѣзды, принадлежащей, какъ и Полярная, къ созвѣздію Малой Медвѣдицы и обозначаемой греческой буквой δ, въ настоящее время ежегодно уменьшается на $5'$; слѣдовательно, въ сто лѣтъ оно уменьшится приблизительно на 8^0. Полярное разстояніе (Введ., § 10) звѣзды уменьшается въ томъ случаѣ, если ея прямое восхожденіе заключается въ предѣлахъ отъ 0^0 до 90^0 или отъ 270^0 до 360^0; въ остальныхъ случаяхъ полярное разстояніе увеличивается (см. дальше § 121). Если прямое восхожденіе звѣзды равно 0^0 или 180^0, то измѣненіе полярнаго разстоянія достигаетъ наибольшей величины и составляетъ $20''$ въ годъ.

Измѣненіе полярнаго разстоянія, или, что то-же самое, измѣненіе склоненія обусловливаетъ, черезъ весьма большіе промежутки времени, совершенно иной видъ звѣзднаго неба. Вслѣдствіе этого многія звѣзды, которые въ настоящее время для какого-нибудь мѣста земной поверхности восходятъ и заходятъ, въ отдаленныя времена постоянно оставались надъ горизонтомъ этого мѣста. Такъ, напр., про созвѣздіе Большой Медвѣдицы Гомеръ говоритъ, что оно «никогда не погружалось въ океанъ» (Иліада, XVIII, 489). Извѣстно, что семь городовъ спорятъ изъ-за чести считаться родиной Гомера. Сѣверная географическая широта этихъ городовъ не превосходитъ 38^0; слѣдовательно, чтобы въ этихъ городахъ какая-нибудь звѣзда постоянно оставалась надъ горизонтомъ, ея сѣверное склоненіе должно быть не меньше 52^0. Допустимъ, что во времена Гомера подъ названіемъ Большой Медвѣдицы были извѣстны знакомыя намъ 7 яркихъ звѣздъ, занимающихъ сѣверную часть этого созвѣздія. Сѣверное склоненіе звѣзды η Ursae majoris, находящейся въ хвостѣ Большой Медвѣдицы, равно $49^0\ 49'$, и потому эта звѣзда никоимъ образомъ не можетъ считаться околополярной (Введ., § 17) для мѣстъ, лежащихъ въ Греціи или Малой Азіи. Склоненіе звѣзды γ того-же созвѣздія равно $54^015'$, такъ что и она въ настоящее время въ этихъ мѣстахъ подходитъ весьма близко къ горизонту. Такимъ образомъ, въ наши дни выраженіе Гомера совсѣмъ не соотвѣтствуетъ тому, что мы видимъ въ дѣйствительности, и мы можемъ предложить себѣ вопросъ, не объясняется ли это обстоятельство прецессіей. Примемъ, что Гомеръ жилъ за 900 лѣтъ до Р. Хр. Прямое восхожденіе звѣзды η Ursae majoris въ настоящее время равно $205^054'$. Поэтому, измѣненіе склоненія звѣзды отъ прецессіи за сто лѣтъ (§ 121) составляетъ — $30'$; измѣненіе за 2800 лѣтъ должно равняться — $14^00'$. Итакъ, во времена Гомера склоненіе звѣзды η Ursae majoris было на $14^00'$ больше, чѣмъ настоящее ея склоненіе, равное $49^049'$. Слѣдовательно, сѣверное склоненіе этой, самой южной изъ 7 вышеупомянутыхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы, въ тѣ времена равнялось $63^049'$. Отсюда мы заключаемъ, что красивое созвѣздіе Большой Медвѣдицы на родинѣ Гомера при самомъ низкомъ своемъ положеніи возвышалось подъ горизонтомъ болѣе, чѣмъ на 11^0

§ 52. **Полярныя звѣзды для различныхъ эпохъ.** Ту изъ яркихъ звѣздъ, которая находится ближе всѣхъ другихъ къ полюсу экватора, астрономы называютъ Полярной. Полярная звѣзда, благодаря своему особому положенію на небесной сферѣ, весьма удобна для многихъ важныхъ наблюденій и изслѣдованій. Въ настоящее время названіе Полярной носитъ звѣзда α въ созвѣздіи Малой Медвѣдицы. Ея полярное разстояніе равно $1^014'$, а прямое восхожденіе круглымъ числомъ 20^0. Полярное разстояіе этой звѣзды въ настоящее время уменьшается, такъ какъ полюсъ N экватора (рис. 44) все еще приближается къ ней. Въ 2100

году оно достигнетъ наименьшаго значенія и будетъ равно 28′; послѣ этого полюсъ N начнетъ удаляться отъ Полярной звѣзды. Во времена Гиппарха звѣзда α Ursae minoris отстояла отъ полюса N на 12° и потому не заслуживала такого названія.

Чтобы опредѣлить, какія звѣзды въ разныя времена будутъ находиться въ наименьшемъ разстояніи отъ полюса экватора, надо на звѣздной картѣ описать около полюса эклиптики, какъ центра, кругъ радіусомъ, равнымъ 23° 28′. Для большей точности слѣдуетъ для различныхъ временъ измѣнять радіусы этого круга, такъ чтобы они представляли собою наклонность эклиптики для данной эпохи (§ 24). Такимъ образомъ мы нашли бы, что за 2800 лѣтъ до Р. Х. Полярной была звѣзда α въ созвѣздіи Дракона (α Draconis); черезъ 4000 лѣтъ п. Р. Х. Полярной будетъ звѣзда γ Cephei, затѣмъ α Cephei, еще позже α Cygni или Денебъ. Наконецъ, черезъ 14000 лѣтъ послѣ Р. Х. право на это названіе получитъ весьма яркая звѣзда α Lyrae или Вега. Ея полярное разстояніе равное теперь 51°, къ тому времени уменьшится до 5°.

Если принять годовую прецессію неизмѣняющеюся со временемъ и равной 0,013947°, то мы легко можемъ вычислить, что полюсы экватора совершаютъ полный оборотъ около полюсовъ эклиптики въ 25 800 лѣтъ. Этотъ періодъ нѣкоторые хронологи называютъ платоническимъ годомъ. Впрочемъ продолжительность его намъ точно неизвѣстна, такъ какъ, съ одной стороны, не совсѣмъ справедливо предположеніе, что прецессія съ теченіемъ времени не мѣняется, а съ другой—величины годовой прецессіи мы не знаемъ съ такою точностью, чтобы можно было дѣлать заключенія на весьма отдаленныя времена.

§ 53. **Знаки зодіака и зодіакальныя созвѣздія.** Въ промежуткѣ между 400 и 100 годами до Р. Хр., т. е. въ тѣ времена, когда Эвдоксъ, Аристилль, Тимохарисъ и Гиппархъ составляли первые звѣздные каталоги, точка весенняго равноденствія находилась въ созвѣздіи Овна. Но съ тѣхъ поръ, вслѣдствіе прецессіи, она передвинулась болѣе, чѣмъ на 30°, и въ настоящее время лежитъ въ созвѣздіи Рыбъ. Древніе астрономы, чтобы опредѣлить положеніе солнца на небѣ, употребляли выраженія: «Въ началѣ весны солнце вступаетъ въ созвѣздіе Овна, въ началѣ лѣта въ созвѣздіе Рака и т. д.». Чтобы сохранить этотъ способъ выраженія, тѣсно связанный съ астрологическими предсказаніями, они искусственнымъ образомъ раздѣлили всю окружность эклиптики на 12 такъ называемыхъ знаковъ зодіака. Каждый изъ нихъ охватываетъ 30° по долготѣ (Введ., § 11); любой изъ знаковъ зодіака солнце проходитъ въ среднемъ въ теченіе мѣсяца. Начало перваго знака зодіака всегда принимается совпадающимъ съ тѣмъ положеніемъ точки весенняго равноденствія, которая она занимаетъ на небесной сферѣ въ данный моментъ. Знаки зодіака получили свои названія отъ созвѣздій, лежащихъ по окружности эклиптики (Введ., § 11) и называемыхъ зодіакальными созвѣздіями.

Въ настоящее время, вслѣдствіе прецессіи, знаки зодіака не совпадаютъ съ соотвѣтственными зодіакальными созвѣздіями, и потому необходимо строго отличать первые отъ послѣднихъ. Въ наше время точка весенняго равноденствія лежитъ, какъ выше сказано, въ созвѣздіи Рыбъ; черезъ 4000 лѣтъ п. Р. Хр. она перемѣстится въ созвѣздіе Водолея, черезъ 6000 лѣтъ въ созвѣздіе Козерога, черезъ 8500 лѣтъ въ созвѣздіе Стрѣльца. Поэтому, если мы, напримѣръ, въ древнихъ рукописяхъ читаемъ, что въ нѣкоторый моментъ долгота луны была 10° ♉, то это значитъ, что она отстояла на 10° по долготѣ отъ начала знака Тельца. Долгота же, соотвѣтствующая началу этого знака, равна, какъ мы знаемъ 30°. Слѣдовательно, долгота луны въ то время составляла $30° + 10° = 40°$. Впрочемъ въ настоящее время подобное обозначеніе совершенно вышло изъ употребленія.

§ 54. **Нѣкоторыя хронологическія изслѣдованія.** По словамъ Птоломея, Евдоксъ, современникъ Платона, указываетъ на то, что весьма близко къ полюсу экватора находилась одна изъ яркихъ звѣздъ. Платонъ жилъ за 350 лѣтъ до Р. Хр., и потому, на основаніи предыдущаго, мы заключаемъ, что указаніе это не можетъ относиться къ нашей

Полярной звѣздѣ, т. е. къ α Ursae minoris. Пользуясь способомъ, изложеннымъ въ § 52, мы находимъ, что въ прошедшія времена въ весьма близкомъ разстояніи отъ полюса молла находиться только одна болѣе или менѣе яркая звѣзда, именно α Draconis, прямое восхожденіе которой въ настоящее время равно $210^{0}15'$, а склоненіе $64^{0}51'$. Но выше (§ 52) мы видѣли, что эта звѣзда въ наименьшемъ удаленіи отъ полюса находилась за 2800 лѣтъ до Р. Хр. Вычисленія показываютъ, что въ то время ея полярное разстояніе было равно только $^{1}/_{2}{}^{0}$. Во времена же Платона, т. е. 2450 лѣтъ спустя, α Draconis уже находилась на значительномъ разстояніи отъ полюса. Поэтому болѣе правдоподобнымъ слѣдуетъ считать предположеніе, что Евдоксъ не описывалъ современный ему видъ неба, а лишь передавалъ весьма древнее сказаніе египтянъ или халдеевъ. Впрочемъ, незадолго до Евдокса, въ $5^{1}/_{2}{}^{0}$ градусахъ отъ полюса находилась яркая звѣзда β Малой Медвѣдицы (β Ursae minoris), и потому, если не придавать строгаго значенія словамъ Евдокса, что яркая звѣзда находилась весьма близко къ полюсу, то можно также думать, что онъ имѣлъ въ виду именно эту звѣзду.

Лаплассъ относитъ происхожденіе названій зодіакальныхъ созвѣздій къ весьма отдаленнымъ временамъ. По его мнѣнію, названіе Козерога, напр., должна была получить та группа находящихся на эклиптикѣ звѣздъ, которая занимала наивысшее положеніе относительно экватора, потому, что животное, именемъ котораго названо это созвѣздіе, встрѣчается часто на вершинахъ высокихъ скалъ. Такимъ образомъ, долгота среднихъ частей созвѣздія Козерога въ тѣ времена равнялась 90^{0}. Точно также созвѣздіе Вѣсовъ находилоось, по мнѣнію Лапласа, около точки весенняго равноденствія. Подобнымъ же образомъ объясняются названія бо́льшей части остальныхъ зодіакальныхъ созвѣздій. Въ настоящее время долгота среднихъ частей созвѣздія Козерога равна 305^{0}. Слѣдовательно, это созвѣздіе съ тѣхъ поръ какъ оно получило свое названіе, переевинулось по эклиптикѣ на 215^{0}. Это перемѣщеніе объясняется, конечно, прецессіей; съ помощью небольшихъ вычисленій находимъ, что для такого большого перемѣщенія потребовалось бы 15000 лѣтъ. Такимъ обртзомъ, на основаніи разсужденій Лапласа оказывается, что звѣзды, лежащія по эклиптикѣ, были сгруппированы въ созвѣздія и получили свои названія за 13000 лѣтъ до начала нашего лѣтосчисленія. Согласиться съ этимъ мы не можемъ, такъ какъ это противорѣчитъ всей исторіи человѣчества. Несравненно болѣе вѣроятно предположеніе, что зодіакальныя созвѣздія получили свои названія въ тѣ времена, когда точка весенняго равноденствія совпадала какъ разъ съ началомъ созвѣздія Овна. По положнію этого созвѣздія въ настоящее время мы заключаемъ, что съ тѣхъ поръ прошло 4000 лѣтъ и что, слѣдовательно, нзванія зодіакальнымъ созвѣздіямъ даны за 2100 лѣтъ до Р. Хр.

Знаки зодіака украшали стѣны и потолки многихъ древнихъ храмовъ. На этомъ основаніи нѣкоторые ученые пытались опредѣлить время, когда эти храмы были построены. Но подобныя опредѣленія, конечно, нс отличаются сколько-нибудь удовлетворительною точностью.

Въ серединѣ XIX столѣтія Піацци Смитъ и послѣ него Локьеръ показали, что египетскія пирамиды и древніе храмы при постройкѣ оріентировались извѣстнымъ образомъ по солнцу или наиболѣе яркимъ звѣздамъ. Пменно, храмы строили такъ, чтобы въ опредѣленные дни можно было отъ самаго алтаря черезъ входныя двери наблюдать восходъ или заходъ того свѣтила, по которому храмъ оріентировался.

§ 55. **Нѣкоторыя историческія свѣдѣнія объ астрономіи древнихъ народовъ.** Первые слѣды астрономіи мы паходимъ у холдеевъ. Отъ иихъ за 4000 лѣтъ до Р. Хр., астрономія, вмѣстѣ со своей цивилизаціей вообще, перешла въ югс-заладную Азію. Позже съ нею познакомились вавилоняне, завоовавшіе эти страны. Древнѣйшимъ астрономическимъ сочиненіемъ, дошедшимъ до насъ этимъ путемъ, является хроника, составленная при королѣ Саргонѣ, за 1700 лѣтъ до Р. Хр. Въ этой хроникѣ перечисляются наблюдавшіяся

солнечныя и лунныя затмѣнія, описываются появлявшіяся кометы, обращается вниманіе на движэнія планетъ, опредѣлется длина года и т. д. Въ тѣ времена уже было извѣстно, что черезъ извѣстный промежутокъ времени затмѣнія повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Китайцы занимались астрономіей также въ глубокой древности. Въ самой священной и вмѣстѣ съ тѣмъ въ самой древней ихъ книгѣ Шу-кингъ, написанной Конфуціемъ, говорится, между прочимъ, о составленной императоромъ Яо для его астрономовъ инструкціи, въ которой указано, что яркая звѣзда, находящаяся въ созвѣздіи Гидры и обозначаемая нынѣ буквой α, во время равноденствій проходила черезъ меридіанъ въ моментъ захода солнца. Отсюда заключаемъ, что точка весенняго равноденствія находилась тогда въ Плеядахъ, и что указаніе императора Яо относится къ 2300 году до Р. Хр. Это вполнѣ согласуеося съ китайской хронологіей, по которой императоръ Яо вступилъ на престолъ въ 2350 году до Р. Хр.

Изъ многочисленныхъ наблюденій Чу-конга, который съ 1104 до 1098 года до Р. Хр. управлялъ Китаемъ за своего малолѣтняго племянника, дошли до насъ только три. Два изъ нихъ, уомянутыя уже выше (§ 24), касались опредѣленія высоты солнца во время солнцестояній въ городѣ Лоянгѣ за 1100 лѣтъ до Р. Хр. и послужили для опредѣленія наклонности эклиптики; третье даетъ долготу солнца для зимняго солнцестоянія того же года. Чу-конгъ, сравнивая положеніе солнца съ положеніемъ звѣзды ε Водолея (ε Aquarii) нашелъ, что прямое восхожденіе этой звѣзды равно 268° 2′. Всѣ три наблюденія Чу-конга достаточно хорошо согласуются съ новѣйшими опредѣленіями, если въ одномъ случаѣ принять во вниманіе вѣковое измѣненіе наклонности эклиптики, а въ другомъ—вліяніе прецессіи. Послѣ Чу-Конга развитіе астрономіи въ Китаѣ прекратилось; особенно печальное время наступило при невѣжественномъ императорѣ Ки-Хоанти, который въ 213 году до Р. Хр. приказалъ сжечь всѣ книги. Только въ пятомъ столѣтіи послѣ Р. Хр. Чу-чонгъ, наблюдавшій въ Нанкинѣ, поднялъ астрономію на прежнюю высоту. Чу-чонгъ, между прочимъ, вывелъ изъ своихъ наблюденій, что продолжительность года составляетъ 365,24282 дней. По новѣйшимъ опредѣленіямъ длина года оказывается короче только на 0,00062 дня или на $53{,}6^s$.

Въ XIII столѣтіи астрономія процвѣтала въ Персіи при Холаку-Хекуканѣ, братъ котораго Хобилай, царствовавшій въ Китаѣ, также оказывалъ покровительство этой наукѣ. Въ царствованіе Хобилая знаменитѣйшій изъ китайскихъ астрономовъ Кошу-Кингъ опредѣлилъ наклонность эклиптики (§ 24), наблюдалъ долготу солнца во время солнцестоянія, вывелъ продолжительность года и т. д. Инструменты, которыми онъ пользовался, были сдѣланы по его указаніямъ и своими размѣрами и качествами превосходили употреблявшіеся до него.

Въ Египтѣ и Индіи астрономическія наблюденія производились также въ весьма отдаленныя времена.

Самый выдающійся изъ арабскихъ астрономовъ Ибнъ-Юни производилъ наблюденія въ Кахирѣ 1000 лѣтъ спустя послѣ Р. Хр., во времена египетскаго халифа Хакема. Только въ концѣ XVIII столѣтія въ одной библіотекѣ города Лейдена было найдено сочиненіе Ибнъ-Юни, содержащее таблицы движенія солнца и планетъ. Кромѣ того, Ибнъ-Юни сообщаетъ въ своемъ сочиненіи много весьма цѣнныхъ свѣдѣній объ астрономическихъ работахъ арабовъ и также большое число наблюденій, произведенныхъ съ середины VIII столѣтія до временъ самого Ибнъ-Юни.

Въ Персіи расцвѣтъ астрономіи начался съ средины XI столѣтія, когда жители этой страны свергли иго арабовъ. Въ это время Омаръ-Хейямъ, для точнаго счета времени, предложилъ ввести 33-лѣтній періодъ, содержащій 8 високосныхъ лѣтъ по 366 и 25 простыхъ по 365 дней. Длина года, лежащая въ основаніи этого лѣтосчисленія, превосходитъ только на $19{,}0^s$ истинную длину года. Въ XIII столѣтіи, при Холаку-Хекуканѣ, была

построена въ городѣ Мерагѣ великолѣпная обсерваторія, управленіе которой было поручено знаменитому Насръ-Эддину. Но особенное покровительство астрономіи оказывалъ Улугъ-Бей, который и самъ обладалъ весьма обширными познаніями въ этой наукѣ. При немъ, въ 1430 году въ Самаркандѣ была построена обсерваторія, снабженная лучшими инструментами того времени. Улугъ-Бей былъ прекраснѣйшимъ наблюдателемъ, ему мы обязаны вышеприведеннымъ опредѣленіемъ наклонности эклиптики (§ 24); послѣ его смерти остались новый звѣздный каталогъ и таблицы движенія солнца, луны и планетъ, считавшіяся лучшими до временъ Тихо-Браге.

§ 56. **Нутація.** Замѣченное въ давнія времена увеличеніе долготъ всѣхъ звѣздъ выше (§ 50) было объяснено движеніемъ полюса экватора по окружности круга, въ центрѣ котораго находится полюсъ эклиптики. Но такое движеніе представляетъ явленіе лишь въ общихъ чертахъ: истинное движеніе полюса гораздо сложнѣе. Новѣйшія, болѣе точныя наблюденія показываютъ, что полюсъ экватора не остается постоянно на окружности вышеупомянутаго круга, но, при своемъ движеніи около полюса эклиптики, то приближается къ этому послѣднему, то удаляется отъ него, причемъ наибольшее удаленіе въ ту и другую сторону отъ окружности круга составляетъ 9″; кромѣ того не остается постоянной также и скорость, съ которою полюсъ экватора совершаетъ свое движеніе. Всѣ эти неправильности въ движеніи полюса экватора имѣютъ періодическій характеръ и черезъ каждыя 19 лѣтъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Вслѣдствіе этихъ неправильностей земная ось, очевидно, колеблется около нѣкотораго средняго своего положенія. Эти колебательныя движенія земной оси называются нутаціей. Еще Ньютонъ на основаніи теоретическихъ соображеній, подозрѣвалъ существованіе нутаціи; изъ наблюденій же впервые открылъ ее Брадлей. Вслѣдствіе нутаціи полюсъ экватора въ теченіе 19 лѣтъ дѣлаетъ полный оборотъ по окружности небольшого эллипса, центръ котораго перемѣщается по вышеупомянутому кругу ежегодно на 50,21″. Большая ось эллипса равна 19″ и постоянно направлена къ полюсу эклиптики; малая ось эллипса составляетъ 14″. Вслѣдствіе совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутаціи непрерывно измѣняются положенія звѣздъ на небесной сферѣ. Впослѣдствіи (Часть III) мы снова вернемся къ описаннымъ въ этой главѣ явленіямъ и объяснимъ ихъ причину.

§ 57. **Заключеніе.** Чтобы наглядным образомъ представить явленія прецессіи и нутаціи, обратимся снова къ рисунку 44 (стр. 88). Положимъ, что экваторъ AVQ перемѣщается по неподвижной эклиптикѣ MVL въ обратномъ направленіи отъ V къ V', т. е. въ направленіи, противоположномъ тому, куда возрастаютъ долготы. Вслѣдствіе этого точка весенняго равноденствія, занимающая въ настоящее время положеніе V, черезъ тысячу лѣтъ перемѣстится, напр., въ V', еще черезъ тысячу лѣтъ въ V''; при этомъ движеніи уголъ QVL, составляемый плоскостью экватора съ плоскостью эклиптики и называемый наклонностью эклиптики, остается неизмѣннымъ. Такое равномѣрное отступательное движеніе точки весенняго равноденствія называется прецессіей. Вслѣдствіе же нутаціи нарушается равномѣрность движенія точки V; но всѣ ея отклоненія отъ равномѣрнаго движенія имѣютъ періодическій характеръ и черезъ каждыя 19 лѣтъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ. При этомъ точка V перемѣщается, во-первыхъ, по окружности самой эклиптики то въ ту, то въ другую сторону отъ своего средняго положенія, которое оно занимало бы, если-бы существовала только одна прецессія; это отклоненіе доходитъ до 18″. Кромѣ того, точка V не остается постоянно въ плоскости эклиптики MVL, но уклоняется отъ нея къ сѣверу или къ югу, и эти отклоненія доходятъ до 9″. Такимъ образомъ, отъ совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутаціи точка V движется не по окружности $VV'V''$, а по нѣкоторой волнообразной линіи, постоянно пересѣкающейся съ этою окружностью. Совершенно также полюсъ N экватора, отъ совмѣстнаго вліянія прецессіи и нутаціи, движется около полюса E эклиптики не по окружности круга $NN'N''$, а по волнообразной линіи, изображенной на рисункѣ 44. Эти измѣненія положенія земной оси въ пространствѣ не слѣдуетъ смѣшивать съ измѣ-

неніями ея положенія внутри самой земли, о которыхъ мы будемъ говорить впослѣдствіи. Вслѣдствіе прецессіи и нутаціи земная ось, вмѣстѣ со всѣмъ тѣломъ земли, сквозь которую она проходитъ подобному твердому стержню, вращается около оси эклиптики и, при продолженіи до пересѣченія съ небесной сферой, встрѣчаетъ эту послѣднюю въ различныя времена въ различныхъ точкахъ.

Мы видѣли, что вслѣдствіе прецессіи и нутаціи прямыя восхожденія и склоненія звѣздъ измѣняются различнымъ образомъ въ зависимости отъ того, какое положеніе занимаютъ звѣзды на небесной сферѣ относительно полюсовъ. Такимъ образомъ недостаточно только опредѣлить прямое восхожденіе и склоненіе какой-нибудь звѣзды для нѣкотораго момента; необходимо еще знать измѣненіе обѣихъ этихъ величинъ подъ вліяніемъ прецессіи, нутаціи, а также аберраціи (Глава VI). Только въ этомъ случаѣ возможно вычислить прямое восхожденіе и склоненіе звѣзды для какого-угодно другого момента. Если при вычисленіи положенія звѣзды приняты во вниманіе измѣненія, зависящія отъ прецессіи, нутаціи и аберраціи, то такое положеніе называется видимымъ. Если же измѣненія, зависящія отъ нутаціи и аберраціи во вниманіе не принимаются, то получается среднее положеніе звѣзды для опредѣленнаго момента. Наблюденія, конечно, даютъ видимыя положенія свѣтилъ.

ГЛАВА VIII.

Планетныя системы.

§ 58. **Различныя движенія планетъ.** Въ міровомъ пространствѣ, въ сравнительно небольшомъ отъ насъ разстояніи, кромѣ солнца, находится еще 8 большихъ планетъ. У шести изъ нихъ есть спутники, подобные нашей лунѣ. Большія планеты отличаются отъ безконечно удаленныхъ отъ насъ звѣздъ тѣмъ, что въ зрительныя трубы онѣ представляются въ видѣ круглыхъ дисковъ довольно значительнаго діаметра, между тѣмъ какъ звѣзды даже въ сильные телескопы представляются блестящими точками. Кромѣ того, около нашего солнца обращается цѣлая группа малыхъ планетъ, число которыхъ въ настоящее время доходитъ до 500, и большое число кометъ. Всѣ эти небесныя тѣла составляютъ какъ бы одну семью, къ которой принадлежимъ и мы съ нашей землей, и ближайшая наша задача должна заключаться въ ознакомленіи съ этими тѣлами.

По степени удаленія отъ солнца планеты располагаются слѣдующимъ образомъ: Меркурій, Венера, Земля съ однимъ спутникомъ—луною, Марсъ съ 2 спутниками, малыя планеты, иначе называемыя астероидами, Юпитеръ съ 5, Сатурнъ съ 8, Уранъ съ 4 и Нептунъ съ однимъ спутниками.

Отличительнымъ признакомъ планетъ является ихъ собственное движеніе среди неподвижныхъ звѣздъ, вмѣстѣ съ которыми онѣ, кромѣ того, участвуютъ въ видимомъ суточномъ вращеніи всей небесной сферы. Собственныя движенія планетъ далеко не отличаются такою правильностью, какъ движенія солнца и луны. Планеты большею частью движутся съ запада на востокъ, иногда же, въ теченіе короткаго періода, въ обратномъ направленіи, и, наконецъ, по временамъ онѣ кажутся неподвижно стоящими въ какой-нибудь точкѣ небесной сферы. Всѣ эти неправильности въ движеніи планетъ періодически повторяются черезъ извѣстные промежутки времени и зависятъ отъ угла, составляемаго между собою лучами зрѣнія, идущими отъ наблюдателя къ солнцу съ одной стороны и къ наблюдаемой планетѣ съ другой. Движеніе планетъ съ запада на востокъ называется прямымъ, движеніе съ востока на западъ обратнымъ; то положеніе планеты, при которомъ она кажется неподвижно стоящей около какой-нибудь звѣзды, называется ея стояніемъ.

§ 59. **Движенія нижнихъ планетъ.** Сначала разсмотримъ видимыя движенія Меркурія и Венеры, такъ какъ они представляютъ нѣкоторыя особенности.

Меркурій и Венера называются нижними планетами. Угловое разстояніе нижнихъ планетъ отъ солнца никогда не можетъ превзойти извѣстнаго предѣла. Для всѣхъ же остальныхъ планетъ это разстояніе можетъ быть какое-угодно, и часто онѣ усматриваются на небесной сферѣ также въ части, прямо противоположной солнцу. Когда нижнія планеты находятся на небесной сферѣ въ весьма близкомъ разстояніи отъ солнца и въ зрительныя трубы представляются въ видѣ полныхъ дисковъ, въ это время ихъ видимый діаметръ наименьшій, движеніе прямое и скорость движенія наибольшая.

По мѣрѣ удаленія нижнихъ планетъ отъ солнца, ихъ скорость постепенно уменьшается; двигаясь все время прямымъ движеніемъ, т. е. съ запада на востокъ, онѣ наконецъ достигаютъ наибольшаго углового удаленія отъ солнца. Для Меркурія наибольшее удаленіе составляетъ 23°. Въ это время онъ находится, какъ говорятъ, въ элонгаціи. Послѣ элонгаціи Меркурій начинаетъ приближаться къ солнцу; его движеніе относительно звѣздъ все еще остается прямымъ, но скорость этого движенія весьма незначительна; наконецъ, когда онъ находится въ 18° отъ солнца, его движеніе совершенно прекращается; въ это время мы наблюдаемъ стояніе Меркурія. Послѣ стоянія, движеніе Меркурія дѣлается обратнымъ, скорость постепенно увеличивается, онъ приближается къ солнцу и, наконецъ, дѣлается совершенно невидимымъ. Въ теченіе этого времени видимый діаметръ Меркурія все увеличивается, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, солнцемъ освѣщается все меньшая и меньшая часть его поверхности, и въ зрительныя трубы онъ представляется намъ въ видѣ серпа, постоянно уменьшающагося. Когда онъ находится въ весьма близкомъ разстояніи отъ солнца, скорость его обратнаго движенія достигаетъ наибольшей величины. Выйдя изъ лучей солнца на западной сторонѣ отъ него, Меркурій начинаетъ двигаться все медленнѣе и медленнѣе и, наконецъ, на нѣкоторое время останавливается въ 18° къ западу отъ солнца. Послѣ этого вторичнаго стоянія, движеніе его снова дѣлается прямымъ, скорость постепенно увеличивается, и онъ, наконецъ, удаляется на 23° къ западу отъ солнца. Затѣмъ онъ начинаетъ приближаться къ послѣднему, движеніе его остается все время прямымъ, и скорость достигаетъ наибольшей величины тогда, когда Меркурій подходитъ весьма близко къ солнцу. Въ концѣ концовъ онъ приходитъ въ то-же самое положеніе относительно солнца, въ которомъ находился уже раньше, и съ этого момента всѣ описанныя явленія повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Все время, пока

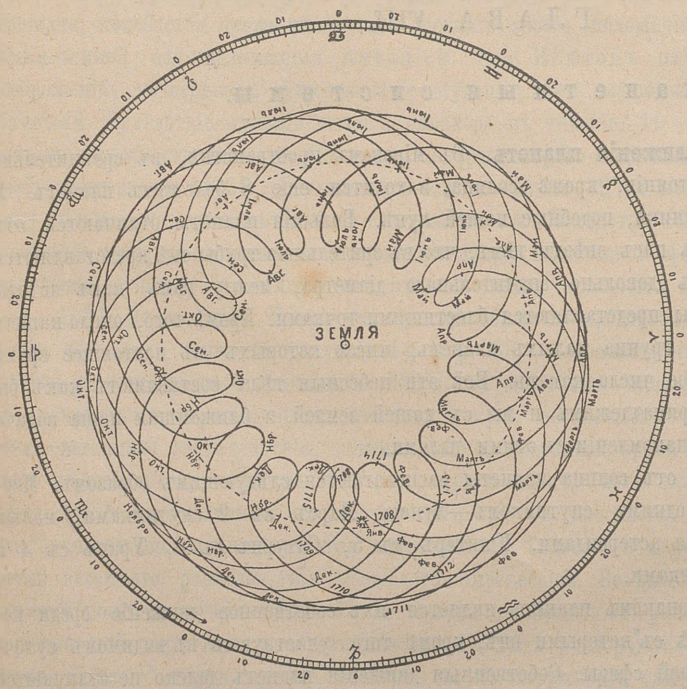


Рис. 45.

Меркурій находится къ западу отъ солнца, освѣщаемая послѣднимъ часть его поверхности постепенно увеличивается, онъ представляется намъ въ зрительныя трубы въ видѣ серпа, постоянно увеличивающагося, и вблизи солнца, наконецъ, снова принимаетъ форму полнаго диска. Продолжительность періода, охватывающаго всѣ вышеописанныя явленія, равна 116 днямъ. Обратнымъ движеніемъ Меркурій движется въ теченіе $17^1/_2$ дней и въ это время проходитъ дугу въ $12^1/_2{}^0$.

Въ движеніи другой нижней планеты, Венеры, наблюдаются явленія, совершенно подобныя вышеописаннымъ; разница заключается только въ числовыхъ величинахъ. Такъ, наибольшое угловое удаленіе Венеры отъ солнца составляетъ $46^1/_2{}^0$. Стояніе Венеры случается при ея удаленіи на 28^0 къ востоку или западу отъ солнца. Періодъ, по истеченіи котораго всѣ неправильности въ движеніи Венеры повторяются въ прежнемъ порядкѣ, охватываетъ 582 дня. Обратнымъ движеніемъ Венера движется въ теченіе 41 дня и въ это время проходитъ дугу въ 16^0. Обѣ нижнія планеты въ теченіе одной половины того промежутка времени, въ предѣлахъ котораго заключаются всѣ выше описанныя неправильности въ ихъ движеніи, находятся къ востоку отъ солнца и потому восходятъ и заходятъ послѣ него; въ теченіе другой половины онѣ находятся къ западу отъ солнца и потому восходятъ и заходятъ раньше него. Въ первомъ случаѣ онѣ называются вечерними звѣздами, во второмъ—утренними. * Рис. 45 представляетъ видимый съ земли путь Меркурія съ 1708 по 1715 годъ, рис. 46—путь Венеры съ 1708 по 1716 годъ. Въ центрѣ находится земля. Пунктирная круговая линія обозначаетъ видимый годовой путь солнца. На этихъ рисункахъ можно прослѣдить всѣ вышеописанныя подробности кажущагося движенія нижнихъ планетъ. *

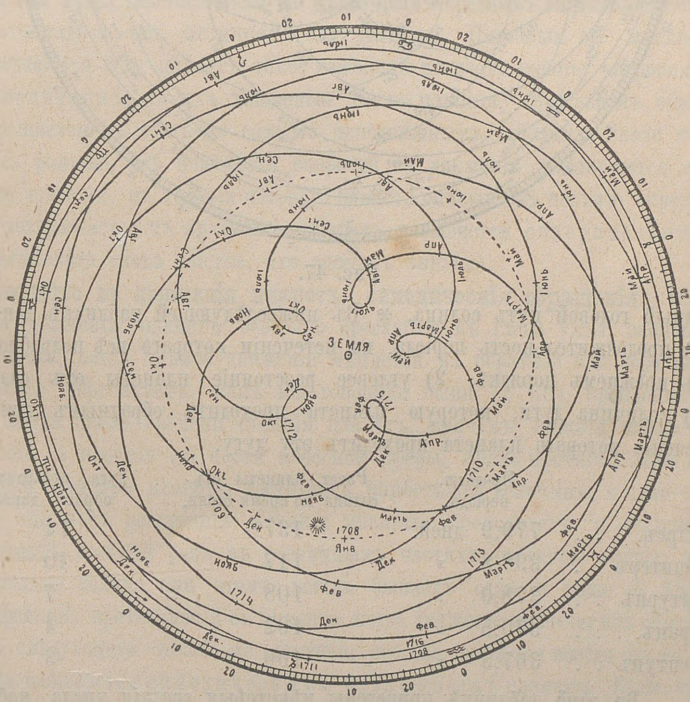


Рис. 46.

§ 60. **Движенія верхнихъ планетъ.** Въ движеніи остальныхъ планетъ, называемыхъ верхними, мы наблюдаемъ другія явленія. Разсмотримъ, для примѣра, движеніе Марса. Начнемъ съ того момента, когда онъ находится въ весьма близкомъ угловомъ разстояніи отъ солнца, и когда его видимый діаметръ наименьшій; въ это время онъ движется съ наибольшею скоростью съ запада на востокъ, т. е. имѣетъ наибольшее прямое движеніе. Но по мѣрѣ того какъ онъ удаляется къ западу отъ солнца, скорость его прямого движенія постоянно уменьшается, и, наконецъ, при удаленіи на 137^0 къ западу отъ солнца, онъ на нѣкоторое время останавливается; послѣ этого его движеніе дѣлается обратнымъ, скорость движенія постепенно увеличивается, но онъ все продолжаетъ удаляться

отъ солнца. Когда Марсъ находится въ части небесной сферы, прямо противоположной солнцу, и когда онъ, слѣдовательно, проходитъ черезъ меридіанъ въ полночь, скорость его обратнаго движенія и видимый его діаметръ дѣлаются наибольшими. Съ этого момента скорость движенія Марса постепенно уменьшается, пока онъ, наконецъ, снова не остановится въ 137° къ востоку отъ солнца. Послѣ этого вторичнаго стоянія, движеніе его дѣлается опять прямымъ, и онъ съ возрастающей скоростью приближается къ солнцу, въ весьма близкомъ разстояніи отъ котораго скорость его прямого движенія дѣлается наибольшей, а видимый діаметръ наименьшимъ. Такимъ образомъ Марсъ приходитъ, наконецъ, въ тоже самое положеніе относительно солнца, въ которомъ онъ находился раньше, и съ этого момента всѣ подробности его движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ. * На рис. 47 представлено видимое съ земли движеніе Марса съ 1708 по 1723 г. Въ центрѣ находится земля, пунктирная линія обозначаетъ видимый годовой путь солнца. * Въ нижеслѣдующей табличкѣ даны для верхнихъ планетъ: 1) продолжительность періода, по истеченіи котораго всѣ подробности движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ, 2) угловое разстояніе планеты отъ солнца во время ея стоянія, 3) величина дуги, которую планета проходитъ обратнымъ движеніемъ и 4) время, въ теченіе котораго планета проходитъ эту дугу.

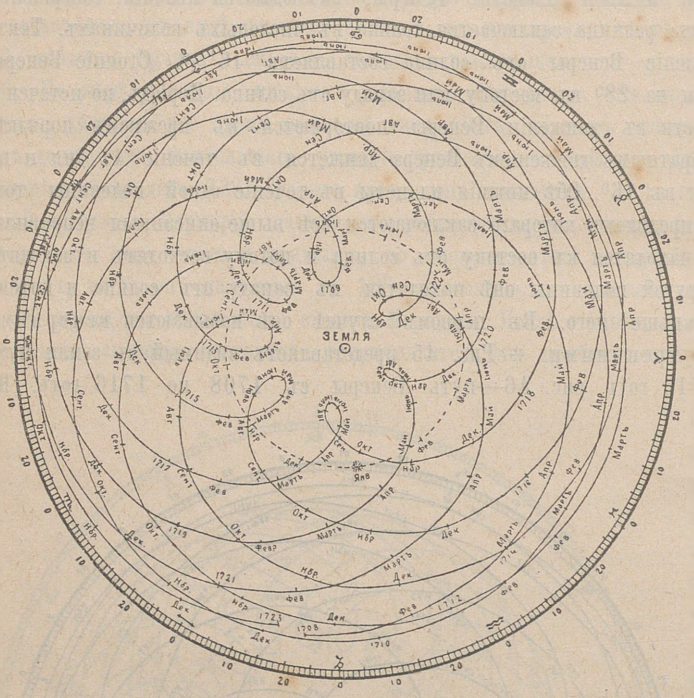


Рис. 47.

	Продолж. періода.	Разст. планеты отъ солнца во время стоян.	Дуга, проходимая обратн. движ.	Время, въ течен. котор. план. им. обр. движ.
Марсъ. . . .	779,9 дней.	137°	14°	70 дней
Юпитеръ . .	398,8 »	117	10	119 »
Сатурнъ . .	378,0 »	108	7	136 »
Уранъ. . . .	370,5 »	102	4	150 »
Нептунъ . .	367,5 »	100	3	158 »

Въ этой табличкѣ приведены нѣкоторыя среднія числа; наблюдаемыя же числа часто довольно значительно отличаются отъ нихъ въ ту и другую сторону. Такъ, напримѣръ, для Марса угловое разстояніе отъ солнца во время стоянія измѣняется отъ 129° до 147°; промежутокъ, въ теченіе котораго Марсъ движется обратнымъ движеніемъ, мѣняется отъ 60 до 80 дней и т. д.

До сихъ поръ мы разсматривали только движеніе планетъ по долготѣ, и это движеніе представляется довольно сложнымъ. Если же принять во вниманіе также измѣненія ихъ широты, то видимое движеніе планетъ, очевидно, должно быть еще сложнѣе. Нерѣдко

случается, что планета въ то время, когда ея обратнос движеніе переходитъ снова въ прямое, пересѣкаетъ пройденный уже путь и, какъ говорятъ, завязываетъ петлю или узелъ. Такіе узлы особенно часто наблюдаются у нижнихъ планетъ.

§ 61. **Первое неравенство въ движеніи планетъ, сидерическія обращенія.** Прежде чѣмъ объяснить всѣ особенности движенія планетъ, замѣтимъ, что мы наблюдаемъ двоякаго рода неравенства ихъ движенія. Перваго рода неравенства заключаются исключительно въ измѣненіи скорости движенія планетъ по ихъ пути. При этомъ мы вовсе не должны обращать вниманія ни на прямыя и обратныя движенія, ни на узлы, завязываемые планетами, ни на ихъ стоянія. Перваго рода неравенства наблюдаются также въ движеніи солнца и луны; у этихъ свѣтилъ измѣненіе скорости движенія легко замѣчается уже потому, что ихъ движеніе не представляетъ никакихъ другихъ неправильностей. Наибольшее суточное измѣненіе долготы солнца составляетъ $61{,}2'$ и бываетъ тогда, когда долгота солнца равна приблизительно 280^0, что случается въ началѣ Января. Въ это время солнце находится въ созвѣздіи Стрѣльца. Наименьшее измѣненіе долготы солнца, равное $57{,}2'$, наблюдается въ началѣ Іюля, когда солнце находится въ созвѣздіи Близнецовъ и когда его долгота мало отличается отъ 100^0. Такимъ образомъ дуга, проходимая солнцемъ въ 14 дней въ Январѣ мѣсяцѣ, на 1^0 больше дуги, проходимой солнцемъ въ такой-же промежутокъ въ Іюлѣ. Эта величина не могла ускользнуть отъ вниманія древнихъ наблюдателей, несмотря на несовершенство ихъ инструментовъ. Еще болѣе рѣзко бросается въ глаза наравномѣрность движенія луны. Долгота луны, вычисленная съ нѣкоторымъ среднимъ ея измѣненіемъ, можетъ на цѣлыхъ 6^0 отличаться отъ истинной ея долготы. Подобныя же измѣненія скорости движенія замѣчаются и у планетъ; такое измѣненіе скорости древніе астрономы назвали первымъ неравенствомъ въ ихъ движеніи. Когда планета, при своемъ обращеніи около солнца, возвращается къ тѣмъ-же самымъ неподвижнымъ звѣздамъ, около которыхъ она уже находилась раньше, всѣ измѣненія скорости ея движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ. Періодъ времени, въ теченіи котораго планета описываетъ полную окружность на небесной сферѣ и возвращается къ прежнимъ звѣздамъ, называется сидерическимъ обращеніемъ ея (отъ латинскаго слова sidcrae, что значитъ звѣзды).

§ 62. **Второе неравенство въ движеніи планетъ, синодическія обращенія.** Изъ всѣхъ неправильностей въ движеніи планетъ особенно бросаются въ глаза узлы, завязываемые планетами въ то время, когда прямое движеніе мѣняется на обратное или обратное на прямое. При этомъ планета пересѣкаетъ, какъ мы говорили выше (§ 60), пройденный уже путь. Это случается всегда около времени стоянія планетъ, причемъ нижнія планеты усматриваются вблизи солнца, а верхнія въ части небесной сферы, прямо противоположной солнцу. Въ это время видимый діаметръ планеты достигаетъ наибольшей величины, и планета находится въ ближайшемъ отъ насъ разстояніи. Стоянія планеты происходятъ, а слѣдовательно и узлы она завязываетъ каждый разъ въ различныхъ частяхъ небесной сферы; но положеніе планеты относительно солнца при этомъ всегда бываетъ одно и тоже (§ 58); точно также промежутокъ времени, протекающій съ момента, когда движеніе планеты изъ обратнаго дѣлается прямымъ, до слѣдующаго такого-же момента, вообще, остается всегда одинъ и тотъ-же. Этотъ промежутокъ называется синодическимъ обращеніемъ планеты. Если мы будемъ выводить синодическія обращенія изъ наблюденій, отдѣленныхъ сравнительно короткимъ промежуткомъ времени, то будемъ получать величины, нѣсколько отличныя одна отъ другой. Средняя же величина синодическаго обращенія, выведенная изъ наблюденій, отдѣленныхъ другъ отъ друга нѣсколькими столѣтіями, остается постоянной. Такимъ образомъ для различныхъ планетъ найдены слѣдующія величины синодическихъ обращеній:

для Меркурія . .	116 дней,	для Юпитера. . .	399 дней,
» Венеры . . .	584 дня,	» Сатурна . . .	378 »
» Марса . . .	780 дней.		

При этомъ для Юпитера, напримѣръ, черезъ 142 дня послѣ его соединенія (§ 45(съ солнцемъ наступаетъ первое его стояніе, во время котораго его угловое разстояніе отъ солнца составляетъ 117°. Послѣ перваго стоянія въ теченіе 119 дней онъ перемѣщается по небесной сферѣ обратнымъ движеніемъ, и по истеченіи 261 дня послѣ его соединенія съ солнцемъ мы наблюдаемъ второе его стояніе, послѣ чего движеніе его снова дѣлается прямымъ. Подобнымъ же образомъ происходитъ видимое съ земли движеніе другихъ планетъ. ✲ На рисункѣ 48 представлены видимыя движенія Юпитера съ 1708 по 1720 годъ и Сатурна съ 1708 по 1737 годъ. По этому чертежу читатель наглядно можетъ убѣдиться въ томъ, что нѣсколькими строками выше сказано о движеніи Юпитера. ✲

Описанныя въ этомъ параграфѣ особенности движенія планетъ древніе астрономы назвали вторымъ неравенствомъ въ ихъ движеніи.

Намъ кажется нелишнимъ тутъ же замѣтить, что первое неравенство происходитъ отъ того, что планеты движутся около солнца не по круговымъ линіямъ, а по эллиптическимъ, и вслѣдствіе этого, и въ дѣйствительности въ различныхъ точкахъ своего пути имѣютъ различныя скорости. Причина же второго неравенства заключается въ томъ, что мы наблюдаемъ планеты съ земли, которая сама также движется около солнца.

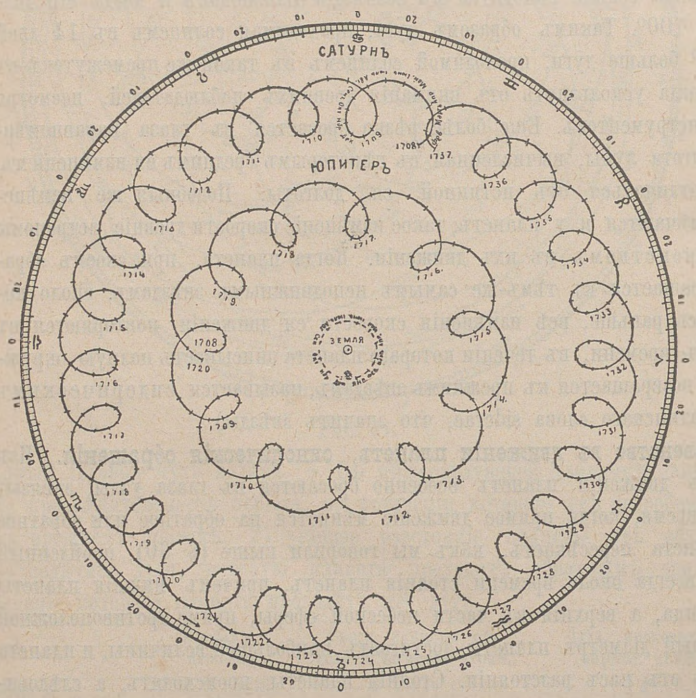


Рис. 48.

§ 63. **Основныя положенія теоріи, предложенной древними астрономами для объясненія движенія планетъ.** При развитіи теоріи движенія планетъ необходимо, конечно, имѣть въ виду всѣ вышеизложенныя особенности ихъ движенія. Древніе астрономы при этомъ предполагали, что въ центрѣ вселенной находится земля. Такое странное на нашъ взглядъ положеніе они принимали не только потому, что оно вполнѣ согласовалось съ непосредственными впечатлѣніями чувствъ, но главнымъ образомъ потому, что они считали землю важнѣйшимъ тѣломъ вселенной, ради котораго созданы всѣ остальныя тѣла. Кромѣ этого положенія въ основу разсужденій древнихъ астрономовъ легло еще другое, также ничѣмъ не доказанное, а именно, что всѣ тѣла движутся равномѣрно по окружностямъ круговъ. По ихъ мнѣнію, Творецъ міра долженъ былъ устроить вселенную такъ, чтобы всѣ тѣла двигались по самымъ совершеннымъ кривымъ, т. е. по окружностямъ круговъ. Вышеприведенныя два положенія, ни на чемъ не основанныя, долгое время считались неопровержимыми истинами, и даже на всякаго, кто сомнѣвался въ нихъ, смотрѣли какъ на преступника и еретика. Вслѣдствіе этого въ теченіе тысячелѣтій истинное устройство вселенной оставалось для насъ совершенно неизвѣстнымъ

Посмотримъ же, какимъ образомъ древніе астрономы, исходя изъ этихъ положеній, объясняли такъ называемыя первое и второе неравенства въ движеніе планетъ.

§ 64. **Объясненіе перваго неравенства, эксцентрическій кругъ.** На рис. 49 точка A есть центръ кругового пути солнца $CC'C''$, а линія AV представляетъ линію равноденствій, отъ которой отсчитываются всѣ долготы въ направленіи отъ C''' къ C, съ запада на востокъ. Полный кругъ около земли солнце описываетъ въ теченіе года; въ теченіе сутокъ оно проходитъ постоянно одну и ту-же дугу $Cm = C''m''$. Если бы земля находилась въ центрѣ A круга $CC'C''$, то эти равныя дуги Cm и $C''m''$ мы постоянно усматривали бы подъ равными углами $CAm = C''Am''$. Однако это противорѣчитъ наблюденіямъ, которыя показываютъ, что зимой солнце проходитъ въ теченіе сутокъ бо́льшую дугу, чѣмъ лѣтомъ. Поэтому древніе астрономы полагали, что земля находится въ нѣкоторой точкѣ B, не совпадающей съ центромъ круга $CC'C''$, причемъ въ этомъ случаѣ долготы свѣтилъ слѣдуетъ отсчитывать отъ линіи BV, параллельной линіи равноденствій AV. Изъ точки B наблюдатель усматриваетъ двѣ равныя дуги Cm и $C''m''$ подъ различными углами CBm и $C''Bm''$, и такъ какъ первый изъ этихъ угловъ меньше второго, то въ точкѣ C солнце должно находиться лѣтомъ, когда его долгота VBC или VAC равна 100^0; точку же C'' солнце занимаетъ зимой, когда его долгота VBC'' или VAC'' составляетъ 280^0. Разстояніе AB отъ центра земли до центра круга $CC'C''$, очевидно, надо опредѣлить такъ, чтобы углы CBm и $C''Bm''$ соотвѣтственно были равны $57{,}2'$ и $61{,}2'$. Небольшое вычисленіе показываетъ, что требуемое условіе будетъ выполнено, если мы примемъ, что $C''B = 0{,}965\ AC''$ и слѣдовательно $AB = 0{,}035\ AC''$. Такимъ образомъ искомое разстояніе AB составляетъ приблизительно $^1/_{30}$-ую часть радіуса AC'' круга $CC'C''$.

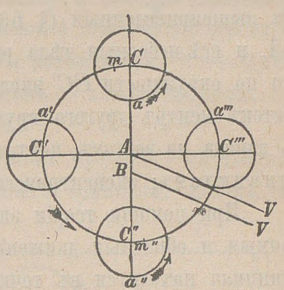


Рис. 49.

Такова, въ дѣйствительности, была теорія, предложенная Гиппархомъ для объясненія движенія солнца и впослѣдствіи распространенная также на всѣ планеты. Кругъ $CC'C''$, по которому движется солнце и центръ котораго не совпадаетъ съ центромъ земли, былъ названъ эксцентрическимъ кругомъ. Сообразно съ этой теоріей, въ началѣ іюля солнце занимаетъ точку C, въ это время оно движется съ наименьшею скоростью, и такъ какъ оно находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли, то его видимый діаметръ представляется наблюдателю наименьшимъ. Въ началѣ января солнце находится въ точкѣ C''; въ это время какъ скорость движенія, такъ и видимый діаметръ солнца дѣлаются наибольшими. При движеніи по полуокружности $CC'C''$, солнце постоянно приближается къ землѣ; поэтому скорость движенія и видимый діаметръ его въ это время постепенно увеличиваются. При движеніи же солнца по полуокружности $C''C'''C$, скорость и видимый діаметръ его снова уменьшаются и при томъ по тому же самому закону, по которому они прежде увеличивались. Когда солнце находится на полуокружности $C'C''C'''$ вблизи точекъ C' и C''', то оно движется съ нѣкоторою среднею скоростью, и также видимый діаметръ его равенъ нѣкоторой средней величинѣ. Все это довольно хорошо согласовалось съ наблюденіями, которыя въ тѣ времена, безъ сомнѣнія, были еще весьма несовершенны.

Уже древніе астрономы изъ своихъ наблюденій замѣтили, что скорости движенія и видимыя діаметры луны и остальныхъ планетъ измѣняются подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто для солнца. Поэтому, вышеизложенная теорія и была примѣнена древними астрономами для объясненія такъ называемаго перваго неравенства въ движеніи планетъ вообще. Извѣстно, что видимый діаметръ свѣтила измѣняется обратно пропорціонально разстоянію его до земли (§ 43). Если бы древніе астрономы могли производить точныя наблюденія, то они замѣтили бы, что только что высказанный законъ не согласуется съ

ихъ теоріей движенія планетъ. При помощи своихъ несовершенныхъ инструментовъ они во всякомъ случаѣ могли бы открыть это несогласіе относительно ближайшаго къ землѣ свѣтила—луны, если бы они съ надлежащимъ вниманіемъ слѣдили за этимъ свѣтиломъ. Согласно съ ихъ теоріей, разность между наибольшей и наименьшей величинами видимаго діаметра луны должна доходить до 9′; на самомъ же дѣлѣ эта разность составляетъ только 4′. Наблюдательныя средства древнихъ были вообще недостаточны, чтобы опредѣлять разстоянія свѣтилъ до земли. Поэтому они находились въ полномъ невѣдѣніи относительно этого важнаго вопроса.

§ 65. **Объясненіе второго неравенства, эпициклы и деференты.** Далѣе, необходимо было объяснить такъ называемое второе неравенство въ движеніи планетъ, т. е. ихъ стоянія и обратныя движенія. Но такъ какъ древніе астрономы считали за непреложныя истины два вышеприведенныя (§ 63) положенія, по которымъ земля находится въ центрѣ вселенной, и всѣ небесныя тѣла равномѣрно движутся по окружностямъ круговъ, то они приняли, что по окружности CC' эксцентрическаго круга (§ 64) движется равномѣрно съ запада на востокъ центръ другого круга Ca, а по окружности этого послѣдняго, также равномѣрно и съ запада на востокъ, центръ планеты. Этотъ второй кругъ Ca древніе астрономы назвали эпициклomъ; эксцентрическій же кругъ CC' иначе называется деферентомъ.

При помощи теоріи эпициклovъ и деферентовъ, вообще, легко можно объяснить какъ прямыя и обратныя движенія планетъ, такъ и ихъ стоянія. Положимъ, напр., что центръ эпицикла находится въ точкѣ C'', а планета, занимаетъ на эпициклѣ точку a'', наиболѣе удаленную отъ земли.

Въ этомъ случаѣ обѣ точки C'' и a'' перемѣщаются по одному и тому-же направленію съ запада на востокъ, и наблюдателю съ земли кажется, что планета движется со скоростью, равною суммѣ скоростей точекъ C'' и a''. Слѣдовательно, въ это время наблюдается наибольшее прямое движеніе планеты.

Черезъ полъ-оборота центръ эпицикла займетъ положеніе C. Положимъ, что планета въ это время находится на эпициклѣ въ точкѣ a, ближайшей къ землѣ B. Въ такомъ случаѣ движеніе точекъ C и a происходитъ по прямо противоположнымъ направленіямъ. Если мы допустимъ, что скорость движенія планеты по окружности эпицикла больше скорости движенія центра эпицикла по окружности деферента, то наблюдателю съ земли должно казаться, что планета движется съ востока на западъ со скоростью, равною разности скоростей точекъ a и C. Слѣдовательно, въ это время наблюдается наибольшее обратное движеніе планеты.

Въ точкѣ a'' направленіе движенія планеты по окружности эпицикла перпендикулярно къ линіи BC'', соединяющей центръ эпицикла C'', а также и точку a'' съ землею B. По мѣрѣ же перемѣщенія центра эпицикла C'' по окружности деферента съ запада на востокъ, перемѣщается также и планета a'' по окружности эпицикла, и потому направленіе движенія планеты составляетъ все меньшій и меньшій уголъ съ линіей, соединяющей планету съ землей. Вслѣдствіе этого наблюдатель усматриваетъ съ земли все подъ меньшимъ и меньшимъ угломъ одну и ту-же дугу, проходимую планетой по окружности эпицикла въ одинъ и тотъ-же промежутокъ времени, и ему кажется, что скорость прямого движенія планеты постепенно уменьшается. Наконецъ, центръ эпицикла достигаетъ такой точки, въ которой движеніе планеты по эпициклу направлено прямо на землю. Въ такомъ случаѣ, движенія планеты по эпициклу наблюдатель, очевидно, совсѣмъ не можетъ замѣтить, и ему въ этотъ моментъ кажется, что планета движется съ запада на востокъ со среднею скоростью, равною скорости движенія центра эпицикла по окружности деферента. Послѣ этого направленіе движенія планеты по эпициклу составляетъ съ направленіемъ на землю все большій и большій уголъ, видимая съ земли скорость движенія планеты по окружности эпицикла все увеличивается; а такъ какъ направленіе движенія планеты при этомъ обратно

Biblioteka Główna PSC

направленію движенія центра эпицикла по окружности деферента, то наблюдателю кажется, что скорость прямого движенія планеты постоянно уменьшается. Наконецъ скорость движенія планеты по эпициклу, постоянно увеличиваясь, дѣлается равной скорости движенія центра эпицикла по деференту. Въ это время съ земли наблюдается, очевидно, такъ называемое стояніе планеты. Послѣ стоянія планеты, видимая съ земли скорость ея движенія по эпициклу превосходитъ скорость движенія центра эпицикла, и такъ какъ оба ати движенія направлены въ разныя стороны, то наблюдателю кажется, что прямое движеніе планеты измѣнилось на обратное, и что скорость ея обратнаго движенія постоянно растетъ, пока, наконецъ, не достигнетъ въ точкѣ C своей наибольшей величины. При движеніи планеты по полуокружности $CC'C''$ наблюдаются подобныя же явленія только въ обратномъ порядкѣ.

§ 66. **Опредѣленіе временъ обращенія планеты по эпициклу и центра эпицикла по деференту.** Чтобы положенія планетъ, вычисленныя на основаніи изложенной въ предыдущемъ параграфѣ теоріи, согласовались съ наблюдаемыми ихъ положеніями, необходимо извѣстнымъ образомъ опредѣлить радіусы эпицикловъ и деферентовъ, а также скорости, съ которыми происходятъ движенія по окружностямъ этихъ круговъ.

Съ этой цѣлію древніе астрономы приняли, что промежутокъ времени, въ теченіе котораго планета совершаетъ полный оборотъ по окружности своего эпицикла, равенъ ея синодическому обращенію (§ 62); промежутокъ же времени, въ теченіе котораго центръ эпицикла совершаетъ полный оборотъ по окружности деферента, для верхнихъ планетъ равенъ ихъ сидерическому обращенію (§ 61), а для двухъ нижнихъ планетъ, Меркурія и Венеры, сидерическому обращенію солнца, т. е. 365,256 днямъ.

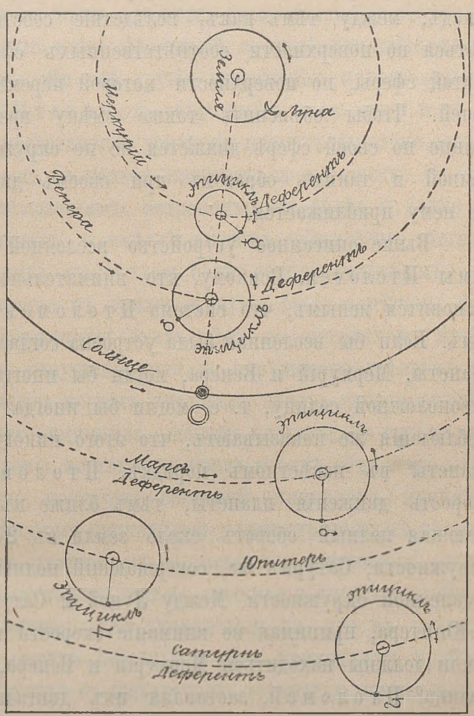


Рис. 50.

Такъ какъ изъ наблюденій было извѣстно, что для верхнихъ планетъ, во время ихъ соединенія съ солнцемъ (§ 45), скорость прямого движенія достигаетъ наибольшей величины, а во время противостоянія скорость обратнаго движенія дѣлается наибольшей, то, очевидно, слѣдовало допустить, что любая изъ верхнихъ планетъ во время соединенія находится на эпициклѣ въ точкѣ a'' (рис. 49), наиболѣе удаленной отъ земли, а во время противостоянія въ точкѣ a, ближайшей къ землѣ. Что касается нижнихъ планетъ, то онѣ совсѣмъ не могутъ быть въ противостояніи съ солнцемъ; за-то для нихъ возможны два соединенія. То соединеніе, при которомъ скорость прямого движенія наибольшая и видимый діаметръ наименьшій, называется верхнимъ; другое же, при которомъ какъ скорость обратнаго движенія, такъ и видимый діаметръ достигаютъ наибольшихъ своихъ величинъ, носитъ названіе нижняго соединенія. Чтобы теорію движенія нижнихъ планетъ привести въ согласіе съ наблюденіями, необходимо было допустить, что во время верхняго соединенія онѣ находятся въ наиболѣе удаленной отъ земли точкѣ a'' своего эпицикла, а во время нижняго соединенія въ ближайшей точкѣ a

§ 67. **Планетная система Птоломея.** Теорію эпицикловъ и деферентовъ во всей полнотѣ впервые изложилъ Птоломей, жившій въ Александріи въ серединѣ второго вѣка послѣ Р. Х., въ своемъ сочиненіи «Μεγάλη Σύνταξις», которое извѣстно намъ болѣе подъ арабскимъ названіемъ Альмагеста. Согласно съ теоріей Птоломея, земля покоится неподвижно въ центрѣ 11-ти концентрическихъ сферъ. Планеты движутся около земли по окружностямъ большихъ круговъ, лежащихъ на этихъ сферахъ. Луна движется по ближайшей къ землѣ окружности, радіусъ которой наименьшій. По окружностямъ слѣдующихъ 6-ти круговъ по порядку движутся: Меркурій, Венера, Солнце, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ; остальныя же двѣ планеты, Уранъ и Нептунъ, во времена Птоломея еще не были извѣстны. * Всѣ небесныя тѣла, за исключеніемъ Луны и Солнца, движутся собственно не по окружностямъ вышеупомянутыхъ круговъ, а по соотвѣтственнымъ эпицикламъ. Система Птоломея представлена на рис. 50. * За той сферой, на которой лежитъ окружность большого круга, описываемаго около земли Сатурномъ, по предположенію Птоломея, находилась восьмая сфера съ расположенными на ней неподвижными звѣздами. Девятая и десятая сферы были нужны Птоломею для объясненія явленія прецессіи (глава VII). Наконецъ, назначеніе одиннадцатой сферы, внутри которой заключались всѣ остальныя и которую Птоломей назвалъ primum mobile, состояло въ томъ, чтобы ежесуточно вращать всѣ 10 внутреннихъ сферъ около неподвижной земли съ востока на западъ; между тѣмъ какъ, вслѣдствіе собственнаго движенія, планеты должны перемѣщаться по поверхности соотвѣтственныхъ сферъ съ запада на востокъ. Вращеніемъ четвертой сферы, по поверхности которой перемѣщалось Солнце, объяснялась смѣна дней и ночей. Чтобы объяснить также смѣну временъ года, Птоломей предположилъ, что солнце по своей сферѣ движется не по окружности круга, а по нѣкоторой винтообразной кривой и такимъ образомъ при своемъ движеніи то удаляется отъ экватора, то снова къ нему приближается.

Выше описанное устройство вселенной извѣстно подъ названіемъ планетной системы Птоломея. Всякому, кто внимательно прочиталъ все, изложенное раньше, сразу становится яснымъ, что система Птоломея противорѣчитъ многимъ наблюдаемымъ фактамъ. Если бы вселенная была устроена согласно съ системой Птоломея, то двѣ нижнія планеты, Меркурій и Венера, могли бы иногда усматриваться въ части неба, прямо противоположной солнцу, т. е. могли бы иногда быть въ противостояніи (§ 45) съ солнцемъ. Наблюденія же показываютъ, что этого никогда не бываетъ. Располагая въ своей системѣ планеты въ извѣстномъ порядкѣ, Птоломей, очевидно, принималъ, что чѣмъ больше скорость движенія планеты, тѣмъ ближе къ землѣ она находится. Такъ, Луна, совершающая полный оборотъ около земли въ 27 дней, движется по ближайшей къ землѣ окружности; Сатурнъ же, совершающій полный оборотъ въ 29 лѣтъ, движется по наиболѣе отдаленной окружности. Между Луной и Сатурномъ легко было расположить Солнце, Марса и Юпитера, принимая во вниманіе скорости ихъ движенія. А на какомъ разстояніи отъ земли должны находиться Меркурій и Венера, которыя движутся то быстрѣе, то медленнѣе Солнца? Птоломей, заставляя ихъ двигаться внутри той сферы, по которой перемѣщается Солнце, очевидно, не имѣлъ для этого никакихъ достаточныхъ основаній и поступилъ просто наудачу. Далѣе, трудно понять, какимъ образомъ земля, находящаяся въ центрѣ вселенной, можетъ приводить въ движеніе крайнюю одинадцатую сферу, а черезъ посредство этой послѣдней и всѣ остальныя сферы съ ихъ планетами и неподвижными звѣздами; еще болѣе непостижимо для нашего ума, что всѣ сферы при этомъ совершаютъ свое вращеніе около центра земли въ точности въ одно и то-же время, именно въ 24 часа.

Для того, вѣроятно, чтобы легче можно было допустить общее вращеніе всѣхъ этихъ сферъ около центра земли, Птоломей полагалъ, что онѣ сдѣланы изъ твердаго прозрачнаго вещества. Такимъ образомъ, сферы въ планетной системѣ Птоломея суть такъ

называемыя кристальныя сферы, вращающіяся около земли вмѣстѣ съ прикрѣпленными къ нимъ планетами и звѣздами. Но если сдѣлать такое, тоже до крайности странное допущеніе, то какимъ образомъ должны совершать свое движеніе безчисленныя кометы? Вѣдь онѣ, при своемъ движеніи, должны были бы въ короткое время въ дребезги разбить всѣ эти кристальныя сферы.

§ 68. **Египетская планетная система.** На основаніи вышеизложенныхъ соображеній непригодность системы Птоломея была настолько очевидна, что уже древніе астрономы не могли не замѣтить этого. Особенно бросалось въ глаза, что Меркурій и Венера никогда не наблюдаются въ противостояніи съ солнцемъ, между тѣмъ какъ это имѣло бы мѣсто, если бы вселенная была устроена согласно съ системой Птоломея. Немудрено поэтому, что система Птоломея еще въ древнія времена подверглась нѣкоторымъ измѣненіямъ. Въ новой измѣненной системѣ Луна, Солнце, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ по прежнему движутся по окружностямъ круговъ, въ общемъ центрѣ которыхъ неподвижно покоится земля; двѣ же нижнія планеты, Меркурій и Венера, совершаютъ свои движенія по окружностямъ меньшихъ размѣровъ, центръ которыхъ совпадаетъ съ центромъ солнца. Эта система извѣстна подъ названіемъ египетской планетной системы, хотя въ настоящее время мы знаемъ, что она впервые была предложена Гераклидомъ Понтійскимъ и только впослѣдствіи была невѣрно приписана египтянамъ. Въ этой системѣ нижнія планеты Меркурій и Венера являются спутниками солнца и уже вмѣстѣ съ нимъ движутся около земли. Не трудно убѣдиться въ томъ, что, благодаря этому, въ египетской планетной системѣ для нижнихъ планетъ противостоянія съ солнцемъ невозможны. Но всѣ другія возраженія, приведенныя въ предыдущемъ параграфѣ противъ системы Птоломея, сохраняютъ свою силу и въ настоящемъ случаѣ. Хотя египетская система представляла движенія планетъ довольно согласно съ наблюденіями древнихъ астрономовъ, все-же ее нельзя признать за истинную. Съ теченіемъ времени, благодаря болѣе точнымъ наблюденіямъ, астрономы все болѣе и болѣе знакомились съ подробностями въ движеніи планетъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, объясненіе этого движенія при помощи планетной системы древнихъ становилось болѣе затруднительнымъ.

Въ движеніи нижнихъ планетъ и особенно въ движеніи луны были замѣчены нѣкоторыя неправильности, объяснить которыя движеніемъ этихъ тѣлъ по эпицикламъ не было никакой возможности. Поэтому было сдѣлано допущеніе, что по окружности деферента движется центръ перваго эпицикла, по окружности перваго эпицикла центръ второго эпицикла и т. д. и, наконецъ, по окружности послѣдняго эпицикла—центръ планеты. Но введя такимъ образомъ цѣлую систему эпицикловъ, астрономы всетаки не могли вполнѣ объяснить наблюдаемыя движенія планетъ. Еще труднѣе было, пользуясь системой эпицикловъ, принять во вниманіе движеніе планеты по широтѣ. Для этого приходилось плоскость каждаго эпицикла наклонять подъ различными углами какъ къ плоскостямъ остальныхъ эпицикловъ, такъ и къ плоскости деферента. Такимъ образомъ получалась весьма сложная и запутанная система взаимно наклоненныхъ круговъ. Съ другой стороны, не удивительно-ли, что въ планетной системѣ древнихъ для объясненія движенія однихъ небесныхъ тѣлъ приходилось прибѣгать къ 2 или даже къ 3 эпицикламъ, движеніе другихъ съ достаточною точностью представлялось съ помощью только одного эпицикла и, наконецъ, движеніе солнца можно было объяснить, пользуясь однимъ только деферентомъ? Не удивительно-ли также, что движенія планетъ около земли зависѣли отъ ихъ положенія относительно солнца, которое, по понятіямъ древнихъ, само было одною изъ планетъ?

Кромѣ того необходимо было допустить, что центръ эпицикла, эта воображаемая, ничѣмъ не обозначенная точка, служилъ мѣстопребываніемъ какой-то таинственной силы, которая заставляла планету двигаться по его окружности! И какую поразительно сложную и запутанную кривую линію должна была въ дѣйствительности описывать въ пространствѣ каждая планета! Въ довершеніе всего каждая планета въ теченіе сутокъ должна была вмѣстѣ

со всѣми неподвижными звѣздами совершать оборотъ около земли! Поэтому вполнѣ понятно, что еще древніе, придя въ ужасъ отъ сложности всѣхъ этихъ перепутанныхъ между собою движеній, допустили существованіе особаго для каждой планеты духовнаго руководителя, который невидимой рукой управлялъ ея движеніемъ по небесной сферѣ, слѣдя за тѣмъ, чтобы она не сбилась со своего пути. Говорятъ, что Альфонсъ X Кастильскій, подробно изучая планетную систему древнихъ, однажды воскликнулъ: «Si a principio creationis humanae Dei altissimi consilio interfuissem, nonnulla melius ordinatiusque condita fuisse». Но вѣдь древнимъ были извѣстны только наиболѣе значительныя неравенства въ движеніи планетъ, достигавшія одного градуса. Во что-же обратилась-бы ихъ планетная система, если бы они вздумали подобнымъ же образомъ представить всѣ безчисленныя неправильности въ движеніи планетъ, доступныя лишь новѣйшимъ точнымъ инструментамъ, всѣ малѣйшія возмущенія, зависящія отъ дѣйствія планетъ другъ на друга!

§ 69. **Планетная система Коперника.** Въ такомъ состояніи находилась возвышеннѣйшая изъ наукъ—астрономія съ древнѣйшихъ временъ до середины XVI-го столѣтія по Р. Хр., т. е. до временъ Коперника. Впрочемъ, благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ Скіапарелли, мы въ настоящее время знаемъ, что уже у древнихъ грековъ встрѣчались отдѣльныя лица, которыя, освободившись отъ укоренившихся съ вѣками предразсудковъ толпы, предугадывали истину. Такъ Филолай, жившій за 450 лѣтъ до Р. Хр., и послѣ него Платонъ полагали, что земля вращается около оси; Гераклидъ Понтійскій училъ, что земля вращается около оси и что Меркурій и Венера описываютъ круги около солнца. Наконецъ, Аристархъ Самосскій полагалъ, что земля и, вообще, всѣ планеты движутся по кругамъ, въ центрѣ которыхъ находится солнце; онъ же объяснялъ времена года вращеніемъ земли около оси, наклоненной къ плоскости эклиптики, и считалъ, что діаметръ круга, описываемаго землею около солнца, ничтоженъ въ сравненіи съ разстояніями до неподвижныхъ звѣздъ. Но эти философы не могли привести достаточныхъ основаній для подтвержденія высказанныхъ ими положеній, и потому ихъ ученія не были признаны всѣми. Далѣе, съ начала христіанской эры до XV-го столѣтія, мы встрѣчаемъ еще нѣкоторыя правильныя астрономическія воззрѣнія у индійцевъ, къ которымъ они могли перейти около 500-го года послѣ Р. Хр. отъ египтянъ. Но все это со временемъ было совершенно забыто, и только Коперникъ снова, уже съ полною опредѣленностью, высказываетъ правильныя мысли объ устройствѣ вселенной, повидимому, совершенно не подозрѣвая, что и до него подобныя мысли высказывались отдѣльными лицами. Надъ развитіемъ своего новаго ученія Коперникъ работалъ съ неутомимой энергіей почти въ теченіе всей своей 70-лѣтней жизни. Изложилъ онъ его въ появившемся незадолго до его смерти сочиненіи: «De revolutionibus orbium coelestium, Norimberg. 1543». При этомъ Коперникъ не ограничился однимъ только изложеніемъ своего ученія, но старался также доказать правильность этого ученія путемъ сравненія его съ наблюдаемыми небесными явленіями. Ученіе Коперника не есть одно только умозрительное ученіе, подобное ученію его предшественниковъ: онъ далъ истинное объясненіе небесныхъ явленій, доказавъ его справедливость посредствомъ вычисленій и наблюденій. Тамъ, гдѣ древніе философы говорили лишь о возможности того или другого объясненія, Коперникъ, основываясь на вполнѣ достовѣрныхъ положеніяхъ, доказалъ, что его объясненіе есть единственно вѣрное. Только его рѣдкой мудрости и высокому мужеству слѣдуетъ приписать то, что онъ выступилъ противъ общераспространеннаго, господствовавшаго въ теченіе тысячелѣтій мнѣнія, рискуя подвергнуться той опасности, которой не могъ избѣжать сто лѣтъ спустя его великій послѣдователь Галилей. Кеплеръ, имѣя въ виду тѣ предубѣжденія, съ которыми пришлось бороться Копернику, сказалъ о немъ: «Vir fuit maximi ingenii et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber».

Согласно съ планетной системой Коперника, всѣ планеты движутся по концентрическимъ кругамъ, въ общемъ центрѣ которыхъ покоится солнце. По степени удаленія отъ солнца,

планеты слѣдуютъ одна за другой въ слѣдующемъ порядкѣ: Меркурій, Венера, Земля, Марсъ, Юпитеръ и Сатурнъ; остальныя планеты въ тѣ времена еще не были извѣстны. Движенія всѣхъ планетъ около солнца совершаются съ запада на востокъ; земля, около которой въ теченіе 27 дней обращается ея спутникъ—луна, совершаетъ, кромѣ того, въ теченіе сутокъ въ томъ же самомъ направленіи полный оборотъ около своей оси, имѣющей наклонное положеніе относительно плоскости эклиптики, въ которой постоянно находится земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца. Вращеніемъ земли около оси въ связи съ ея годовымъ движеніемъ объясняются, съ одной стороны, смѣна дней и ночей, а съ другой—смѣна временъ года, какъ это мы видѣли уже раньше (Глава IV). Что же касается небесной сферы съ ея безчисленными звѣздами, то она находится въ совершенномъ покоѣ, и если на ней не отражается перемѣщеніе нашей земли въ пространствѣ, то это происходитъ отъ того, что разстоянія отъ земли до звѣздъ чрезвычайно велики.

Планетная система Коперника настолько проста, что предполагаемое ею устройство вселенной понятно безъ всякаго чертежа. Посмотримъ же, какимъ образомъ при помощи этой системы объясняются удивительныя движенія планетъ, доставившія столько труда древнимъ астрономамъ.

Сначала будемъ имѣть въ виду какую-нибудь верхнюю планету. Пусть точка S представляетъ центръ солнца и, вмѣстѣ съ тѣмъ, общій центръ двухъ концентрическихъ круговъ I, II, III.... и 1, 2, 3.... (рис. 51). Положимъ, что по окружности перваго изъ этихъ круговъ движется около солнца земля, а по окружности второго—какая-нибудь верхняя планета, и что оба эти движенія происходятъ равномѣрно въ направленіи съ запада на востокъ. Положимъ еще, что въ тѣ моменты, когда земля занимаетъ положенія I, II...., планета находится сотвѣтственно въ точкахъ 1, 2.... своего пути. Когда земля, вскорѣ послѣ соединенія планеты съ солнцемъ, приходитъ въ точку I, планета, находящаяся въ дѣйствительности въ точкѣ 1 своего пути, усматривается съ земли въ точкѣ $1'$ небесной сферы. Въ это время, т. е. около соединенія, наблюдателю кажется, что скорость прямого движенія планеты достигаетъ наибольшей величины, такъ какъ она равна суммѣ скоростей истинныхъ движеній планеты и земли, изъ которыхъ первая движется справа налѣво, а вторая слѣва направо. Спустя нѣкоторое время земля перемѣстится въ точку II, а планета займетъ положеніе 2 на своемъ пути. Въ это время планета находится въ квадратурѣ съ солнцемъ, такъ какъ уголъ $SII2$ прямой, и, слѣдовательно, движеніе земли направлено прямо на планету. Въ это время видимое движеніе планеты, очевидно, равно ея истинному движенію по своему пути, и планета, занимающая точку 2, усматривается съ земли въ точкѣ $2'$ небесной сферы, значительно дальше къ востоку, чѣмъ во время соединенія.

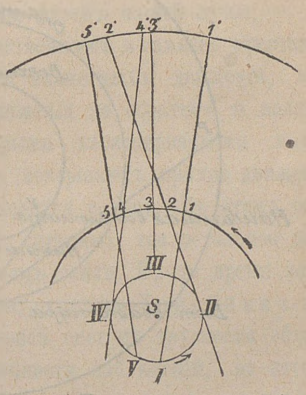


Рис. 51.

Послѣ квадратуры направленіе движенія земли составляетъ все меньшій и меньшій уголъ съ направленіемъ движенія планеты, и такъ какъ оба движенія происходятъ въ одну сторону, то видимое движеніе планеты все больше и больше замедляется. Около времени оппозиціи планеты съ солнцемъ, когда земля и планета находятся соотвѣтственно въ точкахъ III и 3, какъ земля, такъ и планета движутся справа налѣво по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ линіи зрѣнія $SIII3$. Въ этомъ случаѣ скорость видимаго движенія планеты равна разности скоростей истинныхъ движеній обоихъ тѣлъ. Но въ виду того, что скорость движенія земли, какъ ближайшаго къ солнцу тѣла, больше скорости планеты, движеніе этой послѣдней представляется наблюдателю обратнымъ; скорость обратнаго движенія планеты въ это время

должна быть наибольшая, и планета усматривается съ земли въ точкѣ $3'$ небесной сферы, т. е. кажется отступившей отъ точки $2'$ на значительное разстояніе къ западу. Между квадратурой планеты и ея противостояніемъ земля, перемѣщаясь по своему пути изъ точки II въ точку III, въ нѣкоторый моментъ занимаетъ такое положеніе изъ котораго планета цредставляется наблюдателю неподвижной. Это и есть моментъ стоянія планеты.

Послѣ противостоянія планеты уголъ, составляемый направленіемъ движенія земли съ направленіемъ движенія планеты, снова постепенно увеличивается, вслѣдствіе чего скорость кажущагося обратнаго движенія ея все болѣе и болѣе уменьшается, и, наконецъ, для наблюдателя, находящагося на землѣ, вторично наступаетъ моментъ стоянія планеты. Послѣ этого момента видимое движеніе планеты дѣлается снова прямымъ, и скорость движенія постоянно увеличивается.

Во время второй квадратуры, когда земля находится въ точкѣ IV, а планета въ точкѣ 4, планета представляется наблюдателю передвинувшейся на небесной сферѣ въ точку $4'$, нѣсколько къ востоку отъ точки $3'$, и скорость ея видимаго движенія, какъ и и во время первой квадратуры, равна скорости ея истиннаго движенія, такъ какъ направленіе движенія земли совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей, и потому движеніе земли не оказываетъ никакого вліянія на скорость видимаго движенія планеты. Послѣ этой квадратуры видимая скорость прямого движенія планеты возрастаетъ еще болѣе; поэтому, когда земля находится въ точкѣ V, а планета въ точкѣ 5, планета кажется перемѣстившейся на небесной сферѣ еще дальше къ востоку въ положеніе $5'$. Наконецъ, когда планета снова приходитъ въ соединеніе съ солнцемъ, скорость прямого движенія достигаетъ наибольшей величины. Съ этого момента начинается новый періодъ, въ теченіе котораго всѣ подробности видимаго движенія планеты повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Едва ли необходимо приводить тѣ-же самыя разъясненія относительно движенія нижнихъ планетъ. Ихъ движеніе мы легко себѣ представимъ, если вообразимъ два концентрическихъ круга и положимъ, что по окружности внѣшняго круга движется около солнца земля, а окружность внутренняго круга, меньшихъ размѣровъ, есть путь, описываемый нижней планетой около солнца. Во время верхняго соединенія планеты (§§ 45 и 66), когда солнце находится между планетой и землей, ихъ истинныя движенія совершаются по прямо противоположнымъ направленіямъ; поэтому, наблюдателю съ земли кажется, что движеніе планеты прямое, и что скорость этого движенія наибольшая. Послѣ верхняго соединенія уголъ, составляемый направленіемъ движенія планеты съ направленіемъ движенія земли, увеличивается, и, вслѣдствіе того, кажущееся прямое движеніе планеты постепенно замедляется. Во время восточной элонгаціи (§ 59) направленіе движенія планеты, иначе говоря, касательная къ кругу, описываемому планетой около солнца, совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей; поэтому наблюдателю кажется, что планета перемѣщается на небесной сферѣ на такую же дугу въ лѣвую сторону, на какую земля по своему пути движется въ правую. Послѣ этого момента какъ

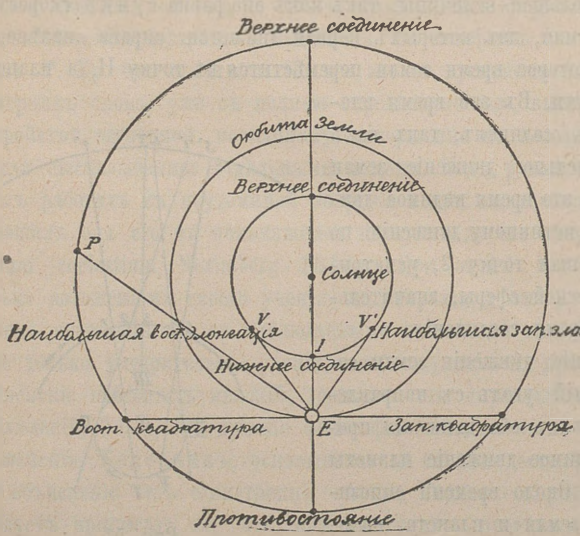


Рис. 52.

земля, такъ и планета начинаютъ двигаться по своимъ путямъ объ въ одну и ту-же сторону, именно направо. Наконецъ, во время нижняго соединенія планеты съ солнцемъ направленія движенія планеты и земли дѣлаются въ точности параллельными между собою. Но въ виду того, что движеніе планеты, какъ тѣла, ближайшаго къ солнцу, происходитъ быстрѣе, чѣмъ движеніе земли, наблюдателю кажется, что планета имѣетъ обратное движеніе, и что скорость обратнаго движенія достигаетъ наибольшей величины. Слѣдовательно и нижняя планета, между восточной элонгаціей и нижнимъ соединеніемъ, въ нѣкоторый моментъ занимаетъ такое положеніе, въ которомъ она представляется съ земли неподвижно стоящей. Это и есть моментъ стоянія нижней планеты.

Послѣ нижняго соединенія, когда планета движется по второй половинѣ своего пути, наблюдаются тѣ-же самыя особенности въ ея движеніи, только въ обратномъ порядкѣ. Когда планета снова приходитъ въ верхнее соединеніе съ солнцемъ, начинается новый періодъ, въ теченіе котораго всѣ подробности движенія повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Все это въ точности согласуется съ вышеупомянутыми (§§ 59 и 60) наблюдаемыми движеніями планетъ. Если мы примемъ для радіусовъ круговъ, по окружностямъ которыхъ совершаютъ свои движенія около солнца земля и какая-нибудь планета, величины приведенныя ниже въ § 84, и если мы отмѣтимъ на окружности этихъ круговъ положенія планеты и земли, сообразно съ временами обращенія, данными тамъ-же, то полученныя черезъ такое построеніе положенія, въ которыхъ планета представляется съ земли неподвижно стоящей, и величина дуги, проходимой планетой обратнымъ движеніемъ, вполнѣ согласуются съ тѣми, которыя выводятся изъ наблюденій. На рисункѣ 52 окружность $CVTV'$ есть путь, описываемый нижней планетой около находящагося въ центрѣ этой окружности солнца; точка E представляетъ землю, а по крайней окружности движется одна изъ верхнихъ планетъ P. При одномъ взглядѣ на рисунокъ 52 ясно, почему нижнія планеты постоянно усматриваются вблизи солнца.

Точно также понятно, что видимый діаметръ верхнихъ планетъ во время ихъ противостоянія съ солнцемъ и видимый діаметръ нижнихъ планетъ во время ихъ нижняго соединенія достигаютъ наибольшей величины, такъ какъ въ это время планеты находятся въ наименьшихъ разстояніяхъ отъ земли. Объясненіе движеній планетъ по системѣ Коперника вполнѣ согласуется также съ фазами, которыя наблюдаются въ зрительныя трубы у обѣихъ нижнихъ планетъ и которыя вполнѣ подобны фазамъ нашей луны.

Вообще планетная система Коперника самымъ естественнымъ и самымъ простымъ образомъ объясняетъ всѣ бросающіяся въ глаза особенности планетныхъ движеній, всѣ измѣненія видимаго діаметра планетъ, перемѣну прямого движенія на обратное и являющіеся слѣдствіемъ этой перемѣны узлы и петли, которыми характеризуются видимые пути планетъ. Всѣ планеты, не исключая и земли, совершаютъ прямое движеніе по окружностямъ круговъ, въ общемъ центрѣ которыхъ находится солнце. Въ этомъ собственно и заключается вся сущность устройства планетной системы; все остальное есть не болѣе, какъ оптическій обманъ, обусловливаемый движеніемъ земли. Въ то время какъ система Птоломея была до крайности сложна и запутана, система Коперника является въ высшей степени простой и симметричной; въ первой системѣ трудности объясненія небесныхъ явленій росли вмѣстѣ съ увеличеніемъ точности наблюденій, во второй же каждое новое наблюденіе, каждое новое открытіе вмѣстѣ съ тѣмъ служитъ и новымъ подтвержденіемъ ея истинности. Такъ, напримѣръ, когда была открыта аберрація свѣта, то безчисленныя звѣзды, украшающія небесную сферу, явились свидѣтелями истинности этой системы. Вмѣстѣ съ введеніемъ системы Коперника наука приняла совершенно новую форму; только послѣ этого стало возможнымъ быстрое развитіе ея. Пока земля покоилась неподвижно въ центрѣ вселенной и сама астрономія должна была находиться въ застоѣ. И вдругъ открылся путь, который былъ закрытъ въ теченіе долгаго времени, и тамъ, гдѣ

прежде было царство мрака, теперь быстро распространился яркій свѣтъ истины. Начиная съ этой эпохи, которая останется памятной на вѣчныя времена, всякое открытіе влекло за собой другое, наука постоянно шла впередъ вплоть до нашихъ дней, что вполнѣ естественно, такъ какъ отличительнымъ признакомъ всякой истины служитъ то, что она никогда не бываетъ одинокой и безплодной, но, подобно лучу свѣта, освѣщаетъ вокругъ себя цѣлую область и часто влечетъ за собой, какъ необходимое слѣдствіе, цѣлый рядъ новыхъ истинъ. Та новая форма, которую приняла наука благодаря открытію Коперника, никоимъ образомъ не является преходящей формой, которая съ каждымъ столѣтіемъ могла бы мѣняться, и нельзя опасаться, что будущія наблюденія и новыя открытія будутъ противорѣчить современному состоянію астрономіи: настоящая форма этой науки на вѣчныя времена останется неизмѣнной, такъ какъ изъ всѣхъ нашихъ такъ называемыхъ человѣческихъ истинъ истина, излагаемая въ астрономіи, одна изъ тѣхъ, которыя неоднократно подтверждались весьма многочисленными наблюденіями въ теченіе болѣе, чѣмъ трехъ столѣтій.

§ 70. **Планетная система Тихо-Браге.** Пятьдесятъ лѣтъ спустя, датскій астрономъ Тихо-де-Браге сдѣлалъ попытку нѣсколько видоизмѣнить планетную систему Коперника. Для Тихо-Браге не было никакого сомнѣнія въ томъ, что планеты движутся около солнца; поэтому въ своей планетной системѣ онъ заставилъ Меркурія, Венеру, Марса, Юпитера и Сатурна описывать окружности концентрическихъ круговъ около солнца, центръ котораго совпадаетъ съ общимъ центромъ всѣхъ этихъ круговъ, солнце же не покоится неподвижно, какъ это принимается по системѣ Коперника, а двигается по окружности круга, въ центрѣ котораго онъ предположилъ неподвижную землю. Точно также луна по системѣ Тихо-Браге описывала кругъ непосредственно около земли (рис. 53). Такимъ образомъ Тихо-Браге, подобно древнимъ, помѣстилъ землю въ центрѣ вселенной и заставилъ двигаться около нея солнце, которое въ то-же время было подвижнымъ центромъ концентрическихъ круговъ, по окружностямъ которыхъ двигались непосредственно около солнца остальныя планеты, совершавшія, вмѣстѣ съ солнцемъ, движеніе около земли.

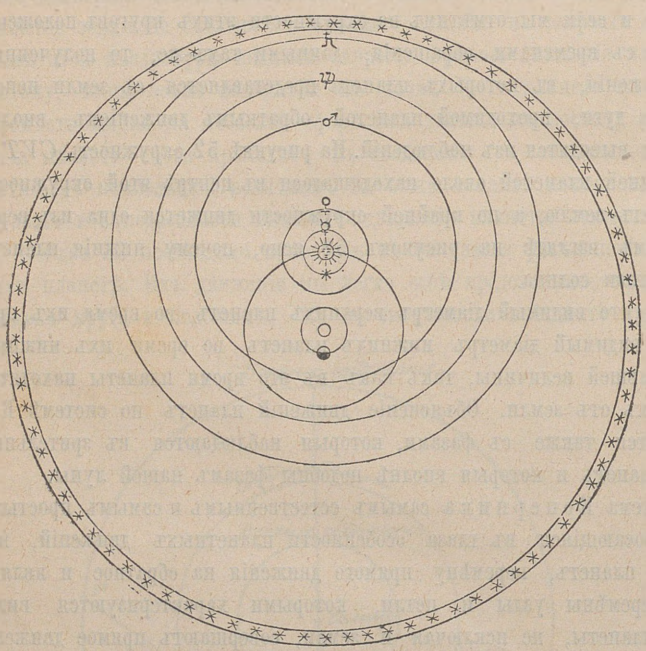


Рис. 53.

Взамѣнъ системы Коперника предложить свою собственную систему Тихо-Браге побудили, повидимому главнымъ образомъ, нѣкоторыя возраженія противъ суточнаго вращенія земли около оси, возраженія, которыя въ тѣ времена еще не могли быть опровергнуты и къ числу которыхъ принадлежало кажущееся противорѣчіе между теоріей и наблюденіями паденія тѣлъ съ большихъ высотъ (§ 13); съ другой стороны немаловажную роль, быть-можетъ, играли религіозныя соображенія, такъ какъ въ его времена новое ученіе

было признано противорѣчащимъ словамъ библіи и, слѣдовательно, еретическимъ. Система Тихо-Браге ни въ комъ не нашла сочувствія и вскорѣ была совершенно забыта.

§ 71. **Недостатокъ планетной системы Коперника.** Предложивъ свою планетную систему, Коперникъ навсегда ниспровергъ принятое всѣми съ древнѣйшихъ временъ и, такъ сказать, освященное временемъ ученіе о неподвижномъ положеніи земли въ центрѣ вселенной. Такимъ образомъ онъ устранилъ огромное препятствіе, дѣлавшее невозможнымъ пріобрѣтеніе истинныхъ знаній о небесныхъ явленіяхъ и тормозившее успѣшное развитіе астрономіи. Благодаря этому, Коперникъ по справедливости можетъ быть названъ основателемъ новѣйшей астрономіи, но въ то-же время названія отца астрономіи онъ не заслуживаетъ, хотя его довольно часто такъ называли. Вѣдь наша настоящая планетная система не есть система Коперника въ томъ видѣ какъ онъ самъ изложилъ ее въ своемъ вышеупомянутомъ сочиненіи (§ 69). Новѣйшая планетная система значительно отличается отъ системы Коперника, и это различіе заключается не въ незначительныхъ поправкахъ и добавленіяхъ, а въ весьма существенныхъ измѣненіяхъ. Но во всякомъ случаѣ, основаніемъ новѣйшей системы служитъ самая главная идея системы Коперника, именно идея о суточномъ вращеніи земли около оси и о ея годовомъ движеніи около солнца.

Коперникъ намъ показалъ, что наиболѣе бросающаяся въ глаза неправильность въ движеніи планетъ, именно такъ называемое второе неравенство древнихъ (§ 62) не представляетъ свойства планетныхъ движеній, а есть лишь кажущееся явленіе, зависящее отъ движенія земли около солнца.

Однако сдѣланное Коперникомъ открытіе, что земля движется около солнца, не дало возможности объяснить такъ называемое первое неравенство древнихъ (§ 61). Это неравенство представляетъ уже свойство планетныхъ движеній, а не есть только кажущееся явленіе; поэтому и причину его надо искать въ движеніи самихъ планетъ, а не внѣ этого движенія. Греки объясняли это неравенство при помощи эксцентрическаго круга (§ 64); эту гипотезу принялъ и Коперникъ, такъ какъ онъ не могъ отрѣшиться отъ мысли о движеніи планетъ по окружностямъ круговъ, о движеніи, по понятіямъ грековъ, единственно возможномъ. Совершенно достаточно и того, что онъ опровергнулъ одно изъ главныхъ заблужденій древнихъ астрономовъ, можетъ-быть, самое важное и во всякомъ случаѣ, самое вредное и самое опасное. Чтобы опровергнуть и второе заблужденіе, требовалось уже болѣе точное изученіе небесныхъ явленій, еще недоступное во времена Коперника, а не одно только благородное мужество, съ которымъ онъ выступилъ противъ невѣрнаго положенія, считавшагося всѣми неопровержимымъ и согласнаго съ непосредственными впечатлѣніями чувствъ.

§ 72. **Первый законъ Кеплера.** Кеплеръ, современникъ Тихо-Браге, благодаря своему проницательному уму, тотчасъ призналъ истинность планетной системы Коперника, на основаніи которой всѣ планеты, а въ томъ числѣ и земля совершаютъ свои движенія около солнца. Желаніе поставить предложенную Коперникомъ теорію на болѣе прочное основаніе побудило Кеплера сравнить ее съ прекрасными для того времени наблюденіями Тихо-Браге. Путемъ такого сравненія Кеплеръ, послѣ многочисленныхъ, отнявшихъ у него много времени и труда вычисленій, убѣдился въ томъ, что теорія согласуется съ наблюденіями не на столько хорошо, какъ этого можно было-бы ожидать, судя по точности наблюденій Тихо-Браге.

Коперникъ, предложивъ свою планетную систему, объяснилъ, какъ мы выше упомянули, только второе неравенство въ движеніи планетъ (§ 62); но за-то въ справедливости этого объясненія уже не оставалось никакого сомнѣнія, и этотъ вопросъ былъ окончательно рѣшенъ разъ навсегда. Для объясненія же перваго неравенства онъ прибѣгнулъ къ помощи эксцентрическаго круга древнихъ. Эта гипотеза объясняла измѣненія скорости движенія планетъ во всякомъ случаѣ достаточно согласно съ несовершенными наблюденіями

древнихъ астрономовъ. Но отъ ихъ вниманія ускользнуло одно обстоятельство, которое показываетъ, что объясненіе перваго неравенства при помощи эксцентрическаго круга невѣрно, и которое они, безъ сомнѣнія, могли-бы замѣтить, если-бы болѣе тщательно слѣдили за ближайшимъ къ намъ тѣломъ—луной.

Наибольшая часовая скорость движенія луны по долготѣ составляетъ 38,4′; наблюденія показываютъ, что видимый ея діаметръ въ это время достигаетъ также наибольшей величины и равенъ 33,5′. Когда луна пройдетъ половину своего пути около земли, ея часовая скорость дѣлается наименьшей; это наименьшее значеніе составляетъ 29,5′; одновременно съ этимъ и видимый діаметръ луны достигаетъ своей наименьшей величины, которая равна 29,4′. Изъ ежедневной практики мы знаемъ, что уголъ, подъ которымъ усматривается какой-нибудь предметъ, тѣмъ больше, чѣмъ меньше разстояніе, отдѣляющее насъ отъ этого предмета, и наоборотъ. Этимъ обстоятельствомъ греки думали объяснить измѣненія какъ скорости движенія, такъ и видимаго діаметра луны. Именно, они приняли, что положеніе земли не совпадаетъ съ центромъ кругового пути луны и что луна, совершая свое движеніе по окружности этого круга постоянно съ одною и тою-же скоростью, въ то время, когда кажущаяся скорость ея движенія и вмѣстѣ съ тѣмъ видимый ея діаметръ дѣлаются наибольшими, находится въ ближайшей къ землѣ точкѣ своего пути; по истеченіи же полуоборота, т. е. въ то время, когда кажущаяся скорость и видимый діаметръ луны достигаютъ своихъ наименьшихъ величинъ, она занимаетъ наиболѣе удаленное отъ земли положеніе (§ 64). Обѣ эти точки луннаго пути или, какъ говорятъ астрономы, лунной орбиты называются ея апсидами; точка, ближайшая къ землѣ, называется перигеемъ, противоположная точка—апогеемъ.

Если бы измѣненія обѣихъ величинъ, т. е. скорости движенія и видимаго діаметра луны обусловливались исключительно измѣненіемъ разстоянія отъ луны до земли, то наибольшія и наименьшія значенія обѣихъ этихъ величинъ относились-бы между собою какъ наибольшее разстояніе къ наименьшему. Сравнимъ между собой сначала наибольшую и наименьшую величины скорости движенія луны; ихъ отношеніе равно 38,4 : 29,5=1,30. Таково же должно быть, слѣдовательно, отношеніе наибольшаго разстоянія отъ луны до земли къ наименьшему. Если гипотеза древнихъ астрономовъ вѣрна, то въ такомъ-же отношеніи должны находиться между собой наибольшая и наименьшая величины видимаго діаметра луны. Но это послѣднее отношеніе равно 33,5 : 29,4=1,14, что отличается отъ предыдущаго числа 1,30. Поэтому заключаемъ, что предположеніе о движеніи луны по эксцентрическому кругу невѣрно, и что наблюдаемыя измѣненія скорости движенія луны не суть только кажущіяся, обусловливаемыя исключительно измѣненіемъ разстоянія отъ луны до земли, но что луна въ дѣйствительности движется по своему пути неравномѣрно.

Тоже самое наблюдается и относительно солнца, движеніе котораго около земли представляется также въ весьма простомъ видѣ, такъ какъ солнце, подобно лунѣ, перемѣщается на небесной сферѣ по окружности большого круга. Наибольшее суточное движеніе солнца по долготѣ составляетъ 61,2′, и въ это время, именно въ концѣ декабря, видимый діаметръ солнца также достигаетъ своей наибольшей величины и равенъ 32,6′. Полгода спустя, т. е. въ началѣ іюля, какъ суточное движеніе солнца, такъ и видимый его діаметръ дѣлаются наименьшими и равными соотвѣтственно 57,2′ и 31,5′. Составляя отношенія 61,2 : 57,2 и 32,6 : 31,5, мы получаемъ въ первомъ случаѣ 1,070, а во второмъ 1,035, т. е. опять различныя числа. Тѣ двѣ точки солнечной орбиты или, собственно правильнѣе, земной орбиты, въ которыхъ скорость движенія и видимый діаметръ дѣлаются наибольшими или наименьшими, называются ея апсидами; точка, ближайшая къ солнцу, называется перигеліемъ, противоположная точка—афеліемъ. При этомъ надо замѣтить, что время, въ теченіе котораго луна или земля переходитъ отъ одного апсида до другого, всегда одно и то-же, по какую бы сторону отъ линіи, соединяющей оба апсида, движеніе ни происходило; далѣе, оба эспида лежатъ по разныя стороны отъ плоскости экватора и



Птоломей (II-ой вѣкъ п. Р. Хр.).



Коперникъ (1473—1543).



Тихо-Браге (1546—1601).



Кеплеръ (1571—1630).

сѣверное склоненіе одного изъ нихъ равно южному склоненію другого; наконецъ, разность прямыхъ восхожденій обоихъ апсидъ всегда составляетъ 180^0. Отсюда мы заключаемъ, что оба апсида дѣйствительно лежатъ на одной и той же прямой линіи, называемой линіей апсидъ, причемъ линія апсидъ лунной орбиты проходитъ черезъ центръ земли, а линія апсидъ земной орбиты—черезъ центръ солнца. Тоже самое относится также къ орбитамъ всѣхъ остальныхъ планетъ, причемъ ихъ линіи апсидъ, согласно съ наблюденіями, всѣ проходятъ черезъ центръ солнца.

Подробно разбирая наблюденія Тихо-Браге, Кеплеръ вскорѣ убѣдился въ томъ, что отношеніе крайнихъ величинъ скорости движенія не равно отношенію крайнихъ величинъ видимаго діаметра. Для луны первое изъ этихъ отношеній равно 1,30, а второе 1,14; слѣдовательно, второе значительно меньше перваго. Но замѣчательно, что, возвышая второе число 1,14 въ квадратъ, мы получаемъ 1,30, т. е. первое число. Совершенно также и для солнца отношеніе крайнихъ величинъ скорости движенія не равно отношенію крайнихъ величинъ видимаго діаметра; первое изъ нихъ выражается числомъ 1,070, а второе числомъ 1,035. Но опять, возвышая второе число въ квадратъ, получаемъ 1,071, т. е. первое число. Такимъ образомъ оказывается, что скорости движенія планетъ въ различныхъ точкахъ ихъ орбитъ не просто обратно пропорціональны ихъ разстояніямъ до солнца, какъ думали древніе, а обратно пропорціональны квадратамъ этихъ разстояній; иначе говоря, произведеніе двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ скорость движенія, а другое квадратъ разстоянія отъ планеты до солнца, для всякой планеты есть величина постоянная. Пока мы доказали этотъ законъ только для двухъ точекъ планетной орбиты, именно для перигелія и для афелія; намъ необходимо еще изслѣдовать, справедливъ ли онъ и для остальныхъ ея точекъ. Для этого можно воспользоваться наблюденіями надъ планетою въ промежуточныхъ точкахъ. Огромное число такихъ наблюденій уже было произведено не только надъ солнцемъ и луной, но и надъ всѣми планетами, и эти наблюденія, всѣ безъ исключенія, показали, что вышеупомянутый законъ, дающій связь между скоростями движенія и разстояніями отъ планетъ до солнца, имѣетъ мѣсто для всѣхъ небесныхъ тѣлъ и во всѣхъ точкахъ ихъ орбитъ. Мы скоро увидимъ, что этотъ законъ, открытый Кеплеромъ и потому называемый первымъ закономъ Кеплера, имѣетъ огромную важность въ теоріи движенія планетъ. Впослѣдствіи мы покажемъ, что этотъ законъ есть общій законъ, которому подчиняются при своемъ движеніи не только планеты, но и всѣ вообще тѣла, двигающіяся около нѣкоторой неподвижной точки, лежащей внутри описываемой ими кривой.

§ 73. **Другое выраженіе перваго закона Кеплера.** Извѣстно, что площадь всякаго прямолинейнаго треугольника равна произведенію его основанія на половину высоты, причемъ подъ высотой разумѣется перпендикуляръ, опущенный изъ вершины треугольника на основаніе. На рисункѣ 54 треугольникъ StP безъ всякой ощутительной ошибки можно разсматривать какъ прямолинейный, если только уголъ PSt достаточно малъ. Сторона Pt есть собственно дуга нѣкоторой кривой линіи, но если ея конечныя точки P и t находятся на близкомъ другъ отъ друга разстояніи, то кривизна стороны Pt почти совсѣмъ незамѣтна, и, въ концѣ концовъ, при очень маломъ разстояніи между точками, мы можемъ, безъ ущерба для точности нашихъ заключеній, считать эту сторону прямой линіей. Обозначимъ разстояніе SP отъ планеты до солнца, называемое радіусомъ-векторомъ планеты, буквой r, а малый уголъ PSt буквой v. Далѣе, проведемъ изъ точки S, какъ центра, радіусомъ $SP=r$ дугу круга до встрѣчи ея со стороной St; длина этой дуги

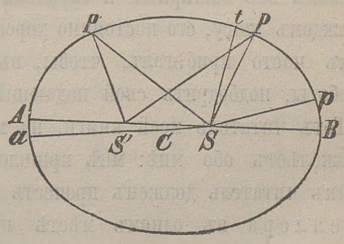


Рис. 54.

равна, какъ извѣстно, rv. Эту дугу мы можемъ разсматривать какъ высоту треугольника PSt, если за основаніе примемъ сторону St; но такъ какъ сторону St безъ ощутительной погрѣшности можно считать равной сторонѣ $SP=r$, то площадь треугольника PSt оказывается равной $^1/_2\ r^2v$. На основаніи перваго закона Кеплера это произведеніе для любой изъ планетъ представляетъ постоянную величину. Поэтому первый законъ Кеплера мы можемъ выразить слѣдующими словами: площадь, описываемая радіусомъ-векторомъ планеты въ одинъ и тотъ же малый промежутокъ времени, есть величина постоянная, въ какой бы части своей орбиты планета ни двигалась.

Сообразно съ предыдущимъ, каждая планета движется около солнца такимъ образомъ, что во всякой точкѣ ея орбиты площади BpS, PtS, AaS, описываемыя радіусомъ-векторомъ въ теченіе одного и того же весьма малаго промежутка времени, сохраняютъ одну и ту-же величину. При помощи высшей математики отъ весьма малыхъ промежутковъ времени можно перейти къ конечнымъ промежуткамъ, и тогда только что приведенное положеніе можетъ быть выражено такимъ образомъ: площади BSP, BSP'..., описываемыя радіусомъ-векторомъ въ нѣкоторые неравные конечные промежутки времени, относятся между собою какъ самые промежутки. Высказанное положеніе представляетъ непосредственное слѣдствіе перваго закона Кеплера, или, лучше сказать, это положеніе есть ни что иное, какъ первый законъ Кеплера, только выраженный другими словами. Въ этихъ же выраженіяхъ обнародовалъ его и самъ Кеплеръ, и въ этой же формѣ онъ извѣстенъ теперь и въ наукѣ.

§ 74. **Изслѣдованіе истиннаго вида кривой, описываемой любой изъ планетъ около солнца.** Кеплеръ, сравнивъ наблюденія Тихо-Браге съ предложенной Коперникомъ гипотезой, на основаніи которой всѣ планеты совершаютъ движенія вокругъ солнца по окружностямъ такъ называемыхъ эксцентрическихъ круговъ, убѣдился, что упомянутыя наблюденія объясняются этой гипотезой не съ достаточною точностью. Поэтому ему пришлось нѣсколько видоизмѣнить планетную систему Коперника, съ цѣлью получить болѣе удовлетворительное согласіе между теоріей и наблюденіями. Именно, онъ занялся изслѣдованіемъ, нельзя ли лучше представить наблюденія Тихо-Браге, замѣнивъ окружность эксцентрическаго круга какой-нибудь другой кривой линіей, и онъ съ удивительною настойчивостью и терпѣніемъ пошелъ по пути, намѣченному имъ для выполненія его огромной для того времени и сопряженной съ большими трудностями работы. Здѣсь не мѣсто знакомить читателя съ тѣмъ лабиринтомъ заключеній и вычисленій, черезъ который долженъ былъ пройти Кеплеръ, прежде чѣмъ онъ достигъ своей цѣли; мы замѣтимъ лишь, что результаты своей работы онъ обнародовалъ въ сочиненіи: «Astronomia nova de motibus stellae Martis, Pragae, 1609»; читая эту книгу, невольно удивляешься необыкновенной энергіи Кеплера, его неутомимому терпѣнію, съ которымъ онъ продѣлалъ всѣ обширныя и сложныя вычисленія, его проницательности, обнаруживающейся на каждомъ шагу, его постоянно хорошему расположенію духа и живому остроумію, къ которому онъ часто прибѣгалъ, чтобы, въ минуты наибольшаго утомленія отъ такой напряженной работы, подбодрить свой падающій духъ. Въ одномъ мѣстѣ своего сочиненія онъ говоритъ: «Тотъ читатель моей книги, на котораго эти трудныя вычисленія навѣютъ скуку, пусть пожалѣетъ обо мнѣ: мнѣ пришлось передѣлывать ихъ по крайней мѣрѣ 70 разъ, тогда какъ читатель долженъ прочесть книгу всего только одинъ разъ» И между тѣмъ въ книгѣ Кеплера въ одномъ мѣстѣ цѣлыхъ 10 страницъ in folio заняты вычисленіями! Мы считаемъ совершенно достаточнымъ лишь намѣтить путь, по которому шелъ Кеплеръ, или, лучше сказать, по которому онъ могъ бы идти, чтобы достичь своей цѣли съ наименьшей затратой времени и труда

Если планетная орбита не можетъ быть окружностью круга, то по какой же другой кривой линіи движутся планеты около солнца? Этотъ вопросъ можно рѣшить только при помощи непосредственныхъ наблюденій. При этомъ необходимо имѣть достаточно большое

число разстояній отъ солнца до какой-нибудь планеты въ различныхъ точкахъ ея орбиты. Зная эти разстоянія, можно начертить на бумагѣ орбиту планеты въ уменьшенномъ видѣ и такимъ образомъ рѣшить, какою новою кривою линіей надо замѣнить окружность круга.

Но откуда взять такое большое число разстояній? Наблюденія Тихо-Браге, которыми могъ воспользоваться Кеплеръ, ихъ не давали. Послѣ многихъ неудачныхъ попытокъ Кеплеръ наконецъ замѣтилъ, что открытый имъ первый законъ планетныхъ движеній представляетъ вполнѣ подходящее для данной цѣли средство.

Для этого обратимъ вниманіе опять на солнце или, лучше сказать, на землю, движеніе которой по небесной сферѣ представляется намъ въ такомъ простомъ видѣ, въ противоположность остальнымъ планетамъ, движеніе которыхъ усложняется вслѣдствіе вышеупомянутаго второго неравенства, совершенно не существующаго въ движеніи земли. Астрономы съ давнихъ временъ весьма усердно наблюдали солнце, и Тихо-Браге въ этомъ отношеніи не отсталъ отъ своихъ предшественниковъ. Въ его рукописяхъ Кеплеръ нашелъ большое число наблюденій долготъ солнца; эти долготы часто соотвѣтствовали двумъ слѣдующимъ другъ за другомъ полуднямъ. Изъ этихъ наблюденій непосредственно получалось суточное измѣненіе долготы солнца или, иначе говоря, суточная скорость его движенія для различныхъ точекъ его орбиты. А этого только и нужно было Кеплеру, чтобы вывести если не самыя разстоянія отъ солнца до земли, то, по крайней мѣрѣ, отношенія этихъ разстояній между собою.

По первому закону Кеплера произведеніе двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ квадратъ разстоянія отъ солнца до земли, а другое—суточное движеніе солнца, есть величина постоянная для всякой точки солнечной или, вѣрнѣе, земной орбиты. Такъ какъ въ настоящемъ вопросѣ намъ важно имѣть только отношенія различныхъ разстояній одного къ другому, а не самыя разстоянія, то мы можемъ принять эту постоянную величину равной единицѣ. Тогда разстояніе отъ солнца до земли для любой точки земной орбиты будетъ равно единицѣ, раздѣленной на квадратный корень изъ числа, выражающаго суточную скорость движенія солнца по эклиптикѣ.

Разсмотримъ-же нѣкоторыя точки земной орбиты. Когда разстояніе отъ солнца до земли достигаетъ наименьшаго значенія, что бываетъ въ концѣ декабря, долгота солнца приблизительно равна 279°; въ это время суточная скорость движенія солнца, какъ показываютъ наблюденія, составляетъ 1,0194°. Дѣля единицу на квадратный корень изъ этого числа, получаемъ 0,990. Слѣдовательно, для разсматриваемой точки орбиты, въ которой земля находится въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца, мы можемъ разстояніе отъ солнца до земли считать равнымъ 0,990. Истинное разстояніе отъ солнца до земли для даннаго момента остается собственно для насъ неизвѣстнымъ, такъ какъ мы еще не знаемъ, къ какой единицѣ относится число 0,990. Но въ этомъ нѣтъ никакой необходимости, такъ какъ мы хотимъ знать только отношенія различныхъ разстояній одного къ другому; а эти отношенія не зависятъ отъ той единицы, въ которой выражаются самыя разстоянія. Поэтому мы можемъ въ произвольномъ масштабѣ отложить это разстояніе на данной линіи AB (рис. 54) отъ нѣкоторой точки S, лежащей на этой линіи. Если $SB = 0{,}990$ есть это разстояніе, то точка B представляетъ ту точку земной орбиты, въ которой земля находится въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца; другими словами, точка B есть перигелій земной орбиты.

Приблизительно черезъ 60 дней, именно 28 февраля, долгота солнца дѣлается равной 339°, иначе говоря, увеличивается на 60°; наблюденія показываютъ, что суточная скорость движенія солнца въ это время составляетъ 1,0025°. Поэтому, на основаніи перваго закона Кеплера, разстояніе отъ солнца до земли получается равнымъ 0,999, т. е. на 0,009 больше, чѣмъ прежде. Слѣдовательно, если мы при точкѣ S построимъ къ линіи SB уголъ

BSP, равный 60^0, и на сторонѣ PS этого угла отложимъ въ прежнемъ масштабѣ длину $SP = 0{,}999$, то мы получимъ вторую точку P земной орбиты.

Еще черезъ 60 дней, около 30 апрѣля, когда долгота солнца равна 399^0 или, что то-же, 39^0, суточное движеніе солнца, какъ показываютъ наблюденія, составляетъ $0{,}9694^0$. Отсюда, подобно предыдущему, вычисляемъ, что разстояніе отъ солнца до земли въ этотъ моментъ равно 1,016. Поэтому, строя опять при точкѣ S уголъ $BSP' = 120^0$ и откладывая на линіи SP' длину $SP' = 1{,}016$, мы получаемъ третью точку P' земной орбиты.

Еще черезъ 60 дней, именно 2 іюля, долгота солнца дѣлается равной 99^0, а суточная скорость $0{,}9532^0$; поэтому разстояніе отъ солнца до земли составляетъ 1,024. Такъ какъ долгота солнца для этого момента отличается ровно на 180^0 отъ долготы для того момента, когда земля находилась въ перигеліи, то теперь мы должны, очевидно, на прежней линіи SB, только по другую сторону отъ точки S, отложить длину $SA = 1{,}024$. Полученная такимъ образомъ новая точка A земной орбиты есть ея афелій.

Поступая такимъ же образомъ дальше, мы убѣждаемся въ томъ, что для тѣхъ моментовъ, когда долгота солнца дѣлается равной 159^0, 219^0 и 279^0, скорость его движенія по долготѣ и, слѣдовательно, разстоянія отъ солнца до земли принимаютъ тѣ-же самыя значенія, какъ и для моментовъ, когда долгота солнца равнялась соотвѣтственно 39^0, 339^0 и 279^0. Это служитъ признакомъ, что та кривая линія, по которой движется около солнца земля, дѣлится линіей ASB на двѣ равныя части. Чтобы съ удовлетворительною точностью вычертить эту кривую, необходимо опредѣлить вышеуказаннымъ способомъ возможно бо́льшее число точекъ, лежащихъ на ней; напримѣръ, мы можемъ отмѣчать положеніе земли на ея орбитѣ черезъ каждые 10 или даже 5 дней. Соединивъ всѣ отмѣченныя такимъ образомъ на листѣ бумаги точки кривою линіей, мы и получимъ въ уменьшенномъ видѣ вѣрное изображеніе земной орбиты.

Фигура, ограниченная этой кривой линіей имѣетъ видъ овала, удлиненнаго по направленію линіи апсидъ. Всякій, при одномъ взглядѣ на эту фигуру (рис. 54), легко можетъ догадаться, что она представляетъ такъ называемый эллипсъ, а болѣе точное изслѣдованіе этой фигуры вполнѣ подтверждаетъ это предположеніе.

§ 75. **Свойства эллипса.** Выше (§ 13 III) мы видѣли, какъ вычерчивается эллиптическая кривая, ограничивающая собою фигуру, называемую эллипсомъ. Для этого въ плоскости чертежа въ двухъ точкахъ S и S' неподвижно укрѣпляютъ, напр., при помощи булавокъ, концы гибкой нерастяжимой нити, длина которой больше разстоянія SS' (рис. 54); затѣмъ заставляютъ остріе P карандаша скользить по нити такъ, чтобы нить все время была натянута. Начерченная такимъ образомъ кривая линія и есть эллиптическая. На основаніи способа черченія мы заключаемъ, что для всякой точки P, лежащей на этой кривой, сумма ея разстояній SP и SP' отъ вышеупомянутыхъ неподвижныхъ точекъ S и S' есть величина постоянная, равная длинѣ нити. Изъ всѣхъ точекъ, лежащихъ на эллиптической кривой, особенно замѣчательны двѣ A и B, лежащія на продолженіи линіи, проходящей черезъ неподвижныя точки S и S'. Для точки A сумма разстояній AS' и AS равна длинѣ нити; для точки B сумма разстоянія BS и BS' тоже равна длинѣ нити. Поэтому имѣемъ

$$AS' + AS = BS + BS'$$

или иначе

$$AS' + AS' + SS' = BS + BS + SS'.$$

Отсюда находимъ, что $2AS' = 2BS$ и, слѣдовательно, $AS' = BS$.

Ясно, это эллипсъ тѣмъ ближе подходитъ къ кругу, чѣмъ меньше разстояніе SS' между неподвижными точками S и S'. Если обѣ точки S и S' совпадаютъ съ серединою C линіи SS', то эллипсъ обращается въ кругъ.

Неподвижныя точки S и S' называются фокусами эллипса. Вышеупомянутыя точки A и B, которыя получаются въ пересѣченіи линіи, проходящей черезъ фокусы S и S', съ окружностью эллипса, называются вершинами, а разстояніе AB между ними большою осью эллипса. Раздѣляя пополамъ линію SS' или, что то-же, линію AB, получаемъ точку C, которая носитъ названіе центра эллипса; разстояніе $CS = CS'$ отъ центра C до любого изъ фокусовъ S или S' называется эксцентриситетомъ эллипса. Перпендикуляръ, проведенный къ большой оси AB въ точкѣ C, при продолженіи въ обѣ стороны, пересѣкаетъ эллиптическую кривую въ двухъ точкахъ, разстояніе между которыми называется малою осью эллипса. Не трудно сообразить, что концы малой оси отстоятъ на одинаковомъ разстояніи отъ любого изъ фокусовъ; это разстояніе равно большой полуоси эллипса. Разсматривая прямоугольный треугольникъ, вершинами котораго служатъ центръ эллипса, одинъ изъ фокусовъ и какой-нибудь конецъ малой оси, легко выводимъ, что сумма квадратовъ двухъ чиселъ, изъ которыхъ одно выражаетъ эксцентриситетъ, а другое длину малой полуоси, равна квадрату третьяго числа, представляющаго собою длину большой полуоси. Слѣдовательно, если 2 изъ этихъ 3 величинъ извѣстны, то третью мы можемъ тотчасъ же опредѣлить на основаніи только что высказаннаго соотношенія. Разстояніе PS или PS' всякой точки P, лежащей на окружности эллипса, отъ любого изъ двухъ фокусовъ называется радіусомъ-векторомъ точки P.

Длина SB называется кратчайшимъ разстояніемъ или разстояніемъ перигелія отъ солнца. Большая полуось AC иначе называется среднимъ разстояніемъ планеты отъ солнца.

§ 76. **Второй законъ Кеплера.** Итакъ, Кеплеръ нашелъ, что земля при своемъ годовомъ движеніи около солнца описываетъ эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится центръ солнца. Вполнѣ естественно было предположить, что и остальныя планеты движутся около солнца по эллиптическимъ кривымъ, и это предположеніе вскорѣ подтвердилось соотвѣтственными вычисленіями. Такимъ образомъ, былъ открытъ второй законъ Кеплера, на основаніи котораго всѣ планеты при своемъ движеніи около солнца описываютъ эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ орбитъ, помѣщается центръ солнца.

Слѣдовательно, въ новой планетной системѣ, открытой Кеплеромъ, совершенно отбрасываются окружности круговъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, равномѣрныя движенія планетъ. Всякая планета, какъ это мы видѣли выше относительно земли, движется быстрѣе всего при своемъ прохожденіи черезъ перигелій B, когда она находится всего ближе къ солнцу. Начиная съ этого момента, разстояніе отъ планеты до солнца постоянно увеличивается, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, скорость ея движенія правильнымъ образомъ уменьшается: мы видѣли выше, что эта скорость обратно пропорціональна квадрату разстоянія отъ планеты до солнца. Наконецъ въ афеліи A разстояніе планеты дѣлается наибольшимъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, скорость движенія наименьшей. Послѣ прохожденія планеты черезъ афелій, ея разстояніе снова уменьшается, а скорость увеличивается, и, наконецъ, планета, совершивъ полный оборотъ по окружности эллипса, приходитъ въ перигелій опять съ тою же самою скоростью, съ какою она изъ него вышла.

§ 77. **Третій законъ Кеплера.** Два выше упомянутыя открытія Кеплера привели насъ къ убѣжденію, что всѣ планеты, а слѣдовательно также и земля, движутся по окружностямъ эллипсовъ, въ общемъ фокусѣ которыхъ находится солнце, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, указали тотъ законъ, по которому происходитъ движеніе всѣхъ этихъ небесныхъ тѣлъ по ихъ эллиптическимъ путямъ; этотъ законъ состоитъ въ томъ, что площади, описываемыя въ нѣкоторые промежутки времени радіусомъ-векторомъ любой планеты, пропорціональны этимъ промежуткамъ, или, что тоже самое, величина площади, описываемой радіусомъ-векторомъ, равномѣрно увеличивается съ увеличеніемъ промежутка времени, въ теченіе котораго радіусъ-векторъ ее описываетъ.

Оба эти закона относятся, очевидно, къ каждой планетѣ въ отдѣльности, опредѣляя въ каждой точкѣ планетной орбиты кривизну кривой, по которой планета движется, и скорость ея движенія. Но для Кеплера, послѣ того какъ онъ нашелъ правила, по которымъ происходитъ движеніе каждой планеты въ отдѣльности, представлялось весьма вѣроятнымъ также существованіе еще одного закона, дающаго связь между движеніями всѣхъ планетъ и объясняющаго различныя разстоянія планетъ отъ солнца. Онъ вскорѣ замѣтилъ, что, чѣмъ дальше отъ солнца отстоитъ планета, тѣмъ меньше линейная скорость ея движенія. Такъ, напр., Марсъ отстоитъ отъ солнца почти вдвое дальше, чѣмъ Венера, и если бы линейныя скорости движенія обѣихъ этихъ планетъ были одинаковы, то время полнаго оборота Марса около солнца было бы почти вдвое больше времени полнаго оборота Венеры, на самомъ же дѣлѣ времена полныхъ оборотовъ Марса и Венеры относятся между собою какъ 3 къ 1, откуда прямо слѣдуетъ, что Марсъ движется медленнѣе, чѣмъ Венера. Поэтому Кеплеръ, ободренный своими прежними удачными открытіями и какъ бы побуждаемый особымъ предчувствіемъ, старался отыскать соотношеніе, которое должно существовать между временами обращенія планетъ около солнца и большими полуосями ихъ орбитъ. Въ этомъ направленіи онъ безъ устали работалъ цѣлыхъ 17 лѣтъ, не желая отказаться отъ разъ пришедшей ему въ голову мысли о существованіи такого соотношенія.

Уже въ болѣе раннемъ своемъ сочиненіи: «Mysterium cosmographicum», вышедшемъ въ свѣтъ въ 1596 году въ Грацѣ, онъ пытался примѣнить такъ называемыя гармоническія отношенія, которыми такъ много занимались древніе пиѳагорейцы, къ разстояніямъ планетъ отъ солнца. Позже, въ другомъ своемъ сочиненіи: «Harmonice mundi, Linz, 1619» онъ думалъ найти отношенія между этими разстояніями и длинами струнъ, дающихъ въ ученіи о звукѣ терцу, кварту, октаву и т. д. Но онъ убѣдился, что какъ эта, такъ и предыдущая его идеи не соотвѣтствуютъ дѣйствительности. Въ послѣднемъ изъ только что названныхъ сочиненій онъ также пытался сравнить нѣкоторыя геометрическія тѣла, какъ-то: кубъ, тетраедръ и т. д., съ пространствами, внутри которыхъ заключаются орбиты различныхъ планетъ; но и тутъ ничего не получилось, хотя онъ долго работалъ надъ этимъ вопросомъ. Впослѣдствіи, возвращаясь къ своему первоначальному предположенію, онъ сталъ сравнивать между собою различныя степени чиселъ, представляющихъ съ одной стороны времена оборотовъ планетъ около солнца, а съ другой—большія полуоси ихъ орбитъ. Но идя и по этому пути, онъ долгое время не могъ получить удовлетворительныхъ результатовъ, такъ что уже былъ готовъ отказаться отъ дальнѣйшихъ попытокъ въ этомъ направленіи. Но при одной изъ своихъ послѣднихъ попытокъ, онъ, вслѣдствіе обычнаго нетерпѣнія, вычисляя слишкомъ быстро, сдѣлалъ ошибку. Передѣлывая вычисленія снова уже съ бо́льшею осмотрительностью, онъ скоро убѣдился, что его предположеніе относительно существованія вышеупомянутаго соотношенія было вполнѣ основательно. Наконецъ-то его продолжительная и трудная работа увѣнчалась успѣхомъ, и искомое соотношеніе было найдено. Именно, 15 Мая 1618 года, какъ онъ самъ говоритъ въ своемъ сочиненіи: «Harmonice mundi», онъ съ радостью увидѣлъ, что его 17-лѣтніе труды были вознаграждены замѣчательнымъ открытіемъ. Найденный имъ законъ показываетъ, что квадраты сидерическихъ обращеній планетъ относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей ихъ орбитъ. Это и есть третій законъ, открытый Кеплеромъ. Впослѣдствіи мы увидимъ всю важность законовъ Кеплера; здѣсь же достаточно замѣтить, что на основаніи ихъ совершаются не только движенія планетъ и отдаленнѣйшихъ кометъ около солнца, но также движенія спутниковъ около ихъ главныхъ планетъ. Въ теченіе многихъ тысячелѣтій эти законы оставались неизвѣстными человѣчеству, хотя они и были написаны огненными буквами на звѣздномъ небѣ. И вотъ, наконецъ, одному человѣку, благодаря его геніальности и неутомимой энергіи, удается разобрать эти буквы и тѣмъ воздвигнуть себѣ на томъ же самомъ небѣ памятникъ, который будетъ существовать вѣчно,

тогда какъ другіе памятники, изъ бронзы и камня, со временемъ обратятся въ пыль и прахъ.

§ 78. **Постоянная, характеризующая солнечную систему.** Читатели, безъ указанія съ нашей стороны, вѣроятно, уже догадываются, что законы, содержащіеся въ этомъ простомъ и вмѣстѣ съ тѣмъ возвышенномъ кодексѣ неба, не могутъ быть произвольными или случайными, какъ это имѣетъ мѣсто въ собраніяхъ законовъ, издаваемыхъ людьми, и что, слѣдовательно, между законами, управляющими движеніями небесныхъ тѣлъ, должна существовать связь. И дѣйствительно, мы увидимъ впослѣдствіи, что всѣ три закона Кеплера вытекаютъ изъ одного общаго закона, называемаго закономъ всемірнаго тяготѣнія. Теперь же мы ограничимся лишь однимъ замѣчаніемъ относительно третьяго закона Кеплера. На основаніи этого закона квадраты временъ обращенія относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей. Если буквами a и a' обозначимъ большія полуоси двухъ какихъ-нибудь планетъ, а буквами S и S'—времена обращенія ихъ, то третій законъ Кеплера выразится такой формулой

$$\frac{a^3}{S^2} = \frac{a'^3}{S'^2}.$$

Другими словами мы можемъ сказать, что частное, получающееся черезъ раздѣленіе числа, выражающаго кубъ большой полуоси, на число, выражающее квадратъ времени обращенія планеты, есть постоянная величина, общая для всѣхъ планетныхъ орбитъ одной и той же системы. Эта постоянная величина легко опредѣляется, такъ какъ достаточно вычислить ее лишь для какой-нибудь одной планеты. Но если $\frac{a^3}{S^2}$ есть величина постоянная для всѣхъ планетъ, то и квадратный корень изъ этой величины, т. е. $\frac{a\sqrt{a}}{S}$, также долженъ сохранять постоянное значеніе для всѣхъ планетъ, наконецъ, умножая $\frac{a\sqrt{a}}{S}$ на 2π, гдѣ π есть отношеніе длины окружности къ ея діаметру, мы получаемъ опять постоянную величину. Сдѣлаемъ же это умноженіе разъ навсегда, такъ какъ черезъ это облегчатся вычисленія въ весьма многихъ случаяхъ. Итакъ, величина $\frac{2\pi a\sqrt{a}}{S}$ сохраняетъ одно и то-же постоянное значеніе для всѣхъ планетъ и кометъ, обращающихся около солнца, и потому она называется постоянной, характеризующей нашу солнечную систему. * Эта постоянная обыкновенно обозначается буквой k и иначе называется Гауссовой постоянной, потому что Гауссъ первый опредѣлилъ ея численное значеніе. * Если за единицу длины принять большую полуось земной орбиты, а за единицу времени среднія сутки, то въ формулѣ

$$k = \frac{2\pi a\sqrt{a}}{S}$$

мы должны положить $a = 1$ и $S = 365{,}25636$; на основаніи этихъ данныхъ мы получаемъ $k = 0{,}017202$.

При другихъ единицахъ длины и времени, постоянная k получаетъ другое численное значеніе. Вычислимъ значеніе этой постоянной, принимая за единицу длины, напр., километръ, а за единицу времени—секунду. Для этого полученое выше значеніе этой постоянной надо, съ одной стороны, умножить на число 148 636 000, выражающее среднее разстояніе отъ земли до солнца въ километрахъ, съ другой стороны, раздѣлить на 86400, т. е. на число секундъ, заключающихся въ среднихъ суткахъ. Такимъ образомъ получаемъ $k = 29{,}59$.

Эта постоянная k также принимаетъ другое численное значеніе въ томъ случаѣ, когда разсматриваются движенія свѣтилъ, обращающихся около другого центральнаго тѣла. Такъ, напримѣръ, спутники Юпитера обращаются не около солнца, а около этой планеты, и такимъ образомъ они составляютъ отдѣльную систему; поэтому численное значеніе постоян-

ной, характеризующей эту систему, отлично отъ численнаго значенія постоянной, характеризующей нашу солнечную систему. Точно также постоянная, характеризующая систему нашей земли съ ея луной, выражается опять совершенно инымъ численнымъ значеніемъ. На этомъ основаніи третій законъ Кеплера, такъ сказать, характеризуетъ планетную систему; благодаря этому закону, всѣ тѣла одной и той же системы составляютъ какъ бы отдѣльное государство, и всѣ планеты и кометы, входящія въ составъ такого государства, связаны между собою не только простымъ сходствомъ своего внѣшняго вида, но весьма существеннымъ общимъ признакомъ. Это, по истинѣ, семейный признакъ, присущій всѣмъ членамъ государства, находящимся не только вблизи отъ его центра, но также на самыхъ отдаленныхъ его границахъ. Третій законъ Кеплера въ то же самое время учитъ насъ, что причина движенія всѣхъ планетъ и кометъ нашей системы заключается въ солнцѣ. Иначе говоря, солнце обладаетъ нѣкоторой силой, которая заставляетъ всѣ планеты и кометы двигаться около него. По третьему закону Кеплера эта сила должна быть одна и та же для всѣхъ безъ исключенія тѣлъ, обращающихся около солнца. Эта сила измѣняется только съ разстояніемъ планетъ отъ солнца, причемъ на ближайшія тѣла она дѣйствуетъ сильнѣе, чѣмъ на болѣе отдаленныя; но она вовсе не зависитъ отъ того вещества, изъ котораго состоятъ планеты. Слѣдовательно, эта сила должна быть весьма отлична отъ магнитныхъ, электрическихъ и химическихъ силъ, дѣйствія которыхъ мы нерѣдко наблюдаемъ на поверхности земли, и которыя дѣйствуютъ на различныя тѣла различнымъ образомъ, смотря по ихъ составу. Если бы наша земля вслѣдствіе какой нибудь причины была внезапно перенесена въ ту точку небеснаго пространства, гдѣ теперь находится Юпитеръ, и если бы она тамъ получила скорость, равную по величинѣ и направленію скорости этой планеты, то она стала бы двигаться около солнца по той же самой орбитѣ, какъ Юпитеръ, и совершала бы полный оборотъ въ то же самое время, какъ этотъ послѣдній; словомъ она бы двигалась около солнца совершенно также, какъ движется теперь Юпитеръ.

ГЛАВА IX.

Опредѣленіе элементовъ планетныхъ орбитъ и измѣреніе времени.

§ 79. **Геліоцентрическія и геоцентрическія положенія планеты.** Мы видѣли, что движенія планетъ наблюдателю, находящемуся на землѣ, которая сама движется около солнца, представляются до крайности сложными; наоборотъ, если бы наблюдатель могъ помѣститься въ истинномъ центрѣ всѣхъ планетныхъ орбитъ, именно въ центрѣ солнца, то движенія тѣхъ же самыхъ планетъ представились бы ему въ весьма простомъ видѣ. Поэтому, чтобы ближе изучить эти движенія, необходимо по видимому съ земли или по такъ называемому геоцентрическому положенію планеты, получаемому непосредственно изъ наблюденій, умѣть опредѣлять ея геліоцентрическое положеніе, т. е. положеніе, видимое изъ центра солнца. Положимъ, что S представляетъ солнце, T — землю и P — планету (рис. 55). Положимъ далѣе, что $S\Upsilon$ есть линія, направленная въ точку весенняго равноденствія. Проведемъ черезъ точку T линію TA, параллельную линіи $S\Upsilon$. Тогда уголъ ΥST есть геліоцентрическая долгота земли, уголъ ΥSP — геліоцентрическая долгота планеты и уголъ ATP—ея геоцентрическая долгота. Проведемъ наконецъ черезъ точку S линію SB, параллельную линіи TP. Тогда уголъ $\Upsilon SB = ATP$ также выражаетъ геоцентрическую долготу планеты.

Опишемъ около точки S, какъ около центра, окружность круга $\Upsilon\ ♋\ ♎\ ♑$ возможно большимъ радіусомъ, раздѣлимъ эту окружность на градусы и положимъ, что она представ-

ляетъ сѣченіе плоскости эклиптики съ поверхностью небесной сферы, безконечно удаленной какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Опишемъ, далѣе, изъ той же самой точки S, какъ изъ центра, круговые пути земли T и какой нибудь планеты P радіусами, равными большимъ полуосямъ ихъ орбитъ. Пусть окружности aTb и PB представляютъ въ нѣкоторомъ произвольномъ масштабѣ эти пути. Положимъ, что для какого-нибудь момента, для котораго геліоцентрическая долгота ΥST земли равна, напр., 30^0, мы непосредственно изъ наблюденій опредѣлили геоцентрическую долготу ATP планеты, и пусть эта долгота составляетъ 63^0. Чтобы опредѣлить геліоцентрическую долготу планеты для того же момента, проведемъ черезъ точку T прямую линію TP подъ угломъ $ATP = 63^0$ къ линіи TA. Линія PT пересѣчетъ круговой путь планеты въ нѣкоторой точкѣ P, которая и есть не что иное, какъ искомое положеніе планеты на ея орбитѣ. Соединимъ затѣмъ точки P и S прямой линіей PS. Въ такомъ случаѣ уголъ ΥST, равный приблизительно 50^0, и выразитъ искомую геліоцентрическую долготу планеты.

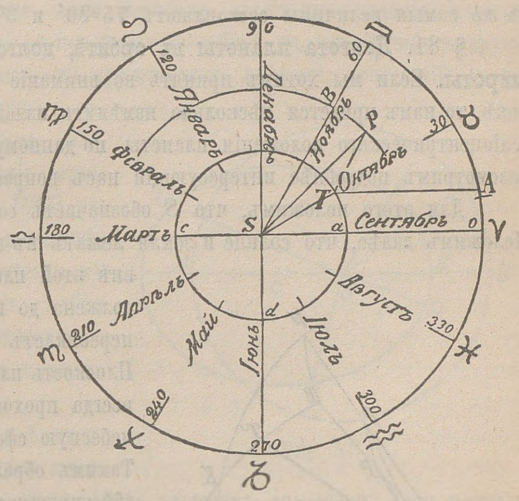


Рис. 55.

Если, наоборотъ, для какого-нибудь момента даны геліоцентрическія долготы земли и планеты, соотвѣтственно равныя 30^0 и 50^0, то этимъ тотчасъ же опредѣляются двѣ точки T и P, представляющія положенія земли и планеты на ихъ орбитахъ. Соединимъ эти точки прямой линіей TP и черезъ точку S проведемъ линію SB, параллельную линіи TP. Если линія SB пересѣкаетъ на рисункѣ окружность $\Upsilon \, ♋ \, ♎ \, ♑$ въ точкѣ, которой соотвѣтствуетъ 63-е дѣленіе, то искомая геоцентрическая долгота планеты, очевидно, равна 63^0. Подобнымъ же образомъ можно опредѣлить длину линіи TP или разстояніе планеты отъ земли.

§ 80. **Наклонность планетныхъ орбитъ; восходящій и нисходящій узлы.** До сихъ поръ мы предполагали, что всѣ планетныя орбиты лежатъ въ плоскости эклиптики; однако такое предположеніе не соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Планетныя орбиты лежатъ въ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ центръ солнца; но эти плоскости наклонены подъ различными углами къ плоскости эклиптики. Само собою понятно, что такое наклонное положеніе этихъ плоскостей должно оказывать вліяніе какъ на геліоцентрическія, такъ и на геоцентрическія положенія планетъ на небесной сферѣ. Поэтому это вліяніе необходимо принять во вниманіе.

Прямая линія, по которой плоскость планетной орбиты пересѣкается съ плоскостью эклиптики, и которая, слѣдовательно, проходитъ черезъ центръ солнца, называется линіей узловъ. Эта линія, при своемъ продолженіи, встрѣчаетъ небесную сферу въ двухъ прямо противоположныхъ точкахъ. Та точка, при прохожденіи черезъ которую планета удаляется къ сѣверу отъ эклиптики, называется восходящимъ узломъ планетной орбиты; противоположная ей точка, при прохожденіи черезъ которую планета удаляется къ югу отъ эклиптики, носитъ названіе нисходящаго узла. Восходящій и нисходящій узлы планетной орбиты обыкновенно обозначаются знаками ☊ и ☋. Положеніе узловъ опредѣляется ихъ угловыми разстояніями отъ точки весенняго равноденствія, иначе говоря ихъ долготами. Проведемъ черезъ любую точку, лежащую на линіи узловъ, двѣ перпендикулярныя къ этой послѣдней прямыя

линіи, изъ которыхъ одна расположена въ плоскости эклиптики, а другая въ плоскости планетной орбиты. Уголъ, образуемый этими двумя прямыми линіями, называется наклонностью планетной орбиты (Введ., § 3). Чтобы было возможно по данному геоцентрическому положенію планеты вычислить ея геліоцентрическое положеніе или наоборотъ, необходимо знать или опредѣлить изъ наблюденій наклонность планетной орбиты и долготу восходящаго узла.

Таблицы, помѣщенныя въ концѣ книги, даютъ, между прочимъ, долготу восходящаго узла и наклонность для всѣхъ планетныхъ орбитъ. Такъ, напримѣръ, въ настоящее время для Меркурія долгота восходящаго узла равна $46^0 33'$, а наклонность $7^0 0'$; для Венеры тѣ-же самыя величины составляютъ $75^0 20'$ и $3^0 24'$ и т. д.

§ 81. **Долгота планеты въ орбитѣ, долгота въ эклиптикѣ, широта, аргументъ широты.** Если мы хотимъ принять во вниманіе наклонность планетной орбиты къ эклиптикѣ, то намъ придется нѣсколько измѣнить изложенное выше рѣшеніе задачи о вычисленіи геліоцентрическаго положенія планеты по данному геоцентрическому ея положенію. Поэтому разсмотримъ подробнѣе интересующій насъ вопросъ.

Для этого положимъ, что S обозначаетъ солнце, T—землю и p—планету (рис. 56). Положимъ далѣе, что солнце и земля лежатъ въ плоскости эклиптики, а планета гдѣ-нибудь внѣ этой плоскости. Плоскость эклиптики, будучи продолжена до встрѣчи съ поверхностью небесной сферы, пересѣкаетъ ее по окружности большого круга AKP'. Плоскость планетной орбиты, которая, по предыдущему, всегда проходитъ черезъ центръ солнца S, пересѣкаетъ небесную сферу по окружности большого круга BKp'. Такимъ образомъ, точка K, въ которой пересѣкаются обѣ окружности, есть восходящій узелъ планетной орбиты, а уголъ AKB, образуемый этими окружностями при точкѣ ихъ пересѣченія, есть наклонность орбиты къ эклиптикѣ.

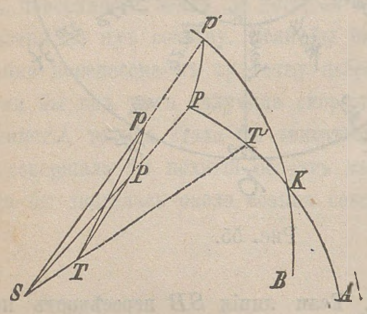


Рис. 56.

Пусть точка A на эклиптикѣ обозначаетъ точку весенняго равноденствія, отъ которой отсчитываются всѣ долготы въ направленіи отъ A къ K, т е. съ запада на востокъ. Отложимъ отъ точки K, на окружности, представляющей планетную орбиту, въ сторону, обратную движенію планеты, дугу KB, равную дугѣ KA. Любая изъ этихъ дугъ KA или KB есть долгота восходящаго узла орбиты. Благодаря таблицамъ, помѣщеннымъ въ концѣ книги, мы можемъ долготу восходящаго узла считать всегда извѣстной. Обозначимъ долготу узла знакомъ Ω, а наклонность орбиты или уголъ $AKB = P'Kp'$ буквой i.

Продолжимъ прямыя линіи ST и Sp, соединяющія солнце съ землей и планетой, до пересѣченія съ небесной сферой соотвѣтственно въ точкахъ T'' и p'. Въ такомъ случаѣ дуга AT'' есть долгота земли въ эклиптикѣ. Подобнымъ-же образомъ дуга Bp' называется долготой планеты въ орбитѣ. Проведемъ еще черезъ точку p' дугу большого круга, перпендикулярную къ эклиптикѣ, иначе говоря проведемъ дугу круга широтъ $p'P'$, пересѣкающуюся съ эклиптикой въ точкѣ P'. Согласно съ принятыми обозначеніями (Введ., § 11), перпендикулярная къ эклиптикѣ дуга $p'P'$ есть широта планеты, а дуга эклиптики AP'—долгота планеты. Эта долгота, считаемая по эклиптикѣ, въ отличіе отъ долготы Bp' планеты въ орбитѣ, называется также приведенной долготой планеты или долготой планеты въ эклиптикѣ.

Ясно, что широта $p'P'$ планеты зависитъ непосредственно отъ величины дуги Kp', заключающейся между положеніемъ p' планеты на орбитѣ и восходящимъ узломъ K. Поэтому дуга Kp' называется аргументомъ широты. Изъ рисунка 56 заключаемъ, что

аргументъ широты равенъ долготѣ Bp' планеты въ орбитѣ безъ долготы восходящаго узла ☊ (§ 80).

§ 82. **Вычисленіе геліоцентрическаго положенія планеты, средняя и истинная аномаліи.** На основаніи второго закона Кеплера (§ 73), при движеніи планеты по окружности эллипса, ея радіусъ-векторъ ежедневно описываетъ одинаковыя по величинѣ площади. Извѣстно, что площадь цѣлаго эллипса равна πab, гдѣ a и b суть большая и малая полуоси эллипса, а π — такъ называемое Лудольфово число, равное 3,14159... Раздѣляя площадь эллипса на время обращенія, выраженное въ суткахъ, мы получимъ величину площади, описываемой радіусомъ-векторомъ планеты въ теченіе сутокъ, или такъ называемую секторіальную скорость. Далѣе, если извѣстно время прохожденія планеты черезъ перигелій B, и требуется опредѣлить ея положеніе на орбитѣ въ какой-нибудь другой моментъ, то, умножая секторіальную скорость на промежутокъ времени, протекшій съ момента прохожденія черезъ перигелій, получимъ величину эллиптическаго сектора BSP (рис. 57), описаннаго радіусомъ-векторомъ въ теченіе этого промежутка. Найдя же величину площади BSP, мы можемъ свести задачу объ опредѣленіи положенія планеты на орбитѣ для какого-угодно момента къ рѣшенію слѣдующей геометрической задачи: найти уголъ BSP и радіусъ-векторъ SP, соотвѣтствующіе эллиптическому сектору BSP, если дана площадь этого сектора.

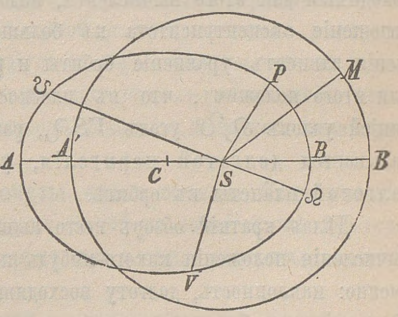


Рис. 57.

Рѣшеніе этой задачи во всякомъ случаѣ представляетъ значительныя трудности и требуетъ много времени. На практикѣ же можно достичь цѣли болѣе простымъ способомъ, если воспользоваться тѣмъ обстоятельствомъ, что эксцентриситеты планетныхъ орбитъ малы и что, поэтому, эти орбиты близки къ круговымъ линіямъ, а движеніе планетъ по орбитамъ мало отличается отъ равномѣрнаго движенія.

Положимъ, что около фокуса S, въ которомъ находится солнце, какъ около центра, описана окружность круга $B'MA'$, радіусъ которой $SA'=SB'=SM$ равенъ большой полуоси $CB=CA$ эллипса BPA (рис. 57). Пусть по этой окружности движется равномѣрно нѣкоторая воображаемая планета, и пусть полный кругъ она описываетъ въ то-же самое время, въ какое дѣйствительная планета совершаетъ полный оборотъ по своей эллиптической орбитѣ. Допустимъ еще, что обѣ планеты, воображаемая и дѣйствительная, всегда одновременно проходятъ черезъ линію апсидъ (§ 72). Это допущеніе вполнѣ законно, такъ какъ, если обѣ планеты одновременно выходятъ—дѣйствительная изъ перигелія B, а воображаемая изъ точки B', то, черезъ полъ-оборота, первая будетъ находится въ афеліи A, а вторая—въ точкѣ A' и, слѣдовательно, обѣ опять одновременно пройдутъ черезъ линію апсидъ.

Положимъ, что по истеченіи нѣкотораго промежутка времени радіусъ-векторъ воображаемой планеты, иначе называемой, вслѣдствіе своего равномѣрнаго движенія, средней планетой, описалъ уголъ $B'SM$, а радіусъ-векторъ дѣйствительной или истинной планеты—уголъ $B'SP$. Въ такомъ случаѣ, нашу задачу можно свести къ опредѣленію разности этихъ угловъ, иначе говоря, къ опредѣленію угла MSP, и къ опредѣленію радіуса-вектора SP по углу $B'SM$.

Вычисленіе угла $B'SM$, который называется средней аномаліей, не представляетъ никакихъ трудностей, такъ какъ средняя планета движется по своему круговому пути съ постоянною скоростью. Въ самомъ дѣлѣ, по данному времени обращенія средней планеты, которое принимается равнымъ времени обращенія истинной планеты, легко можно опредѣ-

лить среднее суточное движеніе, такъ какъ это послѣднее есть не что иное, какъ частное, получающееся отъ раздѣленія 360^0 на время обращенія планеты. Умножая же среднее суточное движеніе на промежутокъ времени, протекшій съ момента прохожденія планеты черезъ точку B', мы и получаемъ среднюю аномалію $B'SM$.

Уголъ BSP, который описываетъ радіусъ-векторъ дѣйствительной планеты, совершающей движеніе по эллиптическому пути, называется истинной аномаліей; а уголъ MSP, т. е. разность между истинной и средней аномаліями, носитъ названіе уравненія орбиты. Поэтому наша задача сводится на вычисленіе уравненія орбиты и радіуса-вектора по данной средней аномаліи.

Здѣсь мы, конечно, не можемъ входить въ разсмотрѣніе способовъ, служащихъ для вычисленія этихъ величинъ; но все-же мы полагаемъ, что необходимо по крайней мѣрѣ указать тотъ путь, которому слѣдуютъ при рѣшеніи этой задачи. Чтобы выполнить всѣ необходимыя для этого вычисленія, надо знать: во-первыхъ, эксцентриситетъ CS или, скорѣе, отношеніе эксцентриситета къ большой полуоси CA, такъ какъ именно отъ этого отношенія зависятъ уравненіе орбиты и радіусъ-векторъ, и, во-вторыхъ, положеніе перигелія. Для этого положимъ, что въ плоскости орбиты проведена линія SV, составляющая съ линіей узловъ ☊☋ уголъ $VS☊$, равный долготѣ восходящаго узла. Тогда уголъ VSB называется долготой перигелія, уголъ VSM — средней и уголъ VSP — истинной долготой планеты въ орбитѣ.

Дѣлая краткій обзоръ всего выше сказаннаго, мы приходимъ къ заключенію, что для вычисленія положенія какого-нибудь небеснаго тѣла необходимо знать шесть элементовъ, именно: наклонность, долготу восходящаго узла, долготу перигелія, эксцентриситетъ, время обращенія или большую полуось и время прохожденія черезъ перигелій. Первые два элемента опредѣляютъ положеніе плоскости орбиты въ пространствѣ, третій—положеніе самой орбиты въ ея плоскости, четвертый и пятый—видъ и размѣры орбиты, и, наконецъ, шестой элементъ служитъ для опредѣленія положенія небеснаго тѣла на ея орбитѣ для даннаго момента.

§ 83. **Таблицы движенія планетъ.** Всего вышесказаннаго достаточно, чтобы познакомиться, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, съ тѣмъ способомъ, которымъ астрономы пользуются для вычисленія положеній планетъ на небесной сферѣ. Чтобы по возможности упростить эти вычисленія, астрономы составили весьма удобныя таблицы движенія планетъ и солнца. Здѣсь не будетъ лишнимъ дать краткія свѣдѣнія о составленіи и употребленіи такихъ таблицъ. Эти таблицы прежде всего заключаютъ среднюю долготу для каждаго года, и именно для полудня 1 января, если годъ високосный, и для полудня 31 декабря предшествующаго года, если данный годъ простой. Само собой разумѣется, что таблицы составляются для какого-нибудь опредѣленнаго мѣста, напр., для Вѣны. * Для простыхъ и високосныхъ годовъ средняя долгота дается для различныхъ эпохъ съ цѣлію достичь большаго однообразія въ вычисленіяхъ. Пояснимъ это. Положимъ, что намъ надо вычислить среднюю долготу, напр., для 15 марта. Если мы имѣемъ дѣло съ високоснымъ годомъ, то промежутокъ между этимъ моментомъ и тѣмъ моментомъ, для котораго дана долгота въ таблицахъ, равенъ $30 + 29 + 15 = 74$ днямъ. Легко убѣждаемся, что, при вышеописанномъ устройствѣ таблицъ, и для простого года этотъ промежутокъ равенъ $31 + 28 + 15$, т. е. опять 74 днямъ. * Такъ какъ въ високосномъ году лишній день прибавляется въ концѣ февраля, то, очевидно, способъ вычисленія для 10 мѣсяцевъ, слѣдующихъ за февралемъ, остается одинъ и тотъ-же, имѣемъ-ли мы дѣло съ високоснымъ годомъ или простымъ. Въ теченіе же первыхъ двухъ мѣсяцевъ года упомянутый выше промежутокъ для високоснаго года долженъ заключать однимъ днемъ меньше, чѣмъ для простого. Наоборотъ, если бы средняя долгота давалась въ таблицахъ постоянно для одной и той-же эпохи, то только для первыхъ двухъ мѣсяцевъ способъ вычисленія

былъ бы одинаковъ какъ въ случаѣ високоснаго, такъ и въ случаѣ простого года; въ теченіе же остальныхъ 10 мѣсяцевъ для високоснаго года пришлось бы брать промежутокъ однимъ днемъ больше, чѣмъ для простого года.

Далѣе, въ таблицахъ движенія планетъ даются: величина, на которую увеличивается средняя долгота къ концу каждаго мѣсяца, и измѣненія долготы планеты для отдѣльныхъ дней и даже часовъ, минутъ и секундъ. Построенныя такимъ образомъ таблицы даютъ возможность безъ труда и съ большою точностью вычислять среднюю долготу планеты для любого момента. Къ этимъ таблицамъ присоединены еще двѣ другія, служащія для опредѣленія истинной долготы и радіуса-вектора планеты. Первая изъ этихъ дополнительныхъ таблицъ даетъ уравненіе орбиты (§ 82), а вторая—разность между радіусомъ-векторомъ планеты и ея среднимъ разстояніемъ отъ солнца, иначе говоря — между радіусомъ-векторомъ и большою полуосью. Прибавляя уравненіе орбиты къ средней долготѣ, мы получаемъ, какъ нетрудно убѣдиться, истинную долготу планеты; прибавляя величину, взятую изъ второй дополнительной таблицы, къ большой полуоси, находимъ радіусъ-векторъ планеты. Зная же истинную долготу и радіусъ-векторъ планеты, мы по этимъ даннымъ опредѣляемъ аргументъ широты, затѣмъ, при помощи легкихъ вычисленій, находимъ геліоцентрическія долготу и широту планеты и отсюда, наконецъ, выводимъ геоцентрическое положеніе планеты для любого момента.

§ 84. **Опредѣленіе времени обращенія планеты около солнца. Сидерическія обращенія.** Когда планета усматривается изъ центра солнца въ той-же самой точкѣ небесной сферы, въ которой она была уже раньше, то мы говоримъ, что планета совершила полный оборотъ около солнца.

Но какъ же намъ получить геліоцентрическія или усматриваемыя изъ центра солнца положенія планеты, если мы можемъ наблюдать планету только съ земли?

Простѣйшій способъ получить геліоцентрическія положенія планеты заключается въ наблюденіи ея прохожденій черезъ плоскость эклиптики, т. е. черезъ плоскость, въ которой движется земля. Опредѣлить же моментъ прохожденія планеты черезъ эту плоскость не трудно. Для этого надо только наблюдать прямое восхожденіе и склоненіе планеты ежедневно около того времени, когда она находится вблизи плоскости эклиптики. Прямыя восхожденія и склоненія мы можемъ, при помощи несложныхъ вычисленій, обратить въ долготы и широты. При этомъ намъ непремѣнно встрѣтятся два такихъ слѣдующихъ одинъ за другимъ дня, изъ которыхъ одному соотвѣтствуетъ сѣверная широта планеты, а другому—южная. Пользуясь этими широтами, а также суточнымъ измѣненіемъ широты, мы по простой пропорціи вычислимъ тотъ моментъ, для котораго широта равна 0^0, иначе говоря, моментъ прохожденія планеты черезъ плоскость эклиптики (Введ., § 11). Но такъ какъ въ плоскости эклиптики лежитъ не только центръ земли, но также и центръ солнца, то, если бы наблюдатель могъ помѣститься въ центрѣ солнца, онъ, очевидно, увидѣлъ бы прохожденіе планеты черезъ плоскость эклиптики въ тотъ же самый моментъ, какъ и наблюдатель, находящійся на землѣ. Поэтому, если мы замѣтимъ моменты двухъ послѣдовательныхъ прохожденій планеты черезъ одинъ и тотъ же узелъ, напр., черезъ восходящій узелъ (§ 80), то въ эти два момента планета, очевидно, будетъ усматриваться также и изъ центра солнца въ одной и той точкѣ своей орбиты, иначе говоря, въ теченіе промежутка времени, заключающагося между этими моментами, планета совершаетъ полный оборотъ около солнца. При этомъ мы предполагаемъ, что самъ узелъ за этотъ промежутокъ времени не мѣняетъ своего положенія на небесной сферѣ, что во всякомъ случаѣ довольно близко къ истинѣ. Итакъ, не обращая вниманія на измѣненія положенія восходящаго узла, мы вышеописаннымъ способомъ опредѣляемъ истинныя или сидерическія обращенія планетъ (§ 61). Зная же сидерическія обращенія, мы, на основаніи третьяго закона Кеплера (§ 77), можемъ вычислить большія полуоси планетныхъ орбитъ или такъ называемыя среднія разстоянія планетъ

отъ солнца. Таблица, помѣщенная въ концѣ книги, даетъ какъ сидерическія обращенія, такъ и среднія разстоянія всѣхъ планетъ. Приведемъ здѣсь эти величины для нѣкоторыхъ планетъ.

Планета.	Сидер. обращ.	Средн. разст.
Меркурій	88 сут.	0,387
Венера.	225 »	0,723
Земля	365 »	1,000
Марсъ	687 »	1,524

§ 85. **Тропическія обращенія.** Отъ сидерическаго обращенія планеты нѣсколько отличается тотъ промежутокъ времени, по истеченіи котораго долгота планеты въ орбитѣ принимаетъ прежнее значеніе. Выше (§ 81) было объяснено, что долгота планеты въ орбитѣ равна аргументу широты, сложенному съ долготой восходящаго узла; иначе говоря, долготу планеты въ орбитѣ мы получимъ, если къ угловому разстоянію планеты отъ восходящаго узла прибавимъ угловое разстояніе этого узла отъ точки весенняго равноденствія (§ 80). Но раньше (§ 50) мы видѣли, что сама точка весенняго равноденствія перемѣщается съ востока на западъ, т. е. по направленію, обратному счету долготъ; это перемѣщеніе происходитъ во всякомъ случаѣ весьма медленно, именно въ годъ оно составляетъ только $50{,}2113''$ или $0{,}01394^0$. Понятно, что на такую-же величину ежегодно увеличивается долгота восходящаго узла; вслѣдствіе этого въ тотъ моментъ, когда аргументъ широты принимаетъ прежнее значеніе, т. е. когда планета возвращается въ прежнюю точку своей орбиты, долгота планеты получаетъ нѣсколько большее значеніе, чѣмъ въ началѣ сидерическаго обращенія. Поэтому промежутокъ времени, по истеченіи котораго долгота планеты достигаетъ прежняго значенія и который называется тропическимъ обращеніемъ, нѣсколько короче сидерическаго обращенія.

Зная сидерическія обращенія планетъ, легко вычислить также ихъ тропическія обращенія. Раздѣляя выше приведенное годовое измѣненіе въ положеніи точки весенняго равноденствія на продолжительность года, равную $365^1/_4$ суткамъ, мы находимъ, что суточное движеніе этой точки составляетъ $0{,}000038°$. Раздѣляя число градусовъ, заключающееся въ цѣлой окружности, т. е. $360°$, на сидерическое обращеніе, выраженное въ суткахъ, получаемъ среднее сидерическое суточное движеніе планеты. Прибавляя къ этому суточному сидерическому движенію планеты суточное движеніе точки весенняго равноденствія, которое, какъ мы видѣли, равно $0{,}000038°$, мы получаемъ суточное тропическое движеніе планеты. Въ этомъ случаѣ мы должны взять сумму обоихъ движеній на томъ основаніи, что движеніе планеты, по предыдущему, прямо противоположно движенію точки весенняго равноденствія. Раздѣляя, наконецъ, $360°$ на суточное тропическое движеніе планеты, мы получимъ ея тропическое обращеніе. Для примѣра вычислимъ тропическое обращеніе Марса. Сидерическое обращеніе этой планеты, какъ показываетъ помѣщенная въ концѣ книги таблица, равно $686{,}98$ суткамъ. Отсюда слѣдуетъ, что суточное сидерическое движеніе Марса составляетъ $0{,}524033°$. Далѣе, суточное тропическое движеніе получается равнымъ $0{,}524033° + 0{,}000038° = 0{,}524071°$. Пользуясь этимъ числомъ, находимъ, что тропическое обращеніе Марса равно $686{,}93$ суткамъ.

Итакъ мы видимъ, что для планетъ, близкихъ къ солнцу, разность между сидерическимъ и тропическимъ обращеніями весьма незначительна; для болѣе удаленныхъ планетъ эта разность весьма быстро увеличивается. Такъ, для Урана она равна уже $99{,}6$ суткамъ, а для Нептуна достигаетъ даже $381{,}1$ сутокъ, что составляетъ немного болѣе года.

§ 86. **Синодическія обращенія.** Отъ сидерическаго и тропическаго обращенія планеты существеннымъ образомъ отличается такъ называемое синодическое обращеніе ея, т. е. тотъ промежутокъ времени, по истеченіи котораго планета возвращается въ прежнее положеніе относительно солнца, напр., промежутокъ времени между двумя послѣдовательными оппозиціями (§ 45).

Синодическое обращеніе планеты можетъ быть легко вычислено, если извѣстно ея сидерическое обращеніе. Для этого мы должны сначала вычислить, кромѣ суточнаго сидерическаго движенія планеты, также суточное сидерическое движеніе земли или, что то-же самое, суточное сидерическое движеніе солнца. Затѣмъ, составляя разность этихъ двухъ величинъ, мы получимъ суточное движеніе планеты относительно солнца. Наконецъ, черезъ раздѣленіе 360^0 на эту величину получается продолжительность синодическаго обращенія планеты. Для примѣра возьмемъ опять планету Марсъ. Въ таблицѣ, помѣщенной въ концѣ книги, находимъ, что сидерическое обращеніе земли равно 365,256 суткамъ; отсюда суточное сидерическое движеніе ея получается равнымъ $0{,}985697^0$. Вычитая изъ этой величины суточное сидерическое движеніе Марса, которое, какъ мы видѣли въ предыдущемъ параграфѣ, составляетъ $0{,}524033^0$, мы находимъ, что суточное движеніе Марса относительно солнца равно $0{,}461664^0$. Отсюда заключаемъ, что синодическое обращеніе этой планеты охватываетъ 779,8 сутокъ.

Если мы хотимъ, наоборотъ, по данному синодическому обращенію планеты опредѣлить ея сидерическое обращеніе, то прежде всего мы должны вычислить суточное синодическое движеніе планеты и суточное сидерическое движеніе земли; затѣмъ, составляя сумму или разность этихъ двухъ величинъ, смотря по тому, имѣемъ ли мы дѣло съ нижней или съ верхней планетой, мы получимъ суточное сидерическое движеніе планеты и послѣ этого уже извѣстнымъ способомъ вычислимъ ея сидерическое обращеніе. Такъ, напр., синодическое обращеніе Венеры равно 584,0 суткамъ; слѣдовательно, ея суточное синодическое движеніе составляетъ $0{,}616434^0$. Суточное сидерическое движеніе земли равно, какъ мы видѣли, $0{,}985697^0$. Такъ какъ Венера принадлежитъ къ нижнимъ планетамъ, то ея суточное сидерическое обращеніе получится какъ сумма двухъ только что приведенныхъ величинъ, именно $0{,}616434^0 + 0{,}985697^0 = 1{,}602131^0$. Отсюда вычисляемъ, что сидерическое обращеніе Венеры охватываетъ 224,701 сутокъ.

§ 87. **Опредѣленіе сидерическаго обращенія планеты по синодическому.** Прохожденія планетъ черезъ плоскость эклиптики въ большинствѣ случаевъ наблюдаются не съ достаточною точностью, такъ какъ наклонности планетныхъ орбитъ весьма малы, и потому, планеты пересѣкаютъ плоскость эклиптики подъ весьма острымъ угломъ. Кромѣ того, линія узловъ не сохраняетъ неизмѣннаго положенія въ пространствѣ, а сама совершаетъ различныя движенія, которыя въ настоящее время изучены еще не вполнѣ точно. Съ другой стороны, сидерическое обращеніе есть одинъ изъ важнѣйшихъ элементовъ всякой планетной орбиты; поэтому, здѣсь вполнѣ умѣстно указать, что для верхнихъ планетъ съ весьма большою точностью наблюдаются моменты ихъ оппозиціи съ солнцемъ. Промежутокъ же времени между двумя оппозиціями есть не что иное, какъ синодическое обращеніе планеты; а по синодическому обращенію, какъ мы видѣли въ предыдущемъ параграфѣ, легко можетъ быть вычислено сидерическое обращеніе. Такимъ образомъ, опредѣленіе изъ наблюденій продолжительности синодическихъ обращеній доставляетъ, по крайней мѣрѣ для верхнихъ планетъ, прекрасный способъ вычислять съ большою точностью также и сидерическія обращенія.

Однако мы скоро узнаемъ, что черезъ сравненіе между собою различныхъ паръ оппозицій получаются весьма различныя значенія продолжительности синодическаго обращенія планеты. Разности между этими значеніями настолько велики, что ихъ нельзя объяснить случайными ошибками наблюденій, такъ какъ моменты оппозицій и положенія планеты во время оппозицій могутъ быть наблюдаемы, какъ мы уже сказали, съ большою точностью. Объясняются же эти разности тѣмъ, что орбиты планетъ суть эллиптическія кривыя, и вслѣдствіе этого скорости движенія планетъ въ различныхъ частяхъ ихъ орбитъ неодинаковы. Однако движеніе планетъ не слишкомъ сильно отличается отъ равномѣрнаго, такъ что въ первомъ приближеніи мы можемъ допустить, что планеты движутся по окружностямъ

круговъ. Но въ виду того, что опредѣленіе продолжительности сидерическихъ обращеній представляетъ огромную важность, необходимо придумать такой способъ опредѣленія ихъ, при которомъ различныя неравенства въ движеніи планетъ не оказывали бы замѣтнаго вліянія на результатъ.

Если извѣстно приближенное значеніе продолжительности синодическаго обращенія, то самымъ лучшимъ способомъ опредѣленія истинной продолжительности этого обращенія является сравненіе между собою двухъ оппозицій, отдѣленныхъ другъ отъ друга весьма большимъ промежуткомъ времени. Въ такомъ случаѣ, какъ ошибки наблюденій, такъ и ошибки, происходящія отъ того, что мы считаемъ движеніе планетъ равномѣрнымъ, оказываютъ на результатъ лишь весьма небольшое вліяніе. Лучше всего мы убѣдимся въ этомъ на примѣрѣ.

Мы уже выше (§ 23) упоминали объ одномъ изъ древнѣйшихъ дошедшихъ до насъ наблюденій, сдѣланномъ въ 1100 году до начала нашего лѣтосчисленія. Положимъ, что до насъ дошло сдѣланное въ Пекинѣ въ томъ-же году опредѣленіе момента оппозиціи какой-нибудь планеты и что эта оппозиція имѣла мѣсто въ полдень 20-го ноября стараго стиля. Положимъ далѣе, что въ 1834 году 22-го мая новаго стиля наблюдалась гдѣ-нибудь въ Европѣ вторая оппозиція той-же самой планеты, и что моментъ этой оппозиціи опять совпалъ съ моментомъ, когда въ Пекинѣ былъ полдень. Допустимъ еще, что намъ извѣстна приближенно продолжительность синодическаго обращенія этой планеты, составляющая $535^3/_4$ сутокъ. Если не обращать вниманія на разность между новымъ и старымъ стилями, то промежутокъ времени между выше упомянутыми оппозиціями былъ бы равенъ 2933 годамъ и 183 суткамъ. Но такъ какъ разность между обоими стилями въ XIX столѣтіи составляла 12 дней, то этотъ промежутокъ на самомъ дѣлѣ равенъ 2933 годамъ и 171 суткамъ. Такъ какъ, наконецъ, въ юліанскомъ году заключается $365^1/_4$ дней, то тотъ-же самый промежутокъ, выраженный въ суткахъ, представляется числомъ 1 071 449,25. Такъ какъ синодическое обращеніе планеты, по предположенію, составляетъ приблизительно 535,75 сутокъ, то въ разсматриваемомъ нами промежуткѣ, очевидно, заключается 2000 полныхъ синодическихъ обращеній. Поэтому, истинную величину продолжительности синодическаго обращенія мы получимъ, раздѣляя число 1 071 449,25 на 2000. Отсюда для искомой продолжительности синодическаго обращенія находимъ 535,724625 сутокъ. Если бы первое изъ выше приведенныхъ наблюденій было ошибочно, и именно если бы моментъ оппозиціи былъ замѣченъ на цѣлыхъ 6 часовъ позже, чѣмъ слѣдуетъ, то на такую-же величину былъ бы невѣренъ и промежутокъ между обоими наблюденіями. Въ такомъ случаѣ истинный промежутокъ между обоими наблюденіями былъ бы на тѣ же 6 часовъ больше и равнялся бы 1 071 449,5 суткамъ. Раздѣляя это число опять на 2000, мы нашли бы для истинной продолжительности синодическаго обращенія 535,72475 сутокъ. Эта величина на 0,000125 сутокъ или на $10{,}8^s$ больше той величины, которую мы нашли раньше. Такимъ образомъ, благодаря весьма большому промежутку между двумя наблюденіями, ошибка въ 6 часовъ уменьшилась въ окончательномъ результатѣ до $10{,}8^s$, т. е. до $^1/_{2000}$ своей части.

На этомъ основаніи еще греки, отъ вниманія которыхъ не ускользнуло, что старыми наблюденіями можно съ выгодою воспользоваться для подобныхъ цѣлей, съ большою точностью опредѣлили времена обращеній извѣстныхъ имъ планетъ, и позднѣйшіе астрономы могли лишь весьма немного исправить тѣ величины этихъ обращеній, которыя Птоломей далъ въ своемъ Альмагестѣ. Замѣтимъ, что наблюденія, раздѣленныя между собою весьма большимъ промежуткомъ времени, были бы весьма важны также и для другихъ интересныхъ изслѣдованій; однако старыя наблюденія, къ сожалѣнію, по большей части настолько несовершенны, что мы можемъ ими пользоваться лишь въ рѣдкихъ случаяхъ. Вполнѣ хорошія и точныя наблюденія начинаются только съ начала или даже скорѣе съ середины XVIII столѣтія, и со временемъ наши потомки съ большою выгодою воспользуются этими

наблюденіями для рѣшенія многихъ интересныхъ вопросовъ, которые въ настоящее время остаются нерѣшенными только по недостатку подходящихъ для этой цѣли наблюденій.

§ 88. **Опредѣленіе разстояній отъ планетъ до солнца.** По третьему закону Кеплера (§ 77) кубы большихъ полуосей a и a' двухъ какихъ-нибудь планетъ относятся между собою какъ квадраты временъ ихъ сидерическихъ обращеній S и S', т. е.

$$\frac{a^3}{a'^3} = \frac{S^2}{S'^2}.$$

Пусть величины a' и S' относятся къ землѣ. Въ такомъ случаѣ, принимая за единицу разстояній, какъ это вообще дѣлается въ астрономіи, большую полуось земной орбиты, мы въ предыдущей формулѣ должны положить $a' = 1$, и тогда большую полуось какой-нибудь другой планеты, продолжительность сидерическаго обращенія которой намъ извѣстна, мы найдемъ изъ слѣдующаго весьма простого выраженія:

$$a = \sqrt[3]{\frac{S^2}{S'^2}}$$

Такъ, напр., мы знаемъ, что сидерическія обращенія Марса и Земли соотвѣтственно равны: $S = 686{,}98$ суткамъ и $S' = 365{,}26$ суткамъ. Поэтому, большую полуось орбиты Марса мы найдемъ изъ слѣдующаго выраженія:

$$a = \sqrt[3]{\frac{471941{,}5204}{133414{,}8676}} = 1{,}524.$$

Разстоянія отъ нижнихъ планетъ (§ 59) до солнца мы можемъ опредѣлить также еще по другому способу. Выше (§ 69) мы видѣли, что во время элонгаціи нижней планеты направленіе ея движенія или, что то-же самое, касательная къ ея орбитѣ совпадаетъ съ линіей, соединяющей планету съ землей. Это даетъ намъ простой способъ опредѣлять разстояніе отъ нижней планеты до солнца. Взаимное расположеніе солнца, земли и нижней планеты во время элонгаціи этой послѣдней представлено на рис. 58, на которомъ S есть солнце, E—земля и P—планета. Если мы наблюдаемъ планету во время ея элонгаціи, то тѣмъ самымъ мы опредѣляемъ непосредственно изъ наблюденій уголъ E въ треугольникѣ SPE, прямоугольномъ при P. Изъ этого треугольника, въ которомъ, кромѣ того, извѣстно разстояніе SE отъ земли до солнца, мы по простой тригонометрической формулѣ

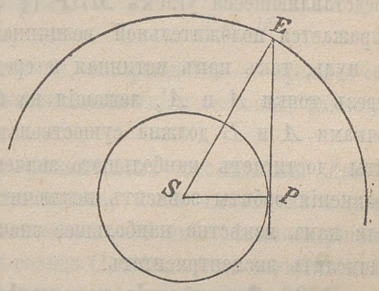


Рис. 58.

$$SP = SE \sin SEP$$

можемъ вычислить разстояніе SP отъ планеты до солнца.

Подобнымъ-же образомъ, только съ небольшимъ измѣненіемъ, можетъ быть опредѣлено разстояніе отъ луны до земли. Во время квадратуръ, т. е. въ моменты первой и послѣдней четверти, линія, соединяющая центры солнца и луны, перпендикулярна къ линіи, проходящей черезъ центры луны и земли. Моментъ, когда луна находится въ одной изъ квадратуръ, узнается по тому, что граница свѣта и тѣни, отдѣляющая освѣщенную часть луны отъ неосвѣщенной и обыкновенно имѣющая видъ выпуклой или вогнутой кривой линіи, въ это время представляется прямой линіей. Если мы измѣримъ въ этотъ моментъ уголъ PES, образуемый линіями зрѣнія EP и ES, идущими изъ глаза наблюдателя къ лунѣ P и солнцу S, то разстояніе EP отъ луны до земли можетъ быть вычислено по формулѣ

$$EP = ES \cos SEP,$$

получающейся изъ треугольника SEP (рис. 58). Однако весьма трудно замѣтить съ достаточною точностью тотъ моментъ, когда граница свѣта и тѣни представляется въ точ-

ности прямою линіей; точно также трудно замѣтить моментъ, когда нижняя планета находится въ элонгаціи. Поэтому опредѣленіе разстояній по описанному во второй половинѣ этого параграфа способу даетъ ненадежные результаты. Тѣмъ не менѣе первыя приближенныя опредѣленія резстояній были сдѣланы именно по этому способу.

§ 89. **Опредѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ.** По первому закону Кеплера (§ 73) площади, описываемыя радіусомъ-векторомъ планеты въ различные промежутки времени, пропорціональны этимъ промежуткамъ. Если бы планета двигалась по круговой линіи, и если бы въ центрѣ этой линіи находилось солнце, то упомянутыя площади были бы вмѣстѣ съ тѣмъ пропорціональны угламъ, образуемымъ при солнцѣ начальнымъ и конечнымъ положеніями радіуса-вектора, иначе говоря, движеніе планеты было бы равномѣрнымъ. Поэтому, неравенства, замѣчаемыя въ движеніи планетъ около солнца, зависятъ исключительно отъ эксцентриситетовъ ихъ эллиптическихъ орбитъ.

Сравнимъ движеніе истинной планеты P (рис. 57, стр. 123) по эллиптической кривой съ движеніемъ воображаемой или средней планеты M (§ 82), равномѣрно движущейся по окружности круга $B'M$, въ центрѣ котораго находится солнце S. Вспомнимъ, что средняя планета, при своемъ движеніи, проходитъ черезъ большую ось эллипса, описываемаго истинной планетой, всегда одновременно съ этой послѣдней, и что времена обращеній обѣихъ планетъ равны между собою. Въ то время какъ средняя планета M равномѣрно движется по окружности круга, неравномѣрное движеніе истинной планеты P по эллиптической кривой совершается такъ, что площадь BPS эллиптическаго сектора ежедневно увеличивается на одну и ту-же величину. Такъ какъ скорость движенія истинной планеты, при ея прохожденіи черезъ перигелій B, достигаетъ наибольшей величины (§ 72), то вначалѣ истинная планета опережаетъ среднюю; это значитъ, что уравненіе орбиты, представляющееся угломъ MSP (§ 82) и въ самомъ перигеліи равное нулю, въ это время выражается положительной величиной. Въ афеліи A уравненіе орбиты снова обращается въ нуль, такъ какъ истинная и средняя планеты одновременно проходятъ соотвѣтственно черезъ точки A и A', лежащія на большой оси. Поэтому, на эллиптической кривой между точками A и B должна существовать нѣкоторая третья точка, въ которой уравненіе орбиты достигаетъ наибольшаго значенія. Численная величина этого наибольшаго значенія уравненія орбиты зависитъ исключительно отъ эксцентриситета орбиты, и потому, обратно, если намъ извѣстно наибольшее значеніе уравненія орбиты, мы можемъ по этому значенію вычислить эксцентриситетъ.

§ 90. **Опредѣленіе положенія линіи апсидъ.** Мы видѣли, что эксцентриситетъ планетной орбиты можетъ быть опредѣленъ, если предварительно мы найдемъ изъ наблюденій наибольшее значеніе уравненія орбиты, соотвѣтствующее, какъ показываютъ тѣ-же наблюденія, нѣкоторому положенію планеты, лежащему приблизительно по серединѣ между обоими апсидами. Подобнымъ же образомъ положеніе большой оси орбиты можетъ быть опредѣлено, если мы найдемъ при помощи наблюденій положеніе тѣхъ точекъ A и B орбиты, въ которыхъ скорость движенія планеты около солнца достигаетъ наибольшаго и наименьшаго значенія. Но такъ какъ такого рода наблюденія не допускаютъ большой точности, то гораздо лучше воспользоваться другимъ способомъ. Именно, изслѣдуемую планету наблюдаютъ по возможности часто въ теченіе цѣлаго оборота ея около солнца. Затѣмъ, изъ всѣхъ положеній планеты выбираютъ два такихъ, которыя отдѣлены другъ отъ друга въ точности полугодовымъ промежуткомъ и которымъ соотвѣтствуютъ долготы, различающіяся между собою ровно на 180^0. Прямая линія, проходящая черезъ обѣ эти точки, очевидно, и есть линія апсидъ. Двумъ положеніямъ планеты, находящимся на концахъ всякой другой прямой линіи $\Omega\Upsilon$, проходящей черезъ центръ солнца S (рис. 57), соотвѣтствуютъ долготы, отличающіяся другъ отъ друга также на 180^0; но промежутокъ времени, въ теченіе котораго планета проходитъ дугу $\Omega P\Upsilon$, значительно короче промежутка, употребляемаго пла-

нетой на прохожденіе дуги ♑♈♋, такъ какъ на первой изъ этихъ дугъ лежитъ перигелій B, а на второй—афелій A, и, слѣдовательно, первую дугу планета пробѣгаетъ съ бо́льшею скоростью, чѣмъ вторую.

§ 91. **Движеніе линіи апсидъ.** Если мы сравнимъ два опредѣленія положенія линіи апсидъ, отдѣленныя одно отъ другого нѣсколькими столѣтіями, то мы замѣтимъ, что долгота перигелія, а, слѣдовательно, также и долгота афелія всѣхъ планетныхъ орбитъ съ теченіемъ времени увеличивается. Таблица, помѣщенная въ концѣ нашей книги, даетъ годовое измѣненіе въ положеніи апсидъ для всѣхъ планетъ. Такъ, напр., долгота перигелія земной орбиты увеличивается ежегодно на $0{,}0171^0$. Такимъ образомъ, если земля, въ концѣ года, снова приходитъ въ ту точку своей орбиты, съ которой въ началѣ года совпадалъ ея перигелій, то она должна пройти еще дугу, равную $0{,}0171^0$, чтобы снова достичь перигелія. Время, въ теченіе котораго земля проходитъ эту дугу, равно дроби $^{0{,}0171}/_{360}$, умноженной на продолжительность тропическаго года, составляющую 365,24225 дней. Производя указанныя вычисленія, находимъ для этого промежутка времени 0,01736 сутокъ. Слѣдовательно, промежутокъ времени, въ теченіе котораго земля совершаетъ по своей орбитѣ полный оборотъ относительно перигелія и который называется аномалистическимъ годомъ, на 0,01736 сутокъ больше тропическаго года. Поэтому, продолжительность аномалистическаго года составляетъ $365{,}24225 + 0{,}01736 = 365{,}25961$ сутокъ.

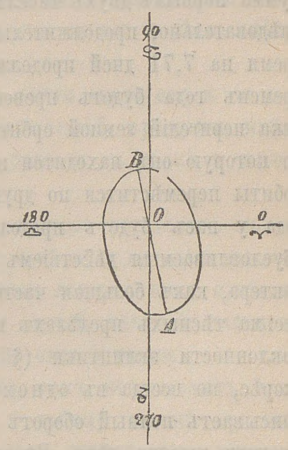


Рис. 59.

Такъ какъ долготы перигелія и афелія земной орбиты ежегодно измѣняются на $0{,}0171^0$, то линія апсидъ, вращаясь около центра солнца, какъ около неподвижной точки, возвращается въ прежнее свое положеніе и, слѣдовательно, описываетъ полные 360^0 относительно точки весенняго равноденствія приблизительно въ теченіе 20930 лѣтъ.

§ 92. **Продолжительноотъ временъ года въ различныхъ столѣтіяхъ.** Долгота перигелія земной орбиты въ серединѣ XIX столѣтія равнялась, какъ показываетъ помѣщенная въ концѣ книги таблица, 100^0. Поэтому, если на рис. 59 двѣ взаимноперпендикулярныя линіи ♈♎ и ♋♑, проходящія черезъ центръ солнца O, обозначаютъ соотвѣтственно линію равноденствій и линію солнцестояній (Введ., § 11), то въ настоящее время эллиптическая орбита земли имѣетъ расположеніе, указанное на томъ-же рисункѣ, причемъ B есть перигелій, A—афелій, и, слѣдовательно, линія AB представляетъ большую ось орбиты. Въ началѣ нашей весны земля находится въ той точкѣ своей орбиты, въ которой эта послѣдняя пересѣкается съ линіей O♎; точно также, когда въ сѣверномъ полушаріи начинается лѣто, осень и зима, земля занимаетъ соотвѣтственно тѣ точки своей орбиты, въ которыхъ эта послѣдняя пересѣкается съ линіями O♑, O♈, O♋. Въ четырехъ только что упомянутыхъ точкахъ земля бываетъ соотвѣтственно 21 марта, 21 іюня, 23 сентября и 21 декабря (§ 33). Пусть плоскость рисунка представляетъ плоскость экватора. Въ такомъ случаѣ линія ♎♈, по которой плоскость экватора пересѣкается съ плоскостью эклиптики или, иначе говоря, съ плоскостью земной орбиты, дѣлитъ эллипсъ, описываемый землей, на двѣ части: та часть, на которой находится перигелій B, лежитъ надъ плоскостью рисунка; другая же часть, заключающая въ себѣ афелій A,—подъ этою плоскостью. На первой изъ этихъ частей земля находится съ начала нашей осени до начала весны, на другой же части—въ теченіе нашихъ весны и лѣта. Такимъ образомъ мы видимъ, что во время нашей зимы земля бываетъ ближе къ солнцу, чѣмъ во время лѣта. Такъ какъ нашей зимѣ въ южномъ полушаріи соотвѣтствуетъ лѣто, то ясно, что, подъ одинаковыми широтами, въ южномъ полу-

шаріи лѣто должно быть теплѣе, чѣмъ въ сѣверномъ, что и замѣчается въ дѣйствительности. Такъ, напр., внутри Австраліи бываетъ болѣе нестерпимая жара, чѣмъ въ Сахарѣ.

Такъ какъ, далѣе, скорость движенія земли около перигелія бываетъ наибольшая, а около афелія наименьшая, то ясно, что у насъ въ настоящее время продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, нѣсколько больше, чѣмъ продолжительность осени и зимы. Промежутокъ времени, протекающій отъ момента, когда солнце находится въ точкѣ весенняго равноденствія, до момента, когда оно вступаетъ въ точку солнцестоянія, иначе говоря—продолжительность весны въ сѣверномъ полушаріи въ настоящее время составляетъ 92,91 дней; подобнымъ же образомъ, лѣто у насъ продолжается 93,57, осень—89,70 и зима—89,07 дней. Сумма первыхъ двухъ чиселъ составляетъ 186,48, сумма послѣднихъ двухъ чиселъ—178,77. Слѣдовательно, продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, превосходитъ въ настоящее время на 7,71 дней продолжительность осени и зимы. Продолжительность обоихъ теплыхъ временъ года будетъ превосходить продолжительность холодныхъ временъ до тѣхъ поръ, пока перигелій земной орбиты будетъ находиться по ту сторону отъ линіи равноденствій, по которую онъ находится въ настоящее время. Но съ теченіемъ времени перигелій земной орбиты перемѣстится по другую сторону отъ линіи равноденствій, и тогда холодное время года у насъ будетъ продолжительнѣе теплаго. Измѣненія въ положеніи линіи апсидъ, обусловливаемыя дѣйствіемъ остальныхъ планетъ на землю, не имѣютъ періодическаго характера, какъ большая часть подобныхъ измѣненій, изъ которыхъ многія заключаются въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ и къ числу которыхъ принадлежатъ, между прочимъ, измѣненія наклонности эклиптики (§ 24). Линія же апсидъ движется, правда, то медленнѣе, то скорѣе, но всегда въ одномъ и томъ же направленіи, такъ что въ концѣ концовъ она описываетъ полный оборотъ въ 360°, для чего впрочемъ требуется періодъ, состоящій изъ многихъ тысячъ лѣтъ. Впослѣдствіи мы еще вернемся къ этому весьма интересному предмету. Здѣсь же будетъ достаточно подробнѣе разсмотрѣть положеніе земной орбиты въ различныя эпохи нашей, такъ называемой исторіи человѣчества.

Долгота перигелія земной орбиты, согласно съ вышесказаннымъ, увеличивается ежегодно на 0,0171°; слѣдовательно, за сто лѣтъ это увеличеніе составляетъ 1,71°. Такъ какъ мы знаемъ, что въ серединѣ XIX столѣтія долгота перигелія равнялась 100,40°, то, пользуясь только что найденнымъ значеніемъ вѣкового движенія линіи апсидъ, мы можемъ вычислить или долготу перигелія для какого угодно момента, или моментъ, которому соотвѣтствуетъ напередъ заданная долгота перигелія. Такъ напр., за 4000 лѣтъ до Р. Хр. долгота перигелія равнялась 0^0, иначе говоря—перигелій B земной орбиты лежалъ въ то время на линіи равноденствій 0Υ. Слѣдовательно, большая ось земной орбиты совпадала тогда съ линіей равноденствій, а малая съ линіей солнцестояній $\Im\aleph$. Вслѣдствіе этого, тогда продолжительность двухъ теплыхъ временъ года была въ точности равна продолжительности двухъ холодныхъ временъ. Замѣчательно, что бо́льшая часть нашихъ хронологовъ относитъ къ этому времени происхожденіе земли или—вѣрнѣе сказать—первые историческіе слѣды существованія человѣка на нашей землѣ.

Во времена Гиппарха, за 140 лѣтъ до Р. Хр., долгота перигелія равнялась 66°, и, слѣдовательно, въ то время перигелій лежалъ въ углѣ $\Upsilon 0\Im$, а афелій—въ противоположномъ углѣ $\simeq 0\aleph$. Тогда весна продолжалась 94,5 дня, а лѣто 92,5 дня, такъ что весна была длиннѣе лѣта; точно также, зима тогда была длиннѣе осени. Въ настоящее же время, напротивъ, лѣто длиннѣе весны, и осень длиннѣе зимы.

Въ 1250 году послѣ Р. Хр., во времена императора Фридриха II или во времена послѣдняго крестоваго похода при Людовикѣ IX, долгота перигелія составляла 90°, и перигелій лежалъ на линіи зимняго солнцестоянія $0\Im$, такъ что большая ось совпадала съ линіей $\Im\aleph$, а малая—съ линіей $\Upsilon\simeq$. Линія равноденствій $\Upsilon\simeq$ раздѣляла тогда эллиптическую кривую на двѣ неравныя части, и перигелій лежалъ по серединѣ меньшей

изъ этихъ частей. Поэтому земля проходила эту часть въ гораздо болѣе короткій промежутокъ времени, чѣмъ другую часть своей орбиты, по двумъ причинамъ: съ одной стороны потому, что длина этой части была меньше, а съ другой стороны потому, что земля двигалась по ней съ большею скоростью. Слѣдовательно, въ то время продолжительность осени и зимы, вмѣстѣ взятыхъ, была значительно короче продолжительности обоихъ теплыхъ временъ года, но вмѣстѣ съ тѣмъ весна имѣла одинаковую продолжительность съ лѣтомъ, а осень съ зимою.

Черезъ 6450 послѣ Р. Хр. долгота перигелія будетъ равняться 180°, и тогда расположеніе земной орбиты будетъ совершенно обратное тому, которое имѣло мѣсто за 4000 лѣтъ до Р. Хр. Именно, перигелій тогда будетъ лежать на линіи $O{-}\!\!\!

когда точка весенняго равноденствія проходитъ черезъ меридіанъ этого мѣста. Въ теченіе часа всякая точка экватора, а также и точка весенняго равноденствія перемѣщается по окружности экватора на $^1/_{24}$-ую ея часть, и, слѣдовательно, черезъ часъ послѣ кульминаціи точки весенняго равноденствія, часовой уголъ (Введ. § 9) этой послѣдней равняется одному часу или 15^0. Точно также, черезъ 2, 3, 4 часа послѣ кульминаціи точки весенняго равноденствія, ея часовой уголъ равняется 2, 3, 4 часамъ или 30, 45, 60 градусамъ. Поэтому, мы можемъ сказать, что звѣздными сутками называется промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кульминаціями точки весенняго равноденствія, а звѣзднымъ временемъ—часовой уголъ этой точки (Введ. § 23).

§ 94. **Истинное солнечное время.** Однако, въ общественной жизни было бы болѣе удобно измѣрять время не движеніемъ точки весенняго равноденствія, а движеніемъ солнца, такъ какъ оно, то появляясь изъ-подъ нашего горизонта, то исчезая подъ нимъ, служитъ причиной правильно совершающейся смѣны темноты свѣтомъ и, наоборотъ, свѣта темнотой и, такимъ образомъ, обусловливаетъ на землѣ день и ночь, которыя вмѣстѣ и образуютъ сутки. Точно также, совершая свое видимое движеніе по окружности эклиптики и возвращаясь снова къ точкѣ весенняго равноденствія, солнце является причиной послѣдовательной смѣны весны, лѣта, осени и зимы, которыя, всѣ вмѣстѣ, и составляютъ нашъ годъ.

Поэтому, подобно предыдущему, мы можемъ сказать, что солнечными истинными сутками называется промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кульминаціями солнца, и что солнечное истинное время въ любомъ мѣстѣ на земной поверхности есть тотъ уголъ, который плоскость меридіана этого мѣста образуетъ съ плоскостью круга склоненій солнца; иначе говоря, солнечное истинное время, соотвѣтствующее данному моменту, есть часовой уголъ солнца, соотвѣтствующій этому моменту. Этотъ часовой уголъ обыкновенно называется просто истиннымъ временемъ (Введ. § 9).

Однако, мы здѣсь тотчасъ-же наталкиваемся на нѣкоторыя затрудненія, которыя мы и постараемся устранить, прежде чѣмъ идти дальше.

Время измѣняется равномѣрно, и потому мы можемъ его измѣрять только при помощи такихъ движеній, которыя сами совершаются, какъ мы уже выше сказали, также равномѣрно. Солнце-же, вслѣдствіе эллиптичности земной орбиты, движется, при своемъ видимомъ перемѣщеніи по небесной сферѣ, то медленнѣе, то быстрѣе. Кромѣ того, это движеніе совершается не въ плоскости экватора, а въ плоскости эклиптики; вслѣдствіе этого, если-бы даже долготы солнца измѣнялись равномѣрно, все-же измѣненіе его прямыхъ восхожденій происходило-бы неравномѣрно. Поэтому, движеніемъ солнца мы собственно не можемъ воспользоваться для измѣренія времени, такъ какъ въ этомъ случаѣ не только продолжительность самихъ сутокъ, но также и длина отдѣльныхъ часовъ, минутъ и секундъ въ различныя времена года была-бы различна, и, слѣдовательно, самая единица времени была-бы перемѣнная и потому неудобная для точныхъ измѣреній времени.

Не смотря на это, движеніе солнца, являющееся причиной смѣны дней и ночей, какъ-бы само напрашивается, чтобы имъ воспользоваться для измѣреній времени, и, кромѣ того, уже съ древнѣйшихъ временъ этимъ движеніемъ, вообще, пользовались для подобныхъ измѣреній, такъ что намъ необходимо посмотрѣть, нельзя ли, можетъ-быть, при помощи вычисленій устранить вышеупомянутыя неправильности въ движеніи солнца.

§ 95. **Среднее время.** Итакъ, движеніе солнца, въ томъ видѣ, въ какомъ мы его наблюдаемъ, не вполнѣ пригодно для измѣреній времени, такъ какъ, съ одной стороны, это движеніе неравномѣрно вслѣдствіе того, что оно происходитъ по эллиптической кривой; съ другой-же стороны, если бы даже солнце двигалось по эклиптикѣ равномѣрно, то все же измѣненія его прямыхъ восхожденій, измѣненія, которыми только и можно пользоваться для измѣренія времени, были бы неравномѣрны.

Въ настоящемъ случаѣ мы можемъ примѣнить, съ небольшимъ измѣненіемъ, тотъ-же

самый способъ, какимъ мы пользовались уже раньше (§ 82), когда мы натолкнулись на подобныя же затрудненія при опредѣленіи положенія планеты на ея эллиптической орбитѣ. Для этой цѣли мы тогда ввели въ разсмотрѣніе такъ называемую среднюю планету. Точно также и теперь введемъ въ разсмотрѣніе среднее солнце, которое, подобно истинному движется въ плоскости эклиптики, но только равномѣрно, и движеніе котораго совершается, притомъ, такимъ образомъ, что оно проходитъ черезъ перигелій и афелій всегда одновременно съ истиннымъ солнцемъ; слѣдовательно, время обращенія этого средняго солнца равно времени обращенія истиннаго солнца. Пользуясь этимъ среднимъ солнцемъ, долгота котораго для любого момента вычисляется весьма просто, мы можемъ, при помощи небольшого вычисленія, опредѣлить также и положеніе истиннаго солнца, которое находится всегда вблизи средняго.

Вообразимъ еще второе среднее солнце, которое движется также равномѣрно, но только въ плоскости экватора, и которое проходитъ черезъ точки весенняго и осенняго равноденствій одновременно съ первымъ среднимъ солнцемъ. Такимъ образомъ, время обращенія второго средняго солнца равно времени обращенія перваго средняго солнца, а, слѣдовательно, и времени обращенія истиннаго солнца. При такихъ предположеніяхъ, прямое восхожденіе второго средняго солнца, очевидно, всегда равно долготѣ перваго средняго солнца; долготу же этого послѣдняго мы можемъ взять непосредственно изъ таблицъ движенія солнца (§ 83).

Итакъ, мы легко можемъ опредѣлить для любого момента положеніе той точки экватора, которую занимаетъ второе среднее солнце. Часовой уголъ этой точки называется среднимъ солнечнымъ временемъ или, короче, просто среднимъ временемъ.

§ 96. **Уравненіе времени.** Нетрудно также опредѣлить положеніе той точки экватора, въ которой въ данный моментъ находится истинное солнце. Именно, въ таблицахъ движенія солнца, кромѣ средней его долготы, дается также уравненіе орбиты (§ 83); прибавляя уравненіе орбиты къ средней долготѣ, мы тотчасъ же получаемъ истинную долготу и затѣмъ, при помощи весьма небольшого вычисленія, опредѣляемъ прямое восхожденіе истиннаго солнца.

Разность часовыхъ угловъ двухъ точекъ, положеніе которыхъ мы опредѣлили въ началѣ этого и въ концѣ предыдущаго параграфовъ, иначе говоря—прямое восхожденіе истиннаго солнца безъ долготы перваго средняго или, что то-же, безъ прямого восхожденія второго средняго равняется, очевидно, разности между среднимъ и истиннымъ солнечнымъ временемъ для даннаго момента. Эта разность называется уравненіемъ времени; прибавляя уравненіе времени съ надлежащимъ знакомъ къ истинному времени, получаемъ соотвѣтственное среднее время.

Вмѣстѣ съ тѣмъ весьма легко, при помощи несложнаго вычисленія, получить уравненіе времени для любого момента и, слѣдовательно, также истинное время, соотвѣтствующее данному среднему, или наоборотъ. Чтобы облегчить переводъ истиннаго времени въ среднее и обратно, въ астрономическихъ эфемеридахъ и въ лучшихъ календаряхъ дается уравненіе времени на цѣлый годъ для каждаго полудня; затѣмъ, уже по простой пропорціи, можно вычислить уравненіе времени для любого момента, лежащаго между двумя полуднями.

Уравненіе времени достигаетъ наибольшаго значенія два раза въ году, именно въ серединѣ февраля и въ началѣ ноября: въ первомъ случаѣ среднее время опережаетъ истинное на 14,5 минутъ, во второмъ среднее время отстаетъ отъ истиннаго на 16,4 минуты.

§ 97. **Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и обратно.** Такъ какъ второе среднее солнце проходитъ черезъ равноденственныя точки одновременно съ первымъ среднимъ солнцемъ, то времена обращеній обоихъ этихъ солнцъ, очевидно, равны между собою и вмѣстѣ съ тѣмъ равны тропическому году, продолжительность котораго составляетъ 365,24220 среднихъ солнечныхъ сутокъ. Слѣдовательно, въ теченіе этого времени долгота

перваго или, что то-же самое, прямое восхожденіе второго средняго солнца увеличивается на полные 360^0, и такъ какъ это увеличеніе въ теченіе цѣлаго года происходитъ равномѣрно, то отсюда мы выводимъ, что прямое восхожденіе второго средняго солнца въ продолженіе сутокъ увеличивается на $\frac{360^0}{365{,}24220}$, т. е. на $0{,}9856472^0$. Обращая этотъ уголъ во время, для чего предыдущее число надо умножить на 15, получаемъ 0,0657098 часовъ или $0^h\ 3^m\ 56{,}555^s$ или, наконецъ, 0,0027379 сутокъ.

Поэтому, если въ какой-нибудь опредѣленный день второе среднее солнце проходитъ черезъ меридіанъ даннаго мѣста одновременно съ точкой весенняго равноденствія, иначе говоря, если въ этотъ день начало звѣздныхъ сутокъ совпадаетъ съ началомъ среднихъ солнечныхъ сутокъ, то на слѣдующій день, въ моментъ кульминаціи средняго солнца, это послѣднее, вслѣдствіе собственнаго движенія, будетъ отстоять отъ точки весенняго равноденствія къ востоку на такую дугу, которую оно проходитъ въ 0,0027379 звѣздныхъ сутокъ. Отсюда мы заключаемъ, что среднія солнечныя сутки равны 1,0027379 звѣзднымъ суткамъ, и обратно, звѣздныя сутки равны $\frac{1}{1{,}0027379} = 0{,}9972696$ среднимъ солнечнымъ суткамъ. Другими словами, продолжительность среднихъ солнечныхъ сутокъ превосходитъ продолжительность звѣздныхъ сутокъ на $3^m\ 56{,}555^s$ звѣзднаго времени, или, иначе говоря, среднія солнечныя сутки заключаютъ $24^h\ 3^m\ 56{,}555^s$ звѣзднаго времени, и, обратно, въ звѣздныхъ суткахъ содержится $23^h\ 56^m\ 4{,}091^s$ средняго времени. Изъ предыдущаго легко выводимъ, что тропическій годъ равенъ 365,24220 среднимъ солнечнымъ суткамъ или 366,24220 звѣзднымъ суткамъ; иначе говоря, въ теченіе тропическаго года точка весенняго равноденствія совершаетъ около земли однимъ оборотомъ больше, чѣмъ среднее солнце.

Сообразно съ этимъ, наша земля совершаетъ полный оборотъ около своей оси въ теченіе звѣздныхъ сутокъ, или въ $23^h\ 56^m\ 4{,}09^s$ средняго солнечнаго времени. Наблюдателю же кажется, что неподвижныя звѣзды, не измѣняя своего относительнаго положенія на небесной сферѣ, совершаютъ въ теченіе того-же самого времени полный оборотъ около неподвижной земли. Если мы будемъ пользоваться при наблюденіяхъ часами, идущими по среднему времени, т. е. такими, которые въ моментъ кульминаціи средняго солнца ежедневно показываютъ въ точности $12^h\ 0^m\ 0^s$, то любая изъ неподвижныхъ звѣздъ въ каждый слѣдующій день будетъ кульминировать на $3^m\ 55{,}91^s$ средняго времени раньше, чѣмъ въ предыдущій. Эта величина называется ускореніемъ неподвижныхъ звѣздъ. Вслѣдствіе этого ускоренія, моментъ кульминаціи любой изъ неподвижныхъ звѣздъ съ теченіемъ времени приходится все на болѣе и болѣе ранніе часы среднихъ сутокъ. Такъ, напр., если какая-нибудь звѣзда въ началѣ кульминировала вмѣстѣ съ солнцемъ, т. е. въ полдень, то черезъ 3 мѣсяца она будетъ кульминировать въ 6 часовъ утра, черезъ 6 мѣсяцевъ—въ полночь и, наконецъ, черезъ 9 мѣсяцевъ—въ 6 часовъ вечера.

Все, что было здѣсь сказано о неподвижныхъ звѣздахъ, относится, конечно, также и къ точкѣ весенняго равноденствія. Моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія, иначе говоря начало звѣздныхъ сутокъ, случается, если считать по среднему времени, съ каждымъ днемъ круглымъ числомъ на 4 минуты раньше. Вслѣдствіе этого начало звѣздныхъ сутокъ приходится въ теченіе года поочередно на всѣ часы дня и ночи, и потому пользоваться звѣзднымъ временемъ въ общественной жизни невозможно. Для астрономовъ же звѣздное время представляетъ большія преимущества и удобства, такъ что они при всѣхъ своихъ наблюденіяхъ пользуются этимъ временемъ. Пояснимъ это простымъ примѣромъ. Такъ какъ звѣздное время есть часовой уголъ точки весенняго равноденствія и такъ какъ для всякой звѣзды, въ моментъ кульминаціи, ея прямое восхожденіе равно часовому углу точки весенняго равноденствія, то звѣздное время, соотвѣтствующее моменту кульминаціи какой-нибудь звѣзды, очевидно, и есть не что иное, какъ ея прямое восхожденіе, женное вытра во времени. Поэому, если при наблюденіяхъ мы пользуемся часами, идущими

по звѣздному времени, то время, замѣченное по этимъ часамъ въ моментъ кульминаціи какой-нибудь звѣзды, вмѣстѣ съ тѣмъ непосредственно выражаетъ и ея прямое восхожденіе; если же наблюденія производятся по часамъ, идущимъ по среднему времени, то среднее время, соотвѣтствующее моменту кульминаціи, еще необходимо предварительно обратить въ звѣздное время.

Впрочемъ часы, идущіе по среднему времени, можно легко урегулировать такъ, чтобы они шли по звѣздному времени. Для этого необходимо линзу на маятникѣ повышать или, что то-же самое, приближать къ точкѣ привѣса маятника до тѣхъ поръ, пока ходъ часовъ не измѣнится настолько, что промежутку времени между двумя послѣдовательными кульминаціями какой-нибудь неподвижной звѣзды будетъ соотвѣтствовать ровно 24 часа. Затѣмъ стрѣлки часовъ надо установить такъ, чтобы въ моментъ кульминаціи нѣкоторой звѣзды, прямое восхожденіе которой извѣстно, показаніе стрѣлокъ равнялась этому послѣднему. Въ такомъ случаѣ часы будутъ показывать, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущаго, непосредственно звѣздное время.

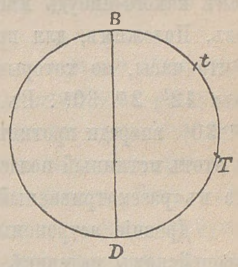


Рис. 60.

Пользуясь выше приведенными соотношеніями между среднимъ и звѣзднымъ временемъ, мы легко можемъ любой промежутокъ, выраженный въ звѣздномъ времени, выразить также въ среднемъ времени и наоборотъ. Въ первомъ случаѣ каждый часъ звѣзднаго времени надо уменьшить на $9{,}829^s$, во второмъ—каждый часъ средняго времени надо увеличить на $9{,}846^s$.

Однако, какимъ же образомъ опредѣлить абсолютное звѣздное время, соотвѣтствующее нѣкоторому моменту, выраженному въ среднемъ времени, или наоборотъ?

Для этого необходимо имѣть въ виду, что среднее время, соотвѣтствующее данному моменту, есть часовой уголъ средняго солнца, а звѣздное время—часовой уголъ точки весенняго равноденствія для того-же самаго момента. Пусть кругъ BTD представляетъ экваторъ, а прямая BD—линію пересѣченія плоскости экватора съ плоскостью меридіана (рис. 60). Если въ данный моментъ точка весенняго равноденствія находится въ T, а среднее солнце въ t, то дуга BT есть часовой уголъ (Введ. § 23) точки весенняго равноденствія или звѣздное время, дуга Bt—часовой уголъ второго средняго солнца или среднее время, и, наконецъ, дуга Tt—прямое восхожденіе второго средняго или, что то-же самое, долгота перваго средняго солнца (§ 95). Изъ чертежа 60 ясно, что между этими тремя величинами всегда должно существовать такое соотношеніе.

$$BT = Bt + Tt.$$

Отсюда мы выводимъ, что для обращенія даннаго средняго времени въ звѣздное необходимо къ среднему времени Bt прибавить прямое восхожденіе Tt средняго солнца, соотвѣтствующее данному моменту.

Чтобы вывести правило для рѣшенія обратной задачи, т. е. для обращенія даннаго звѣзднаго времени въ среднее, перепишемъ предыдущее соотношеніе въ такомъ видѣ.

$$Bt = BT - Tt$$

Отсюда ясно, что, если мы изъ даннаго звѣзднаго времени BT вычтемъ прямое восхожденіе Tt средняго солнца, соотвѣтствующее данному моменту, то и получимъ искомое среднее время Bt.

Чтобы облегчить рѣшеніе задачъ на переводъ временъ, въ астрономическихъ эфемеридахъ и календаряхъ дается для каждаго полудня прямое восхожденіе средняго солнца подъ названіемъ звѣзднаго времени въ средній полдень. По простой пропорціи мы можемъ вычислить прямое восхожденіе средняго солнца для какого угодно момента, лежащаго между двумя полуднями, такъ какъ оно ежедневно увеличивается круглымъ числомъ на 4 минуты. Слѣдовательно, въ теченіе мѣсяца звѣздное время опережаетъ среднее при-

близительно на 2 часа. А такъ какъ въ началѣ весны, именно около 20-го Марта по новому стилю, второе среднее солнце находится весьма близко отъ точки весенняго равноденствія, и, слѣдовательно, начало среднихъ сутокъ около этого времени почти совпадаетъ съ началомъ звѣздныхъ сутокъ, то мы весьма легко можемъ приближенно вычислить разность между звѣзднымъ и среднимъ временемъ для какого угодно дня въ году, если только примемъ, что эта разность, равная нулю 20-го Марта, увеличивается на одинъ часъ въ теченіе каждыхъ 15 дней.

§ 98. **Введеніе средняго времени въ гражданскую жизнь.** Непосредственно изъ наблюденій мы получаемъ истинное время, а не среднее, такъ какъ наблюденія производятся надъ истиннымъ солнцемъ; среднее же время можетъ быть выведено изъ истиннаго при помощи вычисленій. Въ тотъ моментъ, когда истинное солнце проходитъ черезъ меридіанъ какого-нибудь мѣста, въ этомъ послѣднемъ считается истинный полдень или 12 часовъ. Положимъ, для примѣра, что кульминація солнца наблюдалась 10 Іюля 1894 года, и что часы, по которымъ производилось это наблюденіе, въ моментъ кульминаціи показывали $12^h\ 2^m\ 30^s$. Въ такомъ случаѣ мы скажемъ, что въ этотъ моментъ часы были на $2^m\ 30^s$ впереди противъ истиннаго времени. Но такъ какъ въ эфемеридахъ мы находимъ, что въ этотъ истинный полдень среднее время равнялось $12^h 5^m\ 7^s$, то мы можемъ также сказать, что въ разсматриваемый нами моментъ часы отставали на $2^m\ 37^s$ отъ средняго времени.

Древніе астрономы, вообще, сравнивали свои часы съ истиннымъ временемъ, и на европейскомъ материкѣ этотъ обычай былъ весьма распространенъ еще въ началѣ XIX столѣтія. Англійскія-же астрономы со временъ Брадлея, т. е. съ середины XVIII столѣтія, стали пользоваться при своихъ наблюденіяхъ среднимъ временемъ, причемъ и поправку своихъ часовъ они опредѣляли непосредственно относительно средняго времени. Введеніе въ науку средняго времени во всякомъ случаѣ представляетъ большія выгоды, такъ какъ это время измѣняется равномѣрно, между тѣмъ какъ продолжительность истинныхъ сутокъ, какъ мы видѣли раньше, различна въ различныя времена года. Хотя мы выше сказали, что астрономы въ настоящее время при своихъ наблюденіяхъ постоянно пользуются часами, идущими по звѣздному времени, тѣмъ не менѣе и среднее время играетъ въ астрономіи весьма важную роль. Такъ, различныя обращенія планетъ (§§ 84, 85 и 86) выражаются постоянно въ среднемъ времени, точно также суточныя движенія планетъ относятся всегда къ среднимъ суткамъ. Наконецъ, всѣ элементы планетныхъ орбитъ, а также различныя величины въ таблицахъ движенія планетъ даются для извѣстныхъ моментовъ, выраженныхъ въ среднемъ времени. Точно также и въ гражданской жизни среднее время употребляется, по крайней мѣрѣ въ большихъ городахъ, уже съ давнихъ поръ. Астрономы на обсерваторіяхъ слѣдятъ за правильностью хода своихъ часовъ, и затѣмъ почти во всѣхъ большихъ городахъ моментъ наступленія средняго полудня отмѣчается какимъ-нибудь особеннымъ образомъ. * Такъ, напр., жители С.-Петербурга узнаютъ о наступленіи средняго полудня по пушечному выстрѣлу, который производится съ Петропавловской крѣпости. * Итакъ, городскіе жители устанавливаютъ свои часы и распредѣляютъ свои занятія по среднему времени. Прежде же, когда о среднемъ времени еще не имѣли никакого понятія и когда люди устраивали свою жизнь согласно съ движеніемъ истиннаго солнца, всякій, кто пожелалъ бы заставить свои часы въ точности слѣдовать за этимъ движеніемъ, долженъ былъ бы, вслѣдствіе его неравномѣрности, постоянно переставлять стрѣлки часовъ и тѣмъ самымъ въ концѣ концовъ совсѣмъ испортилъ-бы часы.

Солнечные часы (Глава IV) показываютъ, конечно, истинное время, и потому, если желательно, пользуясь этими часами, опредѣлять среднее время, то необходимо знать уравненіе времени для каждаго полудня, чтобы такимъ образомъ можно было вычислять среднее время, соотвѣтствующее каждому истинному полудню. Поэтому, нерѣдко на циферблатѣ солнечныхъ часовъ помѣщается небольшая табличка, дающая уравненіе времени черезъ

каждые 10 дней. Наконецъ, иногда солнечные часы устраиваютъ такъ, что по положенію конечной точки тѣни, отбрасываемой штифтомъ, можно отсчитывать непосредственно среднее время, соотвѣтствующее истинному полудню. На циферблатѣ такихъ часовъ вблизи отъ той линіи, съ которой совпадаетъ тѣнь штифта въ полдень, находится кривая линія, по виду своему напоминающая цифру 8. Однако точность показанія такихъ часовъ далеко не удовлетворительная.

§ 99. **Нормальное время.** Когда среднее время было введено въ общественную жизнь, большаго, казалось, нельзя было и требовать. На дѣлѣ же оказалось не то. Наши средства сообщенія съ теченіемъ времени быстро совершенствовались; въ настоящее время наши желѣзнодорожные поѣзда несутся съ удивительной скоростью, и, благодаря этому, тѣ разстоянія, которыя прежде мы считали огромными, теперь представляются намъ незначительными, и мы довольно часто предпринимаемъ путешествія въ страны, весьма удаленныя отъ мѣста нашего жительства.

Если, при этомъ, путешественнику неизвѣстно, что въ одинъ и тотъ-же абсолютный моментъ въ мѣстахъ, имѣющихъ различныя географическія долготы, считаются различныя времена (§ 18), то онъ будетъ крайне изумленъ, когда замѣтитъ, что его часы, при путешествіи на востокъ, все болѣе и болѣе отстаютъ отъ показанія мѣстныхъ часовъ, при путешествіи же на западъ, наоборотъ, уходятъ впередъ и притомъ довольно быстро. Такъ, напр., при переѣздѣ изъ Вѣны въ Парижъ и Лондонъ, для чего въ настоящее время требуется менѣе $1^1/_2$ сутокъ, часы, установленные по вѣнскому времени, уходятъ противъ мѣстнаго времени впередъ соотвѣтственно на 56^m и на $1^h\ 5^m$; напротивъ того, при переѣздѣ въ Константинополь, часы отстаютъ на 52^m. Для путешественника это, вообще говоря, не представляетъ никакихъ особенныхъ неудобствъ; кромѣ того, такого рода неудобства ощущаются исключительно во время пути, и какъ только путешественникъ доѣхалъ до мѣста, ему стоитъ лишь перевести стрѣлки своихъ часовъ такъ, чтобы часы показывали мѣстное время, и все будетъ опять въ порядкѣ. Гораздо большія неудобства, которыя нельзя устранить такимъ простымъ способомъ, представляетъ разсмотрѣнное нами обстоятельство для желѣзнодорожныхъ управленій. Если бы время отхода поѣзда изъ одного города и также время его прибытія въ другой городъ указывалось въ росписаніи всегда по мѣстному времени, то собственно продолжительность переѣзда не равнялась бы просто разности временъ прибытія и отхода поѣзда; но при движеніи на западъ, къ этой разности слѣдовало бы прибавить, при движеніи же на востокъ — изъ нея надо было бы вычесть разность долготъ обоихъ городовъ. Такъ, напр., имѣя въ виду, что разность долготъ между Вѣной и Мюнхеномъ равна 19^m, мы находимъ, что продолжительность переѣзда курьерскаго поѣзда, который выѣзжаетъ изъ Вѣны въ $9^h\ 50^m$ вечера и приходитъ въ Мюнхенъ въ $7^h\ 20^m$ утра, равняется не $9^h\ 30^m$, но $9^h\ 30^m + 19^m$, т. е. $9^h\ 49^m$; напротивъ того, продолжительность переѣзда поѣзда, который выѣзжаетъ изъ Мюнхена въ $8^h\ 10^m$ вечера и приходитъ въ Вѣну въ $6^h\ 20^m$ утра, составляетъ $10^h\ 10^m - 19^m$, т. е. $9^h\ 51^m$. Такимъ образомъ, скорость обоихъ поѣздовъ одна и та же, хотя на первый взглядъ кажется, что первый поѣздъ движется скорѣе второго. Но само собой разумѣется, что намъ важно знать не кажущуюся, а истинную продолжительность переѣзда поѣздовъ; поэтому всегда необходимо принимать во вниманіе не только разность долготъ двухъ городовъ, между которыми поѣзда совершаютъ движеніе, но также и направленіе движенія. Чтобы избѣжать этого довольно непріятнаго вычисленія, согласились указывать росписаніе движенія всѣхъ поѣздовъ, обращающихся въ нѣкоторомъ довольно значительномъ районѣ, по мѣстному времени какого-нибудь большого города, лежащаго внутри этого района. Для этой цѣли обыкновенно выбирается главный городъ страны, если только онъ не лежитъ слишкомъ близко къ границѣ этой страны. Такъ, напр., въ Богеміи росписаніе движенія поѣздовъ составляется по пражскому времени, въ Венгріи—по будапештскому, въ Баваріи—по мюнхенскому, во Франціи—по парижскому и т. д.

Но въ такомъ случаѣ, показанія часовъ на желѣзнодорожныхъ вокзалахъ должны отличаться отъ показаній часовъ, идущихъ по мѣстному времени, или, какъ обыкновенно говорятъ, *желѣзнодорожное время* не совпадаетъ съ мѣстнымъ временемъ, что нерѣдко является причиной недоразумѣній, особенно для иностранцевъ. Въ такихъ странахъ, протяженіе которыхъ съ запада на востокъ незначительно, это неудобство устраняется весьма легко, въ особенности, если эти страны занимаютъ изолированное положеніе и потому не находятся въ постоянныхъ сношеніяхъ съ сосѣдними странами. Къ такимъ странамъ относятся Англія, Ирландія и Скандинавскій полуостровъ.

Выше (§ 96) мы видѣли, что разность между истиннымъ и среднимъ временемъ можетъ доходить до четверти часа; но при введеніи средняго времени въ гражданскую жизнь, эта разность остается совершенно незамѣтной, по крайней мѣрѣ, въ большихъ городахъ, гдѣ занятія жителей гораздо менѣе зависятъ отъ времени дня, чѣмъ въ деревнѣ. Подобнымъ же образомъ въ такихъ странахъ, какъ Англія, Ирландія и т. д., можно всюду съ большимъ удобствомъ замѣнить среднее мѣстное время среднимъ временемъ главнаго города: черезъ это сразу уничтожаются всякія недоразумѣнія, и вмѣстѣ съ тѣмъ облегчаются различные разсчеты, подобные выше разсмотрѣннымъ. И на самомъ дѣлѣ, во всей Англіи и Шотландіи уже съ 1848 г. введено среднее гринвичское время, которое во всѣ большіе города Англіи передается непосредственно изъ гринвичской обсерваторіи. Только при переѣздѣ въ Ирландію, мы вступаемъ въ новую область, въ которой повсюду принято дублинское среднее время. Введеніе подобной же системы счета времени въ странахъ, имѣющихъ значительное протяженіе съ востока на западъ, уже представляетъ, какъ нетрудно понять, большія затрудненія и неудобства; впрочемъ, къ этому вопросу мы еще вернемся ниже.

Главный недостатокъ вышеописанной системы счета времени состоитъ въ томъ, что при переѣздѣ черезъ границу двухъ районовъ, въ каждомъ изъ которыхъ считается свое особенное время, измѣненіе времени происходитъ скачкомъ и именно на величину, равную разности долготъ главныхъ городовъ этихъ районовъ. Такъ, напр., если мы переѣзжаемъ изъ Богеміи, гдѣ поѣзда обращаются по пражскому времени, въ Баварію, въ которой всюду принято мюнхенское время, это измѣненіе составляетъ 11 минутъ, при переѣздѣ изъ Италіи во Францію оно достигаетъ уже 41 минуты и т. д.

При продолжительныхъ путешествіяхъ, когда приходится переѣзжать черезъ нѣсколько границъ, такія измѣненія скачками случаются весьма часто и нерѣдко достигаютъ довольно значительной величины; все это представляетъ, конечно, большія неудобства. Эти неудобства дѣлаются особенно чувствительны въ томъ случаѣ, когда одно обширное государство подраздѣляется на отдѣльныя самостоятельныя части. Таковы, напр., Соединенные Штаты Сѣв. Америки, занимающіе по долготѣ, отъ берега Атлантическаго океана до берега Тихаго океана, пространство въ 100^0 или приблизительно въ 7 часовъ. При введеніи выше описанной системы счета времени, число различныхъ желѣзнодорожныхъ временъ въ Сѣверныхъ Соединенныхъ Штатахъ постепенно достигло 74. Для избѣжанія сопряженныхъ съ этимъ неудобствъ, начальникъ желѣзнодорожнаго движенія въ Канадѣ *Флемингъ* предложилъ въ 1879 году раздѣлить поверхность всего земного шара меридіанами, отстоящими другъ отъ друга на 15^0 или на 1 часъ по долготѣ, на 24 сферическихъ двуугольника, или на 24 такъ называемыхъ *зоны*, съ тѣмъ, чтобы въ каждой зонѣ повсюду было принято среднее время меридіана, проходящаго черезъ ея середину. Это-то среднее время и представляетъ для каждой зоны такъ называемое *нормальное время*. Въ двухъ мѣстахъ, расположенныхъ въ рядомъ лежащихъ зонахъ вблизи того меридіана, который разграничиваетъ эти зоны, нормальныя времена отличаются другъ отъ друга въ точности на одинъ часъ. Такъ какъ совершенно безразлично, отъ какого меридіана начать раздѣленіе поверхности всего земного шара на такія зоны, то лучше всего выбрать положеніе начальнаго меридіана такъ, чтобы въ первой зонѣ нормальное время совпадало съ среднимъ гринвичскимъ временемъ. Такъ какъ на весьма многихъ картахъ географическія долготы считаются именно

отъ Гринвичскаго меридіана, то, благодаря такому выбору, нормальныя времена будутъ находиться въ весьма простомъ соотношеніи съ географическими долготами.

Эта система счета времени въ 1883 году была принята въ Сѣверной Америкѣ не только на желѣзныхъ дорогахъ, но также и въ общественной жизни.

При этомъ Канада и большая часть Соединенныхъ Штатовъ были раздѣлены на 4 зоны: нормальныя времена этихъ зонъ суть не что иное, какъ среднія времена меридіановъ, отстоящихъ къ западу отъ Гринвича соотвѣтственно на 75^0, 90^0, 105^0 и 120^0 или 5^h, 6^h, 7^h и 8^h.

Въ Европѣ подобная же система была введена въ концѣ 1888 года въ Австро-Венгріи и Германіи, причемъ оба эти государства составили одну зону, и нормальное время этой зоны сдѣлалось извѣстнымъ подъ названіемъ среднеевропейскаго времени *).

Противъ введенія нормальнаго времени можно сдѣлать только одно возраженіе. Въ странахъ, имѣющихъ большое протяженіе по долготѣ, каковы Германія и Австро-Венгрія, въ мѣстахъ, лежащихъ на границахъ этихъ государствъ, нормальное время значительно отличается отъ мѣстнаго средняго времени. Если бы зона, въ которой повсюду введено среднеевропейское время, простиралась по долготѣ ровно на 15^0, то на восточной границѣ этой зоны нормальное время отставало бы отъ средняго на 30 минутъ, а на западной первое на столько же опережало бы второе. Принимая во вниманіе уравненіе времени (§ 96), мы легко убѣждаемся, что разность между нормальнымъ и истиннымъ временами на обѣихъ границахъ этой зоны можетъ доходить до $^3/_4$ часа. Но этого еще мало. Границы той зоны, въ которой считается одно и то-же нормальное время, не могутъ въ дѣйствительности опредѣляться географическими меридіанами, какъ это слѣдовало бы на основаніи теоретическихъ соображеній, а должны, конечно, совпадать съ государственными границами. Такъ, зона среднеевропейскаго времени не простирается отъ $7^0 30'$ до $22^0 30'$ восточной долготы отъ Гринвича, а заключается въ предѣлахъ отъ $6^0 10'$ (Мецъ) до $26^0 11'$ (Suczawa). Поэтому въ первомъ изъ названныхъ мѣстъ нормальное время въ серединѣ февраля опережаетъ истинное на 50 минутъ, а во второмъ, въ началѣ ноября отстаетъ отъ него почти на цѣлый часъ. Слѣдовательно, въ этихъ мѣстахъ тотъ моментъ, который мы привыкли считать серединой дня, иначе говоря — полдень, отличается отъ истинной середины дня въ одномъ случаѣ на 50 минутъ, въ другомъ случаѣ на цѣлый часъ, а вслѣдствіе этого получается несиметричное распредѣленіе утреннихъ и вечернихъ часовъ дня. Все это представляетъ нѣкоторыя, правда небольшія, неудобства въ общественной жизни.

ГЛАВА X.

Лунныя и солнечныя затмѣнія.

§ 100. **Лунныя затмѣнія.** Такъ какъ земной шаръ есть тѣло темное, получающее свѣтъ отъ солнца, то онъ постояно отбрасываетъ тѣнь въ сторону, противоположную солнцу. Тѣнь эта имѣетъ форму конуса, основаніемъ которому служитъ лежащая на поверхности земли окружность большого круга; высота этого конуса, или, иначе говоря, длина его оси въ $3^1/_2$ раза больше разстоянія отъ луны до земли и, слѣдовательно, составляетъ 216 земныхъ радіусовъ или 1 378 000 километровъ. Если мы проведемъ приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ орбита луны проходитъ черезъ этотъ конусъ, плоскость, перпендикулярную къ его оси, то эта плоскость пересѣчется съ поверхностью конуса по окружности круга, діаметръ котораго равенъ круглымъ числомъ $2^2/_3$ луннымъ діаметрамъ или 9200 километрамъ.

Пусть точка S представляетъ центръ солнца, точка T—центръ земли и точки a, b, c—три положенія луны на ея орбитѣ mn (рис. 61). Проведемъ линіи HhE и GgE такъ,

*) Теперь среднеевропейское время принято въ Италіи, Швейцаріи, Даніи, Швеціи, Норвегіи, Босніи, Сербіи и Западной Турціи.

Переводчикъ.

чтобы онѣ касались и солнца, и земли по одну и ту же сторону отъ линіи TS, соединяющей центры этихъ двухъ тѣлъ. Въ такомъ случаѣ gEh представляетъ конусъ полной тѣни, отбрасываемой землей въ сторону, противоположную солнцу. Въ пространство, занимаемое этимъ конусомъ, не попадаетъ ни одинъ солнечный лучъ, вслѣдствіе чего оно остается совершенно темнымъ. Проведемъ далѣе линіи Hgn и Ghm, такъ чтобы онѣ касались солнца и земли и вмѣстѣ съ тѣмъ пересѣкали линію TS, соединяющую центры этихъ тѣлъ. Эти касательныя ограничиваютъ конусъ полутѣни, т. е. такое пространство, въ которое попадаетъ свѣтъ отъ нѣкоторыхъ точекъ солнца. Слѣдовательно, если луна на своемъ пути около земли приходитъ въ точку m и изъ этой послѣдней перемѣщается дальше по направленію къ точкѣ n, то она, по мѣрѣ своего перемѣщенія, освѣщается все меньшимъ и меньшимъ числомъ точекъ солнечной поверхности и, наконецъ, достигнувъ положенія a, начинаетъ постепенно погружаться въ конусъ полной тѣни, вслѣдствіе чего всѣ части луны, послѣдовательно одна за другой, начиная съ восточнаго ея края, совершенно перестаютъ получать свѣтъ отъ солнца и, слѣдовательно, дѣлаются совсѣмъ темными. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока на другой сторонѣ, въ точкѣ c, сначала восточный край луны, а затѣмъ постепенно и вся луна не выступитъ изъ конуса полной тѣни. Послѣ этого луна начинаетъ получать свѣтъ все отъ большаго и бо́льшаго числа точекъ солнечной поверхности, и, наконецъ, въ точкѣ n освѣщеніе ея снова дѣлается полнымъ.

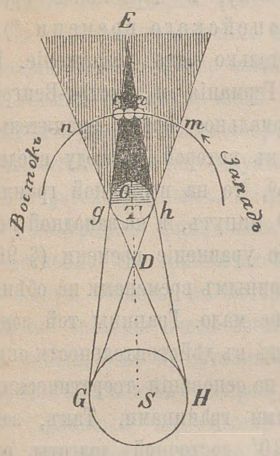


Рис. 61.

Пока луна движется въ конусѣ полутѣни отъ m къ a или отъ c къ n, она все время освѣщается солнцемъ, но это освѣщеніе тѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе находится луна къ точкамъ a и c. Поэтому, какъ до вступленія въ конусъ полной тѣни, такъ и по выходѣ изъ него, луна представляется наблюдателю какъ бы подернутой туманомъ, границы котораго во всякомъ случаѣ весьма неопредѣленны и размыты. Вслѣдствіе этого, при затмѣніяхъ луны наблюдаются только два момента, именно моментъ ея вступленія въ конусъ полной тѣни и моментъ выхода изъ него; моменты же, когда луна вступаетъ въ конусъ полутѣни и выходитъ изъ него, въ эфемеридахъ и календаряхъ совсѣмъ не указываются. Впрочемъ, и первые два момента также не могутъ быть наблюдаемы съ большою точностью, такъ какъ въ конусѣ полутѣни темнота постепенно сгущается по мѣрѣ приближенія къ конусу полной тѣни, и потому трудно съ полною увѣренностью распознать границу между тѣнью и полутѣнью. Поэтому наблюдатель за край полной тѣни считаетъ обыкновенно не линію пересѣченія лунной поверхности съ конусомъ полной тѣни, а нѣкоторую другую кривую линію, находящуюся ближе къ краю луны, вслѣдствіе чего вступленіе луны въ полную тѣнь онъ замѣчаетъ раньше, чѣмъ слѣдуетъ, а выступленіе ея изъ полной тѣни позже. Слѣдствіемъ этого является видимое увеличеніе діаметра упомянутаго выше кругового сѣченія конуса тѣни; это увеличеніе составляетъ, по изслѣдованіямъ Гартмана, круглымъ числомъ $49''$ или, точнѣе, $^1/_{70}$-ю часть луннаго параллакса. Но также и при совершенномъ погруженіи луны въ конусъ полной тѣни, она все-же нерѣдко представляется наблюдателю, особенно въ зрительную трубу, свѣтящейся слабымъ, по большей части красноватымъ или мѣднокраснымъ свѣтомъ. Это обстоятельство объясняется преломленіемъ солнечныхъ лучей въ земной атмосферѣ, которая, къ тому-же, сильнѣе поглощаетъ фіолетовые лучи, чѣмъ красные.

Если бы плоскость лунной орбиты совпадала съ плоскостью эклиптики, то луна вступала бы въ конусъ полной тѣни, отбрасываемой землей, во время каждаго полнолунія, т. е.

всякій разъ, какъ она занимаетъ на небесной сферѣ положеніе, прямо противоположное солнцу (часть II, глава XI), и мы каждый мѣсяцъ могли бы любоваться картиной луннаго затмѣнія. Но такъ какъ уголъ, образуемый обѣими вышеупомянутыми плоскостями, равенъ 5^0, то луна большею частью проходитъ выше или ниже конуса полной тѣни, совсѣмъ не касаясь его, и затмѣніе можетъ произойти только тогда, когда луна во время полнолунія отстоитъ отъ одного изъ своихъ узловъ не болѣе, какъ на 12^0, что случается круглымъ числомъ 154 раза въ столѣтіе. Если при этомъ луна проходитъ черезъ конусъ тѣни вблизи его оси TE, то весь ея дискъ погружается въ этотъ конусъ, и мы наблюдаемъ полное затмѣніе луны (рис. 62).

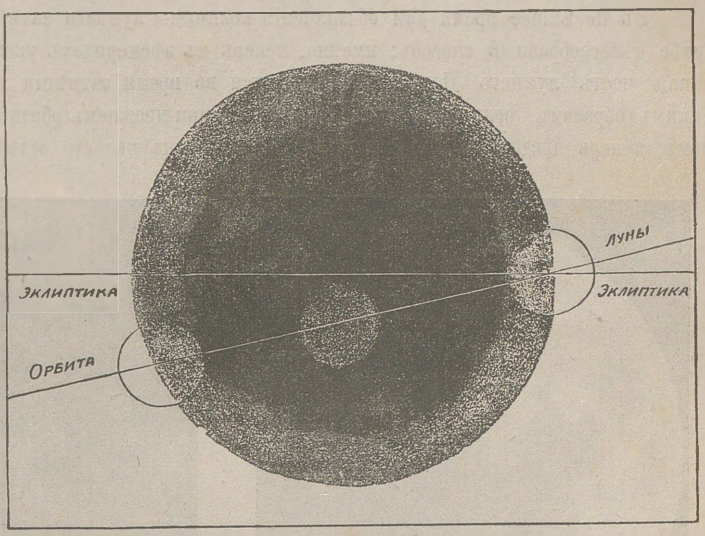


Рис. 62.

Если же она проходитъ только черезъ сѣверную или южную часть конуса тѣни, то въ первомъ случаѣ затемняется только сѣверный, а во второмъ только южный край луны, и такое затмѣніе называется частнымъ (рис. 63).

Величина луннаго затмѣнія или такъ называемая его наибольшая фаза прежде выражалась въ двѣнадцатыхъ доляхъ луннаго діаметра, которыя носили названіе дюймовъ.

Такъ, если во время затмѣнія край полной тѣни достигалъ центра луны, то говорили, что величина такого затмѣнія равнялась 6 дюймамъ. Точно также величина полнаго затмѣнія считалась равной 12 дюймамъ. Выше мы видѣли, что діаметръ кругового сѣченія, проведеннаго перпендикулярно къ оси конуса полной тѣни приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ лунная орбита пересѣкаетъ этотъ конусъ, почти въ три раза больше діаметра луны. Отсюда ясно, что во время полнаго затмѣнія луна можетъ погружаться въ конусъ тѣни на различную глубину.

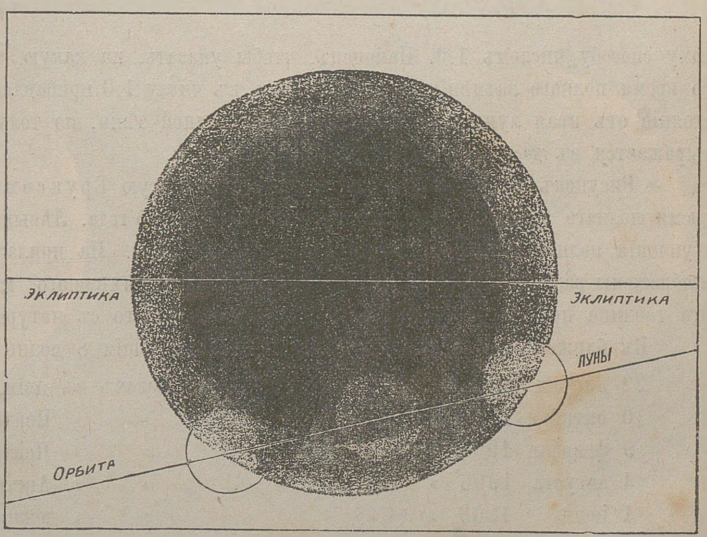


Рис. 63.

Поэтому, чтобы указать величину полнаго луннаго затмѣнія, обыкновенно къ вышеупомянутымъ 12 дюймамъ прибавляли еще выраженное въ тѣхъ-же самыхъ дюймахъ разстояніе отъ края луны до ближайшаго края полной тѣни для середины затмѣнія, разстояніе, считаемое по перпендикуляру къ той линіи, по которой движется центръ луны. Такимъ образомъ наибольшая величина полнаго луннаго затмѣнія могла доходить до 23 дюймовъ.

Въ новѣйшее время для обозначенія величины луннаго затмѣнія употребляется другой болѣе цѣлесообразный способъ; именно, теперь въ эфемеридахъ указывается непосредственно, какая часть луннаго діаметра погружается во время затмѣнія въ конусъ полной тѣни. Такимъ образомъ, величина затмѣнія, которая, при прежнемъ обозначеніи, равнялась 6 дюймамъ, теперь представляется числомъ 0,5. Величина полнаго затмѣнія выражастся по но-



Рис. 64а.

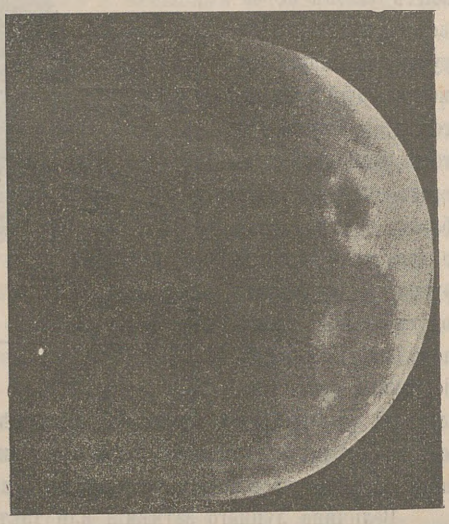


Рис. 64b.

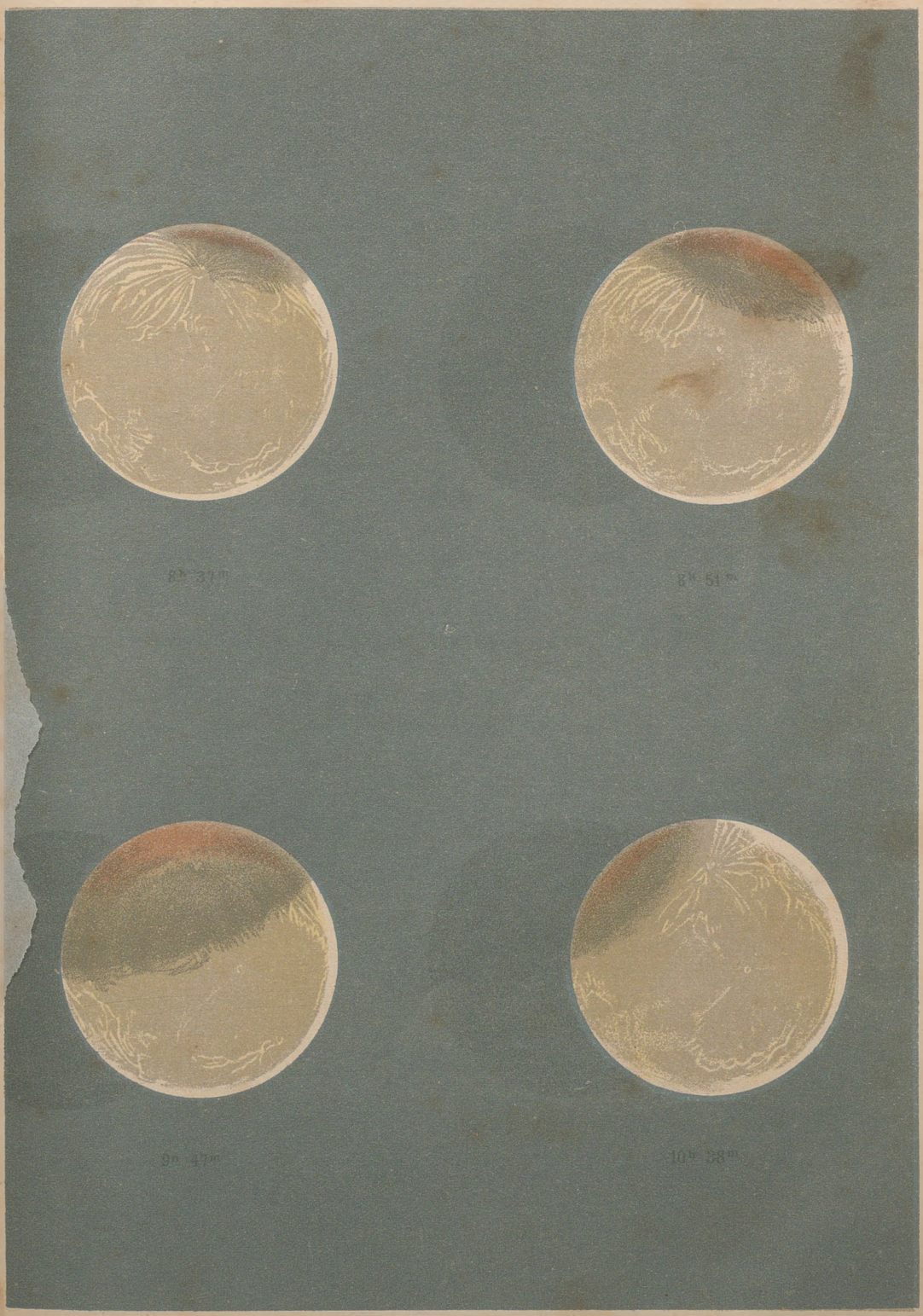
вому способу числомъ 1,0. Наконецъ, чтобы указать, на какую глубину погружается луна во время полнаго затмѣнія въ конусъ тѣни, къ числу 1,0 прибавляютъ, какъ и раньше, разстояніе отъ края луны до ближайшаго края полной тѣни, но только теперь это разстояніе выражается въ десятыхъ доляхъ луннаго діаметра.

* Рисунокъ 64 представляетъ фотографію, снятую Бруксомъ въ Америкѣ съ луны во время полнаго затмѣнія, бывшаго 3-го сентября 1895 года. Лѣвый снимокъ сдѣланъ до наступленія полной фазы, а правый послѣ полной фазы. На прилагаемой цвѣтной таблицѣ изображены различныя фазы частнаго затмѣнія луны, имѣвшаго мѣсто 3 августа 1887 г. Эта таблица представляетъ копію съ рисунка, сдѣланнаго съ натуры проф. Вейнекомъ. *

Въ ближайшемъ будущемъ произойдутъ слѣдующія 8 полныхъ лунныхъ затменій:

22 апрѣля	1902	года,	видимое	главнымъ	образомъ	въ Азіи,
10 октября	1902	»	»	»	»	Центральной Америкѣ,
9 февраля	1906	»	»	»	»	Центральной Америкѣ,
4 августа	1906	»	»	»	»	Австраліи,
4 іюня	1909	»	»	»	»	южной Америкѣ и Африкѣ,
27 ноября	1909	»	»	»	»	сѣверной Америкѣ,
24 мая	1910	»	»	»	»	южной Америкѣ,
17 ноября	1910	»	»	»	»	Европѣ и Африкѣ.

Древнѣйшія изъ дошедшихъ до насъ наблюденій затмѣнія луны, по указанію Птоломея, были произведены халдеями въ Вавилонѣ и относятся къ 719 и 720 годамъ до Р. Хр.



Лит. Н. Кадушина, С.П.Б.

Частное затмѣніе луны
3. Августа 1887 года.

§ 101. **Предвычисленіе луннаго затмѣнія.** Чтобы дать нашимъ читателямъ понятіе о томъ, какъ предвычисляется лунное затмѣніе, мы прежде всего замѣтимъ, что въ астрономическихъ календаряхъ или въ такъ называемыхъ эфемеридахъ даются какъ для солнца, такъ и для луны долгота, широта, видимый радіусъ и параллаксъ и, кромѣ того, часовыя измѣненія всѣхъ этихъ величинъ. Положимъ, что разность часовыхъ движеній луны и солнца по долготѣ составляетъ $30'$, а по широтѣ $9'$. Разсматривая эти величины какъ катеты прямоугольнаго треугольника, мы находимъ, что его гипотенуза равна $31.3'$. Эта гипотенуза представляетъ часовое движеніе луны относительно солнца или, что то-же, относительно конуса тѣни, отбрасываемой землей въ сторону, противоположную солнцу. Вычислимъ, далѣе, уголъ, заключенный между гипотенузой и меньшимъ катетомъ. Тангенсъ этого угла равенъ $^{30}/_{9}$; слѣдовательно, самый уголъ равняется $73^0 18'$. Легко понять, что подъ такимъ угломъ наклонено направленіе относительнаго движенія луны къ кругу широтъ.

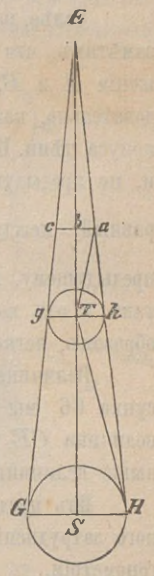


Рис. 65.

Пусть S представляетъ, какъ и раньше, центръ солнца и T центръ земли (рис. 65). Радіусъ ba кругового сѣченія конуса тѣни въ томъ мѣстѣ, гдѣ луна проходитъ черезъ этотъ конусъ, усматривается изъ центра земли подъ угломъ bTa. Но уголъ Tah есть горизонтальный параллаксъ луны, уголъ THh—горизонтальный параллаксъ солнца и наконецъ уголъ STH—видимый радіусъ солнца. Такъ какъ, далѣе, извѣстно, что сумма всѣхъ угловъ во всякомъ прямолинейномъ треугольникѣ составляетъ 180^0, то въ треугольникѣ aTH уголъ aTH, очевидно, равенъ 180^0 безъ суммы горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца. Съ другой стороны, сумма трехъ угловъ STH, HTa и aTb равна двумъ прямымъ угламъ или 180^0. Поэтому уголъ bTa, подъ которымъ изъ центра земли усматривается радіусъ кругового сѣченія конуса тѣни, окончательно равенъ суммѣ горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца безъ видимаго радіуса солнца. Обратимся теперь къ рис. 66. На этомъ рисункѣ T есть центръ кругового сѣченія GEH конуса тѣни, а GTH представляетъ эклиптику. Въ радіусѣ $TG = TE$ круга GEH заключается, при произвольномъ масштабѣ, столько единицъ длины, сколько минутъ дуги заключается въ углѣ bTa (рис. 65), который равенъ суммѣ горизонтальныхъ параллаксовъ луны и солнца безъ видимаго радіуса этого послѣдняго. Проведемъ, далѣе, перпендикуляръ TO (рис. 66) къ линіи HG и отложимъ на немъ, подобно предыдущему и въ томъ-же самомъ масштабѣ, длину TO, пропорціональную широтѣ луны въ моментъ полнолунія. Если мы построимъ, наконецъ, при точкѣ O уголъ TOK, равный $73^0 18'$, то линія KMB и представитъ видимый путь центра луны. Опустимъ изъ точки T перпендикуляръ TM на эту линію KMB; черезъ это у насъ получается прямоугольный треугольникъ TOM, въ которомъ, кромѣ прямого угла при M, извѣстны еще сторона TO и уголъ при O. Слѣдовательно,

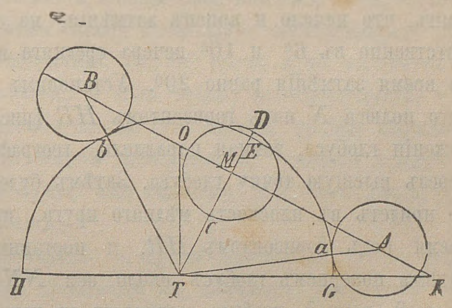


Рис. 66.

по изложенному въ § 23 способу или по правиламъ тригонометріи мы можемъ найти стороны TM и OM. Такъ какъ часовое движеніе луны составляетъ $31.3'$, то дробь $\frac{OM}{31,3}$ выражаетъ тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго луна проходитъ часть OM

своей орбиты. Конечная точка M этой части представляетъ, очевидно, положеніе центра луны для середины затмѣнія, такъ какъ изъ всѣхъ точекъ луннаго пути KB эта точка M лежитъ ближе всего къ центру T кругового сѣченія конуса тѣни, и, слѣдовательно, въ этой точкѣ должна имѣть мѣсто наибольшая фаза затмѣнія. Такъ какъ тотъ моментъ, когда луна находится въ точкѣ O, или, иначе говоря, моментъ полнолунія намъ извѣстенъ, то, прибавляя къ нему съ соотвѣтственнымъ знакомъ только что опредѣленный промежутокъ времени, употребляемый луной для прохожденія части OM своего пути, мы тотчасъ-же получимъ моментъ середины затмѣнія.

Далѣе, намъ необходимо опредѣлить моменты начала и конца затмѣнія. Для этого замѣтимъ, что въ началѣ и въ концѣ затмѣнія центръ луны занимаетъ такія два положенія A и B, въ которыхъ край луны касается края кругового сѣченія конуса тѣни. Слѣдовательно, каждая изъ линій TA и TB равна суммѣ радіусовъ луны и кругового сѣченія конуса тѣни. Поэтому, въ прямоугольномъ треугольникѣ TMA намъ извѣстны гипотенуза TA и, по предыдущему, катетъ TM; по этимъ даннымъ мы можемъ найти и другой катетъ MA, равный, между прочимъ, также длинѣ MB. Дробь $\frac{MA}{31{,}3}$, очевидно, выражаетъ, подобно предыдущему, промежутокъ времени, отдѣляющій середину затмѣнія какъ отъ его начала, такъ и отъ конца. А такъ какъ моментъ середины затмѣнія намъ извѣстенъ, то, такимъ образомъ, легко опредѣляются также моменты начала и конца затмѣнія.

Величина CE наибольшей фазы затмѣнія вычисляется также весьма легко. Изъ рисунка 66 мы видимъ, что $CE=TE-TC$ или $CE=TE+CM-TM$. Слѣдовательно, величина CE равна суммѣ радіусовъ луны и кругового сѣченія конуса тѣни безъ найденной выше величины TM.

Изъ предыдущаго ясно, что предвычисленіе луннаго затмѣнія не представляетъ никакого затрудненія, и что для этого необходимо знать лишь основныя правила плоской тригонометріи.

Чтобы узнать, въ какихъ мѣстахъ земной поверхности данное затмѣніе луны можетъ быть видимо, необходимо имѣть въ виду, что лунное затмѣніе можетъ быть наблюдаемо во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ луна въ это время находится надъ горизонтомъ. Слѣдовательно, задача сводится къ отысканію тѣхъ мѣстъ, гдѣ во время затмѣнія луна находится надъ горизонтомъ, что выполняется при помощи нетрудныхъ вычисленій; впрочемъ, та-же задача можетъ быть рѣшена болѣе просто и понятно, если мы воспользуемся для этой цѣли земнымъ глобусомъ (Глава XII).

Этотъ второй способъ рѣшенія задачи мы поясникъ на примѣрѣ. Для этого положимъ, что начало и конецъ затмѣнія, на основаніи вычисленія, должны произойти соотвѣтственно въ 6^h и 10^h вечера средняго вѣнскаго времени, и что сѣверное склоненіе луны во время затмѣнія равно 20^0. Установимъ земной глобусъ такъ, чтобы высота его сѣвернаго полюса N надъ горизонтомъ HR (рис. 73, стр. 164) составляла 20^0; при такомъ положеніи глобуса, земная параллель, географическая широта которой равна 20^0, проходитъ черезъ высшую точку глобуса. Затѣмъ будемъ вращать глобусъ до тѣхъ поръ, пока Вѣна не придетъ въ плоскость мѣднаго круга, представляющаго меридіанъ, оставаясь въ то же время подъ горизонтомъ HR, и поставимъ указатель раздѣленнаго круга ab на 12^h. Затѣмъ повернемъ глобусъ около оси NN' съ запада на востокъ на 6 часовъ. Тогда съ высшей точкой глобуса совпадетъ та точка земного шара, для которой луна въ началѣ затмѣнія будетъ находиться въ зенитѣ; въ нашемъ частномъ случаѣ это будетъ Кохинхина. Во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ на глобусѣ въ плоскости мѣднаго круга, изображающаго меридіанъ (въ нашемъ случаѣ—въ Иркутскѣ, на островѣ Явѣ, на западномъ берегу Новой Голландіи), затмѣніе луны начнется въ полночь по мѣстному времени. Во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ на западной полусферѣ глобуса (въ нашемъ случаѣ—въ Испаніи, на мысѣ

Доброй Надежды), начало затмѣнія совпадаетъ съ моментомъ захода солнца; въ тѣхъ же мѣстахъ, которыя лежатъ на восточной половинѣ горизонта (въ нашемъ случаѣ—на Сандвичевыхъ островахъ, въ Новой Зеландіи), затмѣніе начнется въ моментъ восхода солнца или, что то-же самое, въ моментъ захода луны. Вообще для всѣхъ жителей той половины земного шара, которая, при разсматриваемомъ положеніи глобуса, находится надъ плоскостью кольца HR, луна будетъ находиться надъ горизонтомъ и, слѣдовательно, начало затмѣнія будетъ видимо, между тѣмъ какъ въ мѣстахъ, лежащихъ на другой половинѣ земного шара, начало затмѣнія видимо не будетъ. Повернемъ, затѣмъ нашъ глобусъ около оси еще на 4^h опять съ запада на востокъ, такъ чтобы указатель раздѣленнаго круга ab остановился противъ 10^h. Жители всѣхъ мѣстъ, лежащихъ, при этомъ второмъ положеніи глобуса, надъ горизонтомъ HR, будутъ видѣть конецъ затмѣнія; въ мѣстахъ, лежащихъ въ плоскости мѣднаго кольца, которое изображаетъ меридіанъ (въ нашемъ случаѣ — въ Архангельскѣ, въ Тегеранѣ, на восточной оконечности Африки), затмѣніе окончится въ полночь по мѣстному времени и т. д. Въ тѣхъ мѣстахъ, которыя при первомъ положеніи глобуса находились надъ горизонтомъ HR, а при второмъ подъ горизонтомъ, начало затмѣнія будетъ видимо, а конецъ нѣтъ. Жители же тѣхъ мѣстъ, которыя, напротивъ того, при первомъ положеніи глобуса находились подъ горизонтомъ, а при второмъ надъ горизонтомъ, увидятъ только конецъ затмѣнія. Наконецъ, въ тѣхъ мѣстахъ, которыя при обоихъ положеніяхъ глобуса находились или надъ, или подъ горизонтомъ, затмѣніе соотвѣтственно или будетъ видимо все, отъ начала до конца, или совсѣмъ не будетъ видимо. Если мы при обоихъ положеніяхъ глобуса проведемъ мѣломъ на его поверхности окружности большихъ круговъ, представляющія сѣченія горизонта HR съ поверхностью глобуса, то эти окружности, взаимно пересѣкаясь, раздѣлятъ поверхность глобуса на четыре части и, такимъ образомъ, отдѣлятъ другъ отъ друга мѣста, принадлежащія къ четыремъ выше разсмотрѣннымъ категоріямъ.

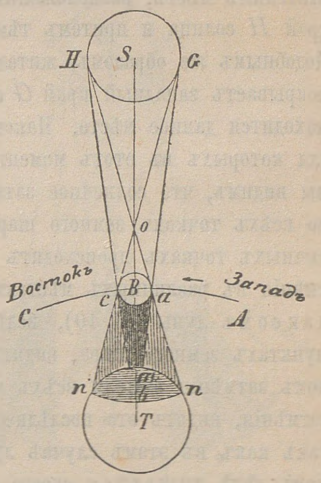


Рис. 67.

102. **Солнечныя затмѣнія.** Намъ часто приходится наблюдать, какъ тѣнь отъ облака, подгоняемаго вѣтромъ, пробѣгаетъ по землѣ и, достигая того мѣста, гдѣ мы находимся, скрываетъ отъ насъ солнце, между тѣмъ какъ другія мѣста, находящіяся внѣ этой тѣни, остаются освѣщенными солнцемъ. Этотъ примѣръ даетъ намъ вѣрное изображеніе замѣчательнаго явленія, представляемаго нерѣдко луной во время новолунія. Въ это время луна находится въ той-же самой части небесной сферы, какъ и солнце, и если только геоцентрическій, т. е. видимый съ земли путь луны проходитъ достаточно близко отъ солнца, то она скрываетъ это послѣднее отъ жителей всѣхъ тѣхъ мѣстъ земной поверхности, которыя лежатъ на прямой линіи, соединяющей центры солнца и луны, или недалеко отъ этой линіи. Это явленіе и называется солнечнымъ затмѣніемъ.

Лунныя затмѣнія, какъ мы видѣли, происходятъ во время полнолуній, т. е. тогда, когда земля находится между солнцемъ и луной; солнечныя же затмѣнія, напротивъ того, случаются во время новолуній, т. е. тогда, когда луна расположена между солнцемъ и землей. Пусть T, B и S представляютъ центры земли, луны и солнца во время новолунія (рис. 67). Проведемъ линіи Ga и He такъ, чтобы онѣ касались какъ солнца, такъ и луны по одну и ту же сторону отъ линіи SB, соединяющей центры этихъ тѣлъ. Черезъ это получается конусъ *тѣни* полной тѣни, отбрасываемой луной въ сторону земли; вершина этого конуса, если бы онъ могъ проникнуть внутрь земли, нахо-

лась бы въ точкѣ b. Проведемъ еще линіи Hn и Gn', такъ чтобы онѣ касались солнца и луны и вмѣстѣ съ тѣмъ пересѣкали линію SB, проходящую черезъ центры этихъ тѣлъ. Черезъ это получается конусъ полутѣни $acnn'$, вершина котораго лежитъ въ точкѣ o, между луной и солнцемъ.

Наблюдателю m, находящемуся въ серединѣ полной тѣни, т. е. на оси BbT конуса amc, кажется, что солнце совершенно покрыто луной. Наблюдатель n, находящійся на западной границѣ полутѣни, въ тотъ-же самый моментъ видитъ лишь соприкосновеніе восточнаго края солнца съ западнымъ краемъ луны. Для наблюдателя въ n' въ это-же самое время имѣетъ мѣсто соприкосновеніе западнаго края солнца съ восточнымъ краемъ луны. Жителямъ мѣстъ, расположенныхъ между m и n, кажется, что луна покрываетъ восточный край H солнца и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ точкѣ m находится данное мѣсто. Подобнымъ же образомъ, жителямъ мѣстъ, лежащихъ между m и n', кажется, что луна покрываетъ западный край G солнца и притомъ опять-таки тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ m находится данное мѣсто. Наконецъ, по другую сторону отъ дуги mn' лежатъ такія мѣста, для которыхъ въ этотъ моментъ солнечное затмѣніе совсѣмъ не имѣетъ мѣста. Изъ этого мы видимъ, что солнечное затмѣніе, въ противоположность лунному, не наблюдается сразу во всѣхъ точкахъ земного шара, въ которыхъ оно вообще можетъ быть видимо, а въ различныхъ точкахъ происходитъ въ различные моменты, и, кромѣ того, наибольшая фаза затмѣнія въ различныхъ мѣстахъ достигаетъ различной величины. Это объясняется параллаксомъ луны (§ 40), вслѣдствіе котораго наблюдатели, находящіеся въ различныхъ пунктахъ земного шара, видятъ луну въ различныхъ точкахъ небесной сферы. При лунномъ затмѣніи жители всѣхъ мѣстъ, надъ горизонтомъ которыхъ находится луна во время затмѣнія, видятъ это послѣднее въ одинъ и тотъ же моментъ и въ одной и той-же фазѣ, такъ какъ въ этомъ случаѣ луна, вступая въ конусъ тѣни, отбрасываемой землей, на самомъ дѣлѣ лишается своего свѣта. При затмѣніи же солнца свѣтъ этого послѣдняго лишь заслоняется луною и притомъ для жителей только тѣхъ мѣстъ, которыя лежатъ весьма близко къ линіи, соединяющей центры солнца и луны, между тѣмъ какъ во всѣхъ другихъ пунктахъ земной поверхности затмѣніе или совсѣмъ не наблюдается или имѣетъ другую фазу. Отсюда ясно, что предвычисленіе солнечнаго затмѣнія представляетъ гораздо большія трудности, чѣмъ предвычисленіе луннаго затмѣнія, такъ какъ въ первомъ случаѣ необходимо принимать во вниманіе положеніе наблюдателя.

Конусъ тѣни amc (рис. 67) и окружающій его конусъ полутѣни $acnn'$ пересѣкаются съ поверхностью земного шара по окружностямъ круговъ. Пространства, ограничиваемыя этими окружностями, и представляютъ тѣнь и полутѣнь, отбрасываемыя луною на землю и перемѣщающіяся во время затмѣнія по поверхности этой послѣдней. Только жители странъ, лежащихъ на пути тѣни и полутѣни, видятъ солнечное затмѣніе послѣдовательно, одни за другими; для всѣхъ же остальныхъ жителей оно остается невидимымъ.

Если луна B во время новолунія находится на такомъ разстояніи отъ земли, что вершина b конуса тѣни лишь касается земли, то окружность, по которой этотъ конусъ долженъ пересѣкаться съ поверхностью земного шара, обращается въ точку, и только для жителей мѣстъ, лежащихъ на пути этой точки, затмѣніе представляется еще полнымъ, но при этомъ продолжительность наибольшей фазы равняется всего одному мгновенію. Если же луна отстоитъ отъ земли еще дальше, то вершина b конуса тѣни совсѣмъ не достигаетъ поверхности земли, а лежитъ между землей и солнцемъ, и въ такомъ случаѣ затмѣніе ни для какого пункта земного шара не можетъ быть полнымъ. Но зато въ этомъ случаѣ жители тѣхъ мѣстъ, которыя находятся на продолженіи оси Bm конуса тѣни, будутъ любоваться такъ называемымъ кольцеобразнымъ затмѣніемъ. При кольцеобразномъ затмѣніи луна, которая кажется меньше солнца, покрываетъ это послѣднее такъ, что центры обоихъ тѣлъ или вполнѣ, или почти совпадаютъ; кругомъ же луны остается непокрытой еще нѣ-

которая часть солнца, имѣющая форму свѣтлаго кольца. Ширина этого кольца можетъ доходить до $1^1/_2$ минутъ.

Луна движется по своей орбитѣ, какъ извѣстно, съ запада на востокъ, т. е. отъ A къ B (рис. 68). Въ томъ-же самомъ направленіи совершаетъ свое суточное вращеніе около оси земля T. Поэтому, если луна достигаетъ точки A своей орбиты, то восточный край полутѣни касается западнаго края земли въ точкѣ g. Жители мѣстъ, лежащихъ около точки g, увидятъ, слѣдовательно, солнечное затмѣніе первыми. Начинается затмѣніе, для всей земли вообще, съ западнаго края солнца и притомъ, какъ видно изъ рис. 68, въ тотъ моментъ, когда солнце восходитъ въ точкѣ g земной поверхности. Въ то время какъ луна приходитъ, въ концѣ затмѣнія, въ точку C своего пути, западный край полутѣни касается восточнаго края земли въ точкѣ h, и жители мѣстъ, находящихся вблизи этой точки, видятъ затмѣніе послѣдними т. е. тогда, когда во всѣхъ другихъ мѣстахъ оно уже кончилось. Кончается солнечное затмѣніе, для всей земли вообще, на восточномъ краѣ солнца и притомъ въ тотъ моментъ, когда солнце заходитъ въ точкѣ h земного шара. Такъ какъ лунная тѣнь перемѣщается по поверхности земли съ запада на востокъ, то въ мѣстахъ, лежащихъ къ западу отъ какого-нибудь опредѣленнаго пункта, солнечное затмѣніе наблюдается раньше, чѣмъ въ мѣстахъ, лежащихъ къ востоку.

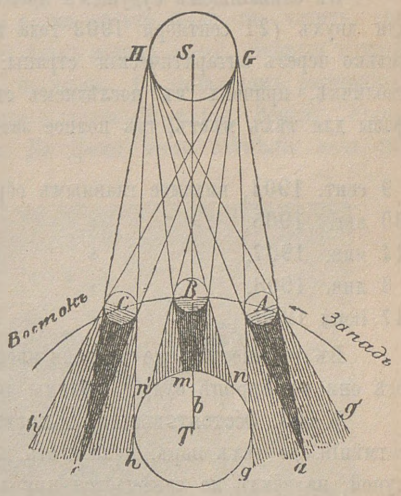


Рис. 68.

При кольцеобразныхъ и полныхъ солнечныхъ затмѣніяхъ ось SBb конуса тѣни, проходящая всегда черезъ центры солнца и луны, встрѣчаетъ поверхность земли. Слѣдовательно, наблюдателямъ, находящимся въ тѣхъ точкахъ, въ которыхъ земная поверхность пересѣкается съ этою осью, должно казаться, что во время затмѣнія центръ луны въ точности покрываетъ центръ солнца. Поэтому, такія затмѣнія называются иначе центральными. Если же ось SBb конуса тѣни минуетъ тѣло земли, но въ то-же время конусъ полутѣни все таки задѣваетъ ее, то ни въ какомъ мѣстѣ земного шара затмѣніе не можетъ быть ни полнымъ, ни кольцеобразнымъ: въ этомъ случаѣ луна закрываетъ только часть солнечнаго диска, и такое затмѣніе называется частнымъ. Впрочемъ слѣдуетъ замѣтить, что діаметръ окружности, по которой конусъ полной тѣни пересѣкается съ поверхностью земли, едва достигаетъ 300 километровъ, и потому даже во время полнаго солнечнаго затмѣнія полная фаза наблюдается лишь съ весьма узкой полосы земной поверхности, между тѣмъ какъ для всѣхъ другихъ мѣстъ, въ которыхъ затмѣніе вообще можетъ быть видимо, оно будетъ только частнымъ.

Величина наибольшей фазы прежде выражалась, какъ и для лунныхъ затмѣній, въ дюймахъ, причемъ діаметръ солнечнаго диска считался равнымъ 12 дюймамъ. Въ настоящее время величина наибольшей фазы выражается въ доляхъ солнечнаго діаметра.

Солнечныя затмѣнія, для земли вообще, случаются чаще, чѣмъ лунныя. Именно, въ теченіе періода, равнаго 6585 суткамъ или 18 годамъ и 11 суткамъ и называемаго саросомъ, происходятъ 42 солнечныхъ и 29 лунныхъ затмѣній. Это объясняется тѣмъ, что солнечныя затмѣнія возможны при большемъ удаленіи луны отъ плоскости эклиптики, чѣмъ лунныя.

Для того, чтобы солнечное затмѣніе могло произойти, угловое разстояніе луны отъ одного изъ узловъ ея орбиты не должно быть больше 18^0; между тѣмъ какъ для возмож-

ности луннаго затмѣнія предѣлъ этого разстоянія составляетъ только 12° (§ 100). Для всякаго же даннаго мѣста земного шара, напр., для Берлина или для Вѣны, число видимыхъ въ этомъ мѣстѣ солнечныхъ затмѣній почти въ три раза меньше числа лунныхъ затмѣній; именно, въ каждомъ данномъ мѣстѣ въ среднемъ можетъ быть одно частное затмѣніе солнца въ теченіе двухъ лѣтъ. Наконецъ, полное или кольцеобразное затмѣніе въ каждомъ данномъ мѣстѣ случается въ среднемъ только одинъ разъ въ 200 лѣтъ.

Это происходитъ оттого, что полное или кольцеобразное затмѣніе можетъ быть наблюдаемо, какъ мы выше видѣли, лишь съ весьма узкой полосы земной поверхности.

Въ ближайшемъ будущемъ произойдутъ 7 полныхъ солнечныхъ затмѣній. Изъ нихъ для двухъ (21 сентября 1903 года и 5 мая 1910 года) полоса полной фазы пройдетъ только черезъ антарктическія страны; остальныя же пять приведены въ нижеслѣдующей табличкѣ, причемъ въ послѣднемъ столбцѣ дана наибольшая продолжительность полной фазы для тѣхъ мѣстъ, гдѣ полное затмѣніе произойдетъ въ полдень по мѣстному времени.

		Продолж.
9 сент. 1904,	видимое главнымъ образомъ въ Тихомъ океанѣ и въ Чили	$8{,}2^m$
30 авг. 1905,	» » » » Сѣверной Америкѣ и Испаніи . . .	$4{,}0^m$
14 янв. 1907,	» » » » Россіи, Китаѣ и Сибири	$2{,}6^m$
3 янв. 1908,	» » » » только въ Тихомъ океанѣ	$4{,}5^m$
17 іюня 1909,	» » » » Китаѣ, Сибири и Гренландіи	$0{,}5^m$

Въ теченіе того же времени произойдетъ еще нѣсколько кольцеобразныхъ затмѣній, но всѣ они въ Европѣ будутъ видимы только какъ частныя.

§ 103. **Обстоятельства, сопровождающія солнечное затмѣніе.** Во время солнечныхъ затмѣній, до тѣхъ поръ, пока хоть маленькая часть солнечнаго диска еще не покрыта луной, на землѣ не замѣчается никакого особеннаго уменьшенія свѣта. Въ моментъ же исчезновенія послѣдняго луча солнца освѣщеніе небосклона и всей окружающей мѣстности дѣлается совершенно необыкновеннымъ. Небо принимаетъ особенную темноголубую окраску, на горизонтѣ появляется оранжевая полоса, происхожденіе которой объясняется отраженіемъ солнечныхъ лучей отъ тѣхъ частей земной атмосферы, которыя лежатъ внѣ лунной тѣни; все это, въ связи съ зловѣщимъ полумракомъ, который во время затмѣнія ложится на всю окружающую мѣстность, производитъ сильное впечатлѣніе на зрителя.

Этимъ объясняются существующія и по настоящее время во многихъ мѣстахъ суевѣрія, связанныя съ явленіями какъ солнечнаго, такъ и луннаго затмѣнія. Такъ, въ Остъ-Индіи распространено мнѣніе, что во время луннаго затмѣнія злой духъ, намѣреваясь стащить луну съ неба, простираетъ передъ ней свои черныя крылья. Поэтому, индійцы во время затмѣнія спѣшатъ къ рѣкѣ и окунаются въ нее съ головой, надѣясь такимъ образомъ спастись отъ нападенія злого духа.

Жители западнаго берега Африки полагаютъ, что во время затмѣній черная кошка кладетъ свои лапы на солнце или на луну. Наконецъ, по представленію сіамскихъ монаховъ, во время затмѣнія огромный драконъ собирается сожрать луну или солнце (рис. 69). По ихъ мнѣнію, европейскіе астрономы только потому такъ точно предсказываютъ время, продолжительность и величину затмѣнія, что имъ хорошо извѣстенъ аппетитъ этого дракона. Даже древніе греки, вообще гораздо болѣе образованные, долгое время полагали, что во время лунныхъ затмѣній злые чародѣи при помощи волшебства похищаютъ луну съ неба. И мы не имѣемъ права осмѣивать воззрѣнія этихъ народовъ, такъ какъ еще не очень давно и наши предки имѣли нисколько не лучшія представленія о затмѣніяхъ.

Когда, въ моментъ наибольшей фазы солнечнаго затменія, исчезаетъ послѣдній лучъ солнца, и такимъ образомъ среди дня внезапно наступаетъ ночь, то температура сразу понижается на нѣсколько градусовъ, на растеніяхъ появляется роса, и въ воздухѣ образуются облака; на небѣ появляются въ полномъ своемъ блескѣ наиболѣе яркія звѣзды; животныя

и птицы, обманутыя наступившей темнотой, замолкаютъ и спѣшатъ укрыться въ свои жилища на ночной покой; многія растенія свертываютъ свои листья и цвѣты. Наконецъ, черезъ нѣсколько минутъ, опять какъ бы по волшебству, появляются первые лучи солнца, снова наступаетъ день, приносящій всюду радость и веселье, и вся природа, которая только что казалась совсѣмъ омертвѣвшей, опять оживаетъ во всей своей красѣ.

Изъ прежнихъ солнечныхъ затмѣній особенно замѣчательно было затмѣніе 12 мая 1706 г., которое было видимо во всей Германіи и о которомъ было написано много статей. Это было одно изъ самыхъ большихъ затмѣній, когда-либо происходившихъ въ Европѣ. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ затмѣніе было полнымъ, наступившая среди дня совершенно темная ночь продолжалась приблизительно 5 минутъ. Въ это время нельзя было ни читать, ни работать, и лишь съ трудомъ можно было узнавать стоявшихъ рядомъ людей. Ночныя птицы вылетѣли изъ гнѣздъ, а полевые звѣри попрятались въ норы. Въ недалекомъ разстояніи отъ солнца, покрытаго луною, можно было ясно видѣть планеты Меркурія, Венеру, Юпитера и Сатурна, а также всѣ наиболѣе яркія звѣзды. Во время этого затмѣнія палъ на



Рис. 69.

землю сильный и весьма вредный туманъ, и потому пришлось тщательно прикрыть всѣ колодцы и загнать скотъ въ стойла. Это затмѣніе долгое время служило предметомъ разговора во всемъ образованномъ обществѣ. Изъ болѣе позднихъ затмѣній сильное впечатлѣніе на зрителей произвели затмѣнія 1842, 1851 и 1887 годовъ.

О тѣхъ весьма интересныхъ явленіяхъ, которыя происходятъ во время затмѣнія на самомъ солнцѣ, мы будемъ говорить во второй части этой книги. Здѣсь же мы упомянемъ еще только объ одномъ явленіи, которое наблюдатели часто замѣчали на поверхности земли незадолго до полной фазы и вскорѣ послѣ нея, именно о такъ называемыхъ тѣневыхъ полосахъ, имѣющихъ волнообразную форму и отдѣленныхъ другъ отъ друга свѣтлыми промежутками. Ширина полосъ доходитъ до 10—12 сантиметровъ, и продольное направленіе ихъ, какъ впервые замѣтилъ въ 1851 году Фирплей (Fearnley), перпендикулярно къ линіи, соединяющей концы еще непокрытаго луной солнечнаго серпа. Полосы представляются наблюдателю быстро перемѣщающимися по поверхности земли; скорость ихъ перемѣщенія равна скорости средняго лошадинаго бѣга. Впервые на такія полосы обратилъ вни-

маніе Гольдшмидтъ въ 1820 году, но онъ не былъ въ состояніи удовлетворительно объяснить это явленіе. По предположенію Араго, причина появленія тѣневыхъ полосъ сходна съ причиной мерцанія звѣздъ (§ 107). Французскій же астрономъ Фай (Faye), въ своемъ отчетѣ о наблюденіи полнаго солнечнаго затмѣнія 18 іюля 1860 года въ Батнѣ, разсматриваетъ тѣневыя полосы какъ явленіе интерференціи (Глава II, § 5). Но особеннаго интереса заслуживаетъ указаніе Дюфура, что подобное же явленіе часто наблюдается въ Швейцарскихъ Альпахъ при восходѣ солнца изъ-за высокихъ горъ.

ГЛАВА XI.

Земная атмосфера.

§ 104. **Высота и плотность атмосферы.** Извѣстно, что наша земля окружена со всѣхъ сторонъ воздухомъ, которымъ мы дышимъ и благодаря которому, такимъ образомъ, дѣлается возможнымъ наше существованіе. Этотъ воздухъ простирается, повидимому, не очень высоко надъ поверхностью земли, такъ какъ на вершинахъ высокихъ горъ и также на той высотѣ, до которой люди поднимались на воздушныхъ шарахъ, воздухъ дѣлается уже на столько разрѣженнымъ, что живыя существа не могутъ тамъ долго оставаться. Это уменьшеніе плотности воздуха мы можемъ наблюдать также при помощи барометра (рис. 70), служащаго для опредѣленія вѣса или давленія той части воздуха, которая находится надъ этимъ инструментомъ вплоть до крайняго предѣла атмосферы. Чѣмъ выше установленъ барометръ надъ поверхностью земли, тѣмъ короче находящійся надъ нимъ воздушный столбъ, тѣмъ меньше давленіе, оказываемое этимъ столбомъ на ртуть барометра, и тѣмъ ниже, поэтому, уровень этой послѣдней въ длинной закрытой трубкѣ инструмента, такъ что высотой ртути въ барометрической трубкѣ можно измѣрять давленіе воздуха на любой высотѣ надъ поверхностью земли и, слѣдовательно, если извѣстна плотность воздуха, то также и высоту надъ уровнемъ моря того мѣста, въ которомъ производится наблюденіе.

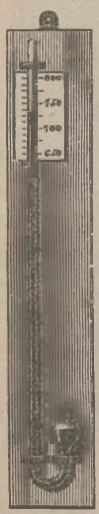


Рис. 70.

Воздухъ, какъ и всѣ тѣла вообще, имѣетъ опредѣленный вѣсъ и, сообразно съ этимъ, онъ оказываетъ давленіе на всѣ предметы, лежащіе подъ нимъ. Если термометръ показываетъ 0^0, то на уровнѣ моря это давленіе уравновѣшивается барометрическимъ столбомъ ртути, высотою въ 760 миллиметровъ. При этомъ давленіи и при такой температурѣ, плотность воздуха относится къ плотности ртути какъ 1 къ 10500. Поэтому, если бы атмосфера имѣла повсюду одинаковую плотность, то ея высота надъ поверхностью земли равнялась бы 760×10500 миллиметровъ или почти 8 киломстрамъ, что составляетъ немного болѣе нѣмецкой мили. На самомъ же дѣлѣ высота атмосферы несравненно больше, такъ какъ, по извѣстному закону Гей-Люссака-Маріотта, плотность газа прямо пропорціональна оказываемому на него давленію или, въ нашемъ случаѣ, высотѣ ртути въ барометрѣ, и обратно пропорціональна объему газа. На основаніи этого закона, нижніе, ближайшіе къ землѣ слои воздуха должны быть плотнѣе верхнихъ, которые своимъ вѣсомъ давятъ на нихъ. Если бы температура воздуха повсюду была одинакова, то, при возрастаніи разности высотъ различныхъ пунктовъ надъ поверхностью земли въ ариѳметической прогрессіи, плотность слоевъ воздуха, проходящихъ черезъ эти пункты и, слѣдовательно, также высота ртути въ барометрѣ въ этихъ пунктахъ уменьшались бы въ геометрической прогрессіи. Но на самомъ

дѣлѣ въ природѣ этого не наблюдается, такъ какъ на высокихъ горахъ вообще бываетъ гораздо холоднѣе, чѣмъ въ равнинахъ, вслѣдствіе чего плотность воздуха въ высшихъ слояхъ атмосферы должна быть больше, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы температура воздуха повсюду была одинакова; но при этомъ мы не знаемъ, какое соотношеніе существуетъ между плотностями различныхъ слоевъ воздуха, такъ какъ законъ измѣненія температуры съ повышеніемъ надъ поверхностью земли намъ извѣстенъ лишь для самыхъ нижнихъ слоевъ атмосферы. Только въ очень недавнее время въ первый разъ были произведены изслѣдованія надъ измѣненіемъ температуры при поднятіи на такія высоты, гдѣ человѣкъ, въ силу устройства своего организма, уже не можетъ существовать. Именно, Эрмитъ неоднократно пускалъ воздушные шары съ самопишущими приборами; одинъ изъ этихъ шаровъ, пущенный 21 марта 1893 года, достигъ высоты 16000 метровъ *). Однако и это число далеко не выражаетъ высоты всей атмосферы. Слѣдовательно, на основаніи закона Гей-Люссака-Маріотта высота атмосферы не можетъ быть вычислена, и потому мы должны попытаться опредѣлить ее непрямымъ путемъ. Прекрасное къ тому средство представляютъ намъ такъ называемыя сумерки. Сумерки происходятъ, какъ мы увидимъ ниже (§ 110), отъ того, что, уже послѣ захода солнца, его лучи еще освѣщаютъ въ теченіе нѣкотораго времени нашу атмосферу и, черезъ отраженіе отъ частицъ воздуха, попадаютъ въ глазъ наблюдателя.

Сумерки оканчиваются приблизительно въ тотъ моментъ, когда солнце находится на 18 градусовъ ниже плоскости горизонта. Отсюда, при помощи легкаго вычисленія, мы находимъ высоту атмосферы равной, круглымъ числомъ, 80 километрамъ. Однако, и это число не даетъ намъ вѣрнаго понятія о высотѣ нашей атмосферы; оно только опредѣляетъ высоту тѣхъ слоевъ воздуха, плотность которыхъ уже настолько мала, что они болѣе не отражаютъ солнечнаго свѣта въ количествѣ, достаточномъ для того, чтобы оказать сколько-нибудь чувствительное дѣйствіе на нашъ глазъ. Возгараніе метеоровъ на высотѣ 150 и болѣе километровъ надъ поверхностью земли, появленіе на подобной же высотѣ свѣтящихся облаковъ, на которыя было обращено вниманіе всего нѣсколько лѣтъ тому назадъ, наконецъ то обстоятельство, что лучи сѣвернаго сіянія достигаютъ еще болѣе значительныхъ высотъ,—все это заставляетъ насъ допустить, что высота земной атмосферы заключается въ предѣлахъ отъ 200 до 250 километровъ.

§ 105. **Рефракція**. Воздухъ, подобно всѣмъ прозрачнымъ тѣламъ, обладаетъ свойствомъ преломлять проходящіе черезъ него лучи свѣта, иначе говоря, онъ даетъ этимъ лучамъ другое направленіе. Вслѣдствіе этого, солнце и вообще всѣ небесныя свѣтила мы видимъ не на тѣхъ мѣстахъ, которыя они занимаютъ въ дѣйствительности.

Чтобы опредѣлить, насколько лучи свѣта, при прохожденіи черезъ земную атмосферу, отклоняются отъ ихъ истиннаго направленія, допустимъ, согласно съ ученіемъ о равновѣсіи жидкостей, что атмосфера, въ состояніи покоя, представляетъ рядъ сферическихъ слоевъ, концентрическихъ съ поверхностью земного шара, и что плотность воздуха, въ различныхъ точкахъ одного и того же слоя одинаковая, при переходѣ отъ одного слоя къ другому уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ поверхности земли.

Если C есть центръ земли (рис. 71), B—положеніе наблюдателя на ея поверхности и S—какая-нибудь звѣзда, то лучъ свѣта Ss, идущій отъ этой звѣзды, встрѣчая въ точкѣ s первый изъ концентрическихъ слоевъ воздуха, преломляется и вслѣдствіе этого приближается къ линіи Cs, перпендикулярной къ поверхности слоя. На основаніи извѣстнаго закона физики, лучъ свѣта, послѣ преломленія остается въ той же самой вертикальной плоскости, въ которой онъ находился и до преломленія. Поэтому, вслѣдствіе преломленія из-

*) Теперь подобные опыты производятся ежегодно учеными различныхъ государствъ, причемъ воздушные шары съ самопишущими метеорологическими инструментами пускаются одновременно изъ различныхъ городовъ Европы. Россія также принимаетъ участіе въ этихъ совмѣстныхъ опытахъ. *Переводчикъ.*

мѣняется только зенитное разстояніе звѣзды, но не азимутъ (Введ., § 8). Во всякомъ случаѣ это измѣненіе крайне незначительно, потому что какъ толщина, такъ и плотность перваго слоя воздуха весьма малы. Но, при переходѣ изъ перваго слоя во второй, лучъ свѣта снова преломляется, и такъ какъ то-же самое происходитъ и во всѣхъ послѣдующихъ слояхъ атмосферы, то, вслѣдствіе всѣхъ этихъ преломленій, лучъ свѣта Ss, который, до вступленія въ земную атмосферу, былъ прямолинейнымъ, при прохожденіи черезъ нее, т. е. на пространствѣ отъ точки s до точки B, обращается въ вогнутую со стороны земли кривую линію sB. Но такъ какъ всякій предметъ мы видимъ въ томъ направленіи, которое имѣетъ идущій отъ него лучъ свѣта, въ моментъ своего вступленія въ глазъ наблюдателя, то отсюда слѣдуетъ, что наблюдатель B усматриваетъ звѣзду S, по направленію касательной къ кривой линіи sB въ послѣдней ея точкѣ, иначе говоря—по направленію прямой $Bs'S'$, т. е. ближе къ зениту Z, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы преломленія вовсе не существовало. Линія Ss, т. е. то направленіе, по которому свѣтъ отъ звѣзды S достигъ бы земли, если бы эта послѣдняя не была окружена атмосферой, при своемъ продолженіи по другую сторону отъ точки s, пересѣкается съ линіей $Bs'S'$ въ точкѣ n, а съ поверхностью земли въ точкѣ D. Получающійся черезъ это уголъ BnD представляетъ отклоненіе свѣтового луча отъ истиннаго его направленія, происходящее вслѣдствіе преломленія въ земной атмосферѣ; этотъ уголъ BnD называется рефракціей видимаго зенитнаго разстоянія звѣзды S.

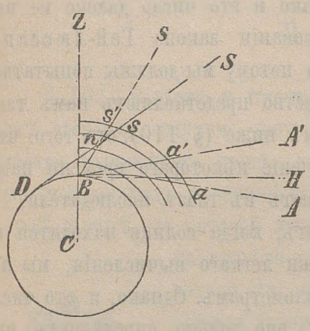


Рис. 71.

Величина угла BnD или рефракція звѣзды S для любого зенитнаго разстоянія опредѣляется на основаніи законовъ физики и правилъ геометріи. Само собой разумѣется, что опредѣленіе величины рефракціи представляетъ огромную важность для практической астрономіи, такъ какъ рефракція оказываетъ вліяніе на всѣ безъ исключенія наши наблюденія, и мы ни для какого небеснаго тѣла не можемъ указать истиннаго положенія, занимаемаго имъ въ небесномъ пространствѣ, если раньше не освободимся отъ этого оптическаго обмана.

Къ сожалѣнію, весьма трудно получить вполнѣ точное рѣшеніе нашей задачи. Мы уже выше (§ 104) сказали, что намъ далеко еще неизвѣстенъ тотъ законъ, по которому измѣняются, съ измѣненіемъ высоты надъ поверхностью земли, температура и плотность воздуха, оказывающія огромное вліяніе на величину рефракціи. Въ самомъ дѣлѣ, наивысшая изъ извѣстныхъ до сихъ поръ горъ, Гауризанкаръ въ Гималаяхъ, возвышается на 8850 метр. надъ уровнемъ моря (§ 5); наибольшая высота, до которой достигали до сихъ поръ воздушные шары, снабженные самопишущими приборами, составляетъ 16000 метровъ. Но эти высоты слишкомъ малы, какъ мы видѣли выше, въ сравненіи съ высотой нашей атмосферы, и потому понятно, что на основаніи нашихъ метеорологическихъ наблюденій и опытовъ мы не можемъ составить себѣ вѣрнаго представленія о строеніи высшихъ слоевъ земной атмосферы. Къ этому надо прибавить, что даже въ одномъ и томъ же мѣстѣ температура и плотность воздуха и, вслѣдствіе этого, его преломляющая сила и величина рефракціи постоянно подвержены нѣкоторымъ колебаніямъ. Но не смотря на всѣ эти затрудненія, бо́льшая часть существующихъ теорій рефракціи достаточно хорошо удовлетворяетъ самымъ точнымъ наблюденіямъ нашего времени. Для облегченія вычисленій построены особыя таблицы рефракціи, изъ которыхъ весьма легко можно получить величину рефракціи для любого зенитнаго разстоянія. Прибавляя взятую изъ таблицъ рефракцію къ наблюдаемому зенитному разстоянію звѣзды, мы получаемъ ея истинное зенитное разстояніе, т. е. такое, которое мы опредѣлили бы изъ наблюденій въ томъ случаѣ, если бы

земля не была окружена атмосферой и, слѣдовательно, если бы мы усматривали всѣ свѣтила въ тѣхъ самыхъ точкахъ небесной сферы, которыя они занимаютъ въ дѣйствительности. Ниже дана таблица рефракціи въ сокращенномъ видѣ.

Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.	Набл. зенитное разст.	Рефр.
0^0	$0'\ 0''$	30^0	$0'33''$	60^0	$1'40''$	86^0	$11'39''$
5	0 5	35	0 41	65	2 4	87	14 15
10	0 10	40	0 49	70	2 38	88	18 9
15	0 16	45	0 58	75	3 33	89	24 25
20	0 21	50	1 9	80	5 16	90	34 54
25	0 27	55	1 23	85	9 47	—	—

Считаемъ не лишнимъ привести здѣсь еще слѣдующіе законы рефракціи:

1) Для звѣздъ, находящихся въ зенитѣ наблюдателя, рефракція равна нулю.

2) Чѣмъ больше зенитное разстояніе звѣзды, тѣмъ больше рефракція. Для звѣздъ, находящихся на горизонтѣ наблюдателя, рефракція достигаетъ, круглымъ числомъ, $35'$.

3) Рефракція не зависитъ отъ разстоянія свѣтилъ до земли, такъ какъ всѣ небесныя тѣла лежатъ весьма далеко за предѣлами нашей атмосферы, рефракція же обусловливается исключительно существованіемъ этой послѣдней.

4) Рефракція измѣняется съ измѣненіемъ состоянія атмосферы и въ особенности съ измѣненіемъ плотности и температуры воздуха. Поэтому къ величинѣ рефракціи, получаемой изъ таблицъ, необходимо всегда прибавлять еще двѣ поправки, изъ которыхъ одна зависитъ отъ показанія барометра во время наблюденія, а другая отъ показанія термометра. Всякая таблица рефракціи соотвѣтствуетъ нѣкоторому опредѣленному состоянію атмосферы. Предыдущая таблица, напр., справедлива только при 752 миллиметрамъ барометрическаго давленія и при $+ 10^\circ$ температуры по стоградусному термометру.

§ 106. **Рефракція въ горизонтѣ.** Когда солнце A (рис. 71) находится еще подъ горизонтомъ BH наблюдателя, помѣщающагося въ B, и, слѣдовательно, должно было бы оставаться для него невидимымъ, идущій отъ солнца лучъ свѣта Aa, встрѣчая въ точкѣ a земную атмосферу, проходитъ черезъ эту послѣднюю, вслѣдствіе преломленія, по кривой линіи aB, и наблюдатель видитъ солнце по направленію послѣдней касательной къ этой кривой, т. е. на высотѣ HBA' надъ своимъ горизонтомъ.

Поэтому, въ любой точкѣ земного шара наблюдателю кажется, что солнце восходитъ раньше и заходитъ позже, чѣмъ оно въ дѣйствительности проходитъ черезъ плоскость горизонта въ этой точкѣ. Такимъ образомъ, вслѣдствіе рефракціи увеличивается продолжительность дня, что является большимъ благодѣяніемъ особенно для странъ холоднаго пояса, гдѣ, вслѣдствіе этого, разница между кажущимся и дѣйствительнымъ пребываніемъ солнца надъ плоскостью горизонта составляетъ нѣсколько дней и иногда даже нѣсколько недѣль. Такъ, голландскіе мореплаватели въ 1596 году на Новой Землѣ, подъ 76^0 сѣверной широты, замѣтили появленіе солнца надъ плоскостью горизонта, впервые послѣ продолжительной ночи, на цѣлыхъ 17 дней раньше, чѣмъ этого можно было ожидать на основаніи вычисленій. Еще Кеплеръ замѣтилъ, что въ этомъ случаѣ солнце находилось въ 5^0 подъ плоскостью горизонта; рефракція же въ горизонтѣ, какъ мы знаемъ (§ 105), составляетъ лишь $35'$, что въ девять разъ меньше только что приведенной величины. Поэтому, если наблюденіе голландскихъ моряковъ достовѣрно, то такого рода явленіе мы должны объяснить очень низкой температурой.

Значительной величиной рефракціи въ горизонтѣ объясняется также эллиптическая форма солнца и луны во время восхода или заката этихъ свѣтилъ. Если солнце только что взошло, и его нижній край находится еще на горизонтѣ, то этотъ край видимымъ образомъ повышается, вслѣдствіе рефракціи, на $35'$ (§ 105). Верхній же край солнца, вы-

сота котораго надъ горизонтомъ въ тотъ же самый моментъ составляетъ уже 32′, повышается, отъ той же причины, только на 29′, такъ что высшая и низшая точки солнечнаго диска сближаются дѣйствіемъ рефракціи, на цѣлыхъ 6′, между тѣмъ какъ на наиболѣе удаленныя другъ отъ друга точки восточнаго и западнаго краевъ солнца рефракція оказываетъ одинаковое вліяніе, и потому взаимное разстояніе между этими точками не измѣняется. Такимъ образомъ, сжатіе солнечнаго диска при восходѣ или закатѣ солнца настолько значительно, что оно всякому бросается въ глаза (рис. 72). Сжатіе солнечнаго диска, когда солнце находится вблизи горизонта, впервые правильно объяснилъ дѣйствіемъ рефракціи арабскій астрономъ Альхазенъ въ 1100 г. послѣ Р. Хр.

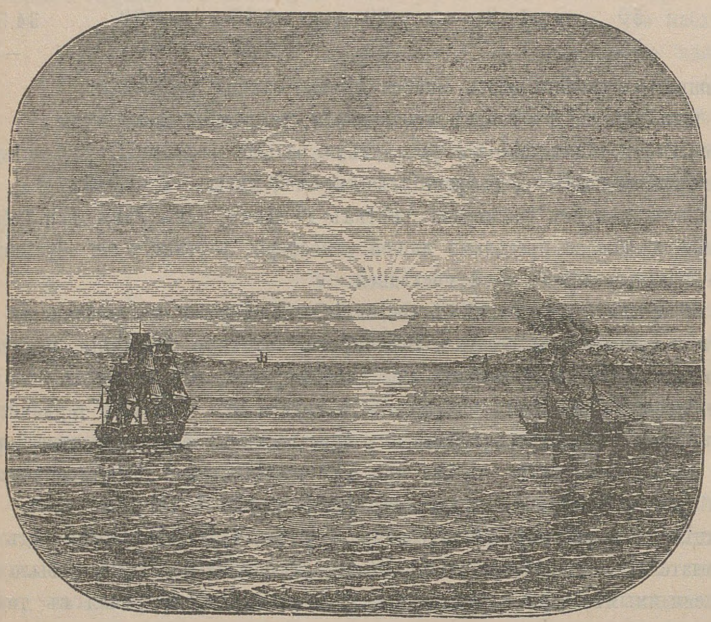


Рис. 72.

Подобнымъ же образомъ, при лунныхъ затмѣніяхъ, наблюдаемыхъ при восходѣ или закатѣ луны, вслѣдствіе дѣйствія рефракціи, какъ луна, такъ и солнце представляются наблюдателю находящимися надъ горизонтомъ, хотя на самомъ дѣлѣ линіи, идущія отъ наблюдателя къ центрамъ обоихъ этихъ свѣтилъ, образуютъ уголъ, равный 180°. Правильное объясненіе этого явленія впервые была дано математикомъ Клеомедомъ, жившимъ, насколько намъ извѣстно, въ четвертомъ или пятомъ столѣтіи послѣ Р. Хр.

§ 107. **Мерцаніе звѣздъ.** Преломленіе и разсѣяніе свѣта въ нашей атмосферѣ являются также причиной всѣмъ извѣстнаго явленія, именно такъ называемаго мерцанія звѣздъ. Явленіе это состоитъ въ періодическомъ измѣненіи цвѣта звѣздъ, въ связи съ внезапнымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ ихъ яркости, причемъ сильнѣе всего мерцаютъ звѣзды, находящіяся вблизи горизонта. Араго дѣлалъ попытки объяснить это явленіе интерференціей (часть II, § 5), вслѣдствіе которой исходящіе изъ какой-нибудь свѣтящейся точки лучи свѣта, проходя черезъ весьма различные въ оптическомъ отношеніи слои земной атмосферы, оказываютъ вліяніе другъ на друга. Монтиньи и Фуко, напротивъ того, видятъ въ мерцаніи звѣздъ простое явленіе свѣторазсѣянія въ земной атмосферѣ; періодичность же этого явленія обусловливается, по ихъ мнѣнію, воздушными теченіями, которыя, вмѣстѣ съ тѣмъ, усиливаютъ мерцаніе звѣздъ. Справедливость этого объясненія подтверждается, по мнѣнію Ліандрье, извѣстнымъ явленіемъ, состоящимъ въ томъ, что небольшой бѣлый камешекъ на днѣ быстро текущаго ручья, при солнечномъ освѣщеніи, также сильно мерцаетъ. Въ пользу этого объясненія говоритъ также замѣченное Кемтцемъ обстоятельство, что сильное мерцаніе звѣздъ очень часто предвѣщаетъ наступленіе бури. Наконецъ, Респиги объясняетъ мерцаніе звѣздъ тѣмъ, что лучъ свѣта, идущій къ намъ отъ одной и той-же

звѣзды, проходитъ, вслѣдствіе вращенія земли вмѣстѣ съ ея атмосферой, послѣдовательно черезъ различные, смѣняющіе другъ друга слои воздуха, которые обладаютъ неодинаковой преломляющей силой.

Справедливость этого объясненія доказалъ въ 1882 году профессоръ Экснеръ при помощи длиннаго ряда наблюденій, произведенныхъ на Вѣнской обсерваторіи, причемъ онъ объяснилъ всѣ довольно сложныя подробности этого явленія. Впрочемъ, Монтиньи пришелъ къ убѣжденію, что звѣзды, въ спектрѣ которыхъ замѣчается большое число темныхъ линій, мерцаютъ менѣе другихъ. Точно также, по изслѣдованіямъ Дюфура оказывается, что самое слабое мерцаніе наблюдается у красныхъ звѣздъ. Отсюда приходится заключить, что мерцаніе звѣздъ зависитъ также отъ ихъ физическихъ свойствъ. Замѣчательно еще то, что планеты мерцаютъ гораздо слабѣе, чѣмъ звѣзды, такъ что по одному этому первыя можно отличить отъ послѣднихъ *).

§ 108. **Земная рефракція.** Изъ предыдущаго мы знаемъ, что лучъ свѣта, идущій въ воздухѣ отъ какой-нибудь одной точки къ другой и встрѣчающій поверхности концентрическихъ слоевъ земной атмосферы по направленію, отличному отъ перпендикуляра къ этимъ поверхностямъ, преломляется и, вслѣдствіе этого, на пути между упомянутыми точками имѣетъ видъ кривой линіи. Такъ какъ это относится не только къ небеснымъ предметамъ, лежащимъ внѣ нашей атмосферы, но и ко всѣмъ тѣламъ, находящимся въ самой атмосферѣ, то мы видимъ также всѣ земные предметы, какъ-то: вершины горъ, верхушки башенъ и т. д., не на тѣхъ мѣстахъ, на которыхъ они представлялись бы нашему глазу, если бы земля не была окружена воздухомъ. Это измѣненіе въ положеніи земныхъ предметовъ, обусловливаемое присутствіемъ атмосферы, и называется земной рефракціей. Земная рефракція въ большинствѣ случаевъ, особенно, если наблюдаемый предметъ находится недалеко отъ насъ, гораздо меньше астрономической рефракціи, такъ какъ лучъ свѣта отъ какого-нибудь земного предмета проходитъ лишь нѣкоторую, обыкновенно весьма незначительную часть атмосферы, между тѣмъ какъ лучи, идущіе отъ небесныхъ свѣтилъ, должны пройти черезъ всю атмосферу, отъ одной ея границы до другой. Наблюденія показываютъ, что для не очень большихъ разстояній можно принять, что земная рефракція равна числу 0,0025, умноженному на число метровъ, заключающихся въ разстояніи между наблюдателемъ и наблюдаемымъ земнымъ предметомъ. Такъ напримѣръ, если предметъ отстоитъ отъ насъ на 2000 метровъ, то земная рефракція составляетъ 5″.

§ 109. **Отраженіе солнечныхъ лучей атмосферой.** Если пропустить черезъ узкое отверстіе оконнаго ставня солнечный лучъ въ темную, со всѣхъ сторонъ закрытую комнату, то этотъ лучъ представляется нашимъ глазамъ въ видѣ свѣтлой золотой нити, проходящей черезъ всю длину комнаты; но, кромѣ того, и вся комната слабо освѣщается этимъ лучемъ, такъ что мы можемъ различать очертанія предметовъ, находящихся въ комнатѣ. Это происходитъ отъ того, что частицы воздуха, черезъ который лучъ свѣта проходитъ, отбрасываютъ свѣтъ во всѣ стороны, и свѣтъ, такимъ образомъ, падаетъ на сосѣдніе предметы и отъ нихъ снова направляется въ нашъ глазъ. То-же самое явленіе имѣетъ мѣсто, еще въ большей степени, для всѣхъ частей земли, которыя освѣщаются солнцемъ, находящимся надъ ихъ горизонтомъ: всѣ частицы воздуха, а также носящіяся въ атмосферѣ облака и туманъ, подобно безчисленному множеству зеркалъ, отражаютъ во всѣ стороны падающій на нихъ солнечный свѣтъ, такъ что отъ всякой точки, находящейся на поверхности земли или надъ нею, лучи свѣта направляются ко всякой другой подобной-же точкѣ, и потому въ любой точкѣ атмосферы, такъ сказать, перекрещивается безчисленное множество свѣтовыхъ лучей. Если бы земля не была окружена атмосферой, или если бы частицы воздуха, а также и всѣ остальныя тѣла не обладали свойствомъ отражать свѣтовые лучи по всѣмъ

*) Подробности объ этомъ интересномъ явленіи изложены въ русскомъ изданіи «Общаго землевѣдѣнія» Ганна («Библіотека Естествознанія»). *Ред.*

направленіямъ, то мы видѣли бы только тѣ предметы, которые освѣщаются непосредственно солнцемъ, и, наоборотъ, всѣ такіе предметы, на которые лучи солнца прямо не падаютъ, казались бы намъ совершенно темными. Каждое маленькое облачко, проходящее между солнцемъ и нами и скрывающее, такимъ образомъ, отъ насъ дневное свѣтило, погружало бы насъ въ глубокій мракъ ночи; звѣзды были бы видны днемъ вблизи солнца; тѣ части небесной сферы, на которыхъ нѣтъ звѣздъ, казались бы намъ совершенно черными; въ нашихъ жилищахъ царила бы непроницаемая темнота въ теченіе всего того времени, когда ихъ внутренность не освѣщается непосредственно черезъ окна лучами солнца; наконецъ, послѣ весьма темной ночи наступалъ бы сразу самый свѣтлый день, и, наоборотъ, дневной свѣтъ смѣнялся бы, также внезапно, глубокимъ мракомъ ночи. Всѣ эти обстоятельства оказали бы, безъ сомнѣнія, весьма вредное вліяніе на насъ и на нашу жизнь.

§ 110. **Сумерки.** Наша атмосфера оказываетъ намъ весьма важную услугу по отношенію къ освѣщенію земли. Съ одной стороны, вслѣдствіе преломленія лучей свѣта въ атмосферѣ, солнце кажется намъ, какъ мы видѣли выше (§ 106), находящимся надъ горизонтомъ въ теченіе нѣкотораго времени какъ до своего появленія изъ за горизонта, такъ и послѣ исчезновенія подъ нимъ, и черезъ это значительно увеличивается продолжительность дня, въ особенности на земныхъ параллеляхъ, болѣе близкихъ къ полюсамъ. Съ другой стороны, даже и тогда, когда солнце, до своего восхода или послѣ заката, находится настолько низко, что не можетъ быть повышено дѣйствіемъ рефракціи до плоскости горизонта, все же мы получаемъ, благодаря нашей атмосферѣ, по крайней мѣрѣ нѣкоторую часть солнечнаго свѣта, вслѣдствіе чего въ теченіе первыхъ и послѣднихъ часовъ ночи бываетъ довольно свѣтло. Это явленіе извѣстно подъ названіемъ сумерекъ. Во время сумерекъ земля освѣщается такъ называемымъ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ, т. е. тѣми солнечными лучами, которые даже тогда, когда солнце находится подъ горизонтомъ, освѣщаютъ высшіе слои атмосферы и плавающія въ воздухѣ облака и, отражаясь отъ нихъ, какъ отъ зеркала, направляются къ поверхности земли и служатъ причиной того, что въ началѣ и въ концѣ ночи бываетъ свѣтло. Это явленіе впервые правильно объяснилъ Альхазенъ, имя котораго мы уже упоминали раньше (§ 106).

Благодаря сумеркамъ, въ любомъ мѣстѣ земного шара, послѣ захода солнца, солнечные лучи, отражаясь отъ верхнихъ слоевъ атмосферы, освѣщаютъ еще значительную часть западнаго небосклона. Вслѣдствіе суточнаго вращенія земли, данное мѣсто на земной поверхности все болѣе и болѣе перемѣщается съ запада на востокъ и, слѣдовательно, все болѣе и болѣе удаляется отъ солнца, а вмѣстѣ съ тѣмъ все меньшая и меньшая часть неба на западѣ освѣщается солнечными лучами; это продолжается до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, не исчезнетъ изъ глазъ наблюдателя послѣдняя свѣтлая точка въ этомъ мѣстѣ неба, и только тогда наступаетъ темная ночь.

Обыкновенно принимаютъ, что сумерки начинаются и кончаются въ тотъ моментъ, когда солнце находится въ 18^0 подъ плоскостью горизонта *). Въ средней Германіи наименьшая продолжительность сумерекъ составляетъ 2^h, что бываетъ въ началѣ марта и въ серединѣ октября; съ середины же мая до конца іюля сумерки продолжаются въ этихъ странахъ почти всю ночь, такъ какъ въ это время тамъ даже въ полночь солнце понижается, самое большое, на 18^0 подъ плоскостью горизонта. Въ высшихъ широтахъ продолжительность сумерекъ гораздо больше. На полюсахъ сумерки, какъ въ началѣ длинной темной полярной ночи, такъ и въ концѣ ея, продолжаются приблизительно 50 дней, вслѣдствіе чего тамъ сплошная ночь тянется не полгода, а собственно только 3 мѣсяца.

Отъ астрономическихъ сумерекъ слѣдуетъ отличать такъ называемыя гражданскія сумерки, которыя вечеромъ кончаются тогда, когда въ довольно свѣтлыхъ квартирахъ приходится зажигать огонь; начало-же гражданскихъ сумерекъ утромъ совпадаетъ съ тѣмъ моментомъ,

*) См. книгу, цитированную въ выноскѣ на стр. 157. *Ред.*

когда въ квартирахъ уже можно обходиться безъ огня. Не претендуя на большую точность, можно принять, что въ это время пониженіе солнца подъ плоскостью горизонта составляетъ $7^0 45'$. Такимъ образомъ, гражданскія сумерки гораздо короче астрономическихъ. Въ средней Германіи наименьшая продолжительность гражданскихъ сумерекъ, именно въ мартѣ и октябрѣ, составляетъ только 40^m; въ разгарѣ же лѣта, т. е. въ серединѣ іюня, сумерки продолжаются приблизительно часъ.

Впрочемъ, наши свѣдѣнія о сумеркахъ еще очень недостаточны, и потому весьма желательны, какъ показалъ Шмидтъ въ Аѳинахъ, различныя изслѣдованія для пополненія этихъ свѣдѣній.

§ 111. **Поглощеніе свѣта атмосферой.** Всѣ звѣзды въ то время, когда онѣ находятся вблизи горизонта, кажутся намъ менѣе яркими, чѣмъ въ другихъ частяхъ небесной сферы, такъ что мы можемъ, напр., смотрѣть на солнце во время его восхода или заката, не опасаясь повредить себѣ глаза, между тѣмъ какъ въ полдень то-же самое солнце насъ ослѣпляетъ. Причина этого явленія, которое впервые правильно было объяснено опять Альхазеномъ, заключается въ томъ, что лучи солнца, когда это послѣднее находится вблизи горизонта, напр., въ точкѣ A (рис. 71), проходятъ въ земной атмосферѣ путь aB, между тѣмъ какъ при болѣе высокомъ положеніи солнца, напр., когда оно находится въ точкѣ S, его лучи проходятъ путь sB. Первый путь значительно длиннѣе второго, и, кромѣ того, въ первомъ случаѣ солнечные лучи проходятъ бо́льшую толщу нижнихъ слоевъ воздуха, болѣе близкихъ къ землѣ и потому болѣе плотныхъ. Вслѣдствіе всего этого, въ первомъ случаѣ, солнечный свѣтъ въ сильной степени ослабляется. Принимая яркость любого свѣтила въ томъ случаѣ, если бы земной атмосферы вовсе не существовало, за единицу, Зейдель нашелъ, что, при прохожденіи лучей этого свѣтила черезъ атмосферу, его яркость при различныхъ зенитныхъ разстояніяхъ выражается числами слѣдующей таблицы:

Зен. разст.	Яркость.	Зен. разст.	Яркость.	Зен. разст.	Яркость.
0^0	0,81	70^0	0,53	87^0	0,09
20	0,80	80	0,33	88	0,05
40	0,78	85	0,17	89	0,02
60	0,66	86	0,14	90	0,014

Поглощеніемъ свѣта въ нашей атмосферѣ объясняется также то обстоятельство, что съ высокихъ горъ мы видимъ большее число звѣздъ, чѣмъ съ лежащихъ внизу равнинъ, и всѣ звѣзды при этомъ кажутся намъ болѣе яркими, такъ какъ наиболѣе плотные слои воздуха находятся въ этомъ случаѣ ниже линіи зрѣнія. Это становится особенно замѣтнымъ, если мы при своихъ наблюденіяхъ пользуемся астрономической трубой, потому что число слабыхъ звѣздъ, видимыхъ въ одну и ту-же трубу, быстро растетъ по мѣрѣ того, какъ мы повышаемся надъ поверхностью земли. Точно также, чѣмъ выше поднимаемся мы надъ уровнемъ моря, тѣмъ болѣе темную окраску принимаетъ голубой цвѣтъ неба, и на фотографическихъ снимкахъ съ большихъ высотъ фонъ неба выходитъ почти совершенно чернымъ. Это происходитъ отъ того, что наша атмосфера поглощаетъ главнымъ образомъ фіолетовые лучи спектра (Часть II, § 7), такъ что эти послѣдніе, проходя черезъ болѣе плотные слои воздуха, прилегающіе къ земной поверхности, ослабляются значительно сильнѣе, чѣмъ красные лучи, и только на болѣе значительныхъ высотахъ ихъ дѣйствіе какъ на глазъ, такъ и на фотографическую пластинку становится все замѣтнѣе и замѣтнѣе. Это особенно бросается въ глаза при восходѣ и закатѣ солнца или луны, которыя при этомъ намъ кажутся красными, такъ какъ синіе и фіолетовые лучи, будучи поглощены плотными слоями атмосферы, не доходятъ до нашего глаза. Ланглей, на основаніи изслѣдованій, произведенныхъ имъ въ Колорадо на высотѣ болѣе, чѣмъ 4500 метровъ, надъ уровнемъ моря. даже полагаетъ, что, если-бы земля не была окружена атмосферой, и если-бы, такимъ образомъ, свѣтъ, посылаемый намъ солнцемъ, вовсе не поглощался, то голубые лучи солнеч-

наго свѣта имѣли-бы такую большую напряженность, что солнце болѣе не казалось-бы намъ бѣлымъ, а имѣло бы весьма замѣтную голубую окраску.

§ 112. **Оптическіе обманы.** Еще у Аристотеля и Плинія мы находимъ указанія на то, что размѣры солнечнаго и луннаго дисковъ во время восхода или заката этихъ свѣтилъ кажутся намъ гораздо больше, чѣмъ въ то время, когда эти свѣтила находятся на значительной высотѣ надъ горизонтомъ. То-же самое мы замѣчаемъ и относительно созвѣздій, и особенно рѣзко бросается въ глаза это явленіе относительно извѣстнаго намъ, красиваго созвѣздія большой Медвѣдицы. Это ежедневно наблюдаемое явленіе, которое еще до сихъ поръ вполнѣ удовлетворительно не объяснено, по всей вѣроятности, зависитъ заразъ отъ многихъ причинъ. Въ этомъ отношеніи на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить выше упомянутое поглощеніе лучей свѣта земной атмосферой, вслѣдствіе чего яркость солнца и луны, при ихъ восходѣ и закатѣ, меньше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда эти свѣтила находятся на нѣкоторой высотѣ надъ горизонтомъ. Но извѣстно, что въ большинствѣ случаевъ чѣмъ дальше отъ насъ находятся земные предметы, тѣмъ слабѣе они освѣщены. Это правило, выведенное изъ ежедневнаго опыта, мы переносимъ также и на небесныя свѣтила, вслѣдствіе чего эти послѣднія, при своемъ восходѣ и закатѣ, кажутся намъ болѣе удаленными отъ насъ; а такъ какъ во всѣхъ частяхъ небесной сферы мы усматриваемъ діаметры солнца или луны подъ однимъ и тѣмъ же угломъ, то намъ и представляется, что эти свѣтила, при восходѣ и закатѣ, обладаютъ бо́льшими размѣрами, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда они находятся уже на значительной высотѣ надъ горизонтомъ. Подобнымъ же образомъ, вѣроятно, слѣдуетъ объяснить фактъ, доказанный Стробантомъ при помощи опытовъ и состоящій въ томъ, что размѣры всѣхъ предметовъ, если эти послѣдніе приведены въ горизонтальное положеніе, кажутся намъ вообще болѣе значительными.

Въ связи съ этимъ находится также видимая форма небеснаго свода, на что впервые обратили вниманіе Мальбраншъ (Malebranche) и Л. Эйлеръ. Точное опредѣленіе вида неба было предпринято Р. Смитомъ, который нашелъ, что небо представляется намъ не въ видѣ полушарія, по въ видѣ свода, сильно приплюснутаго въ верхнихъ своихъ частяхъ. Такъ, напр., въ тотъ моментъ, когда намъ кажется, что луна находится какъ разъ по серединѣ между горизонтомъ и зенитомъ, и что, слѣдовательно, ея высота равняется 45^0, непосредственныя измѣренія при помощи какого-нибудь угломѣрнаго инструмента даютъ для этой высоты, какъ показалъ Р. Смитъ, только 23^0, и, такимъ образомъ, истинная высота составляетъ лишь половину той высоты, которую мы опредѣляемъ по оцѣнкѣ на глазъ. Отсюда, при помощи небольшого вычисленія, можно вывести, что вертикальный радіусъ небеснаго свода намъ кажется въ $3^1/_3$ раза меньше горизонтальнаго радіуса. Положимъ, что $ADBE$ (рис. 34, стр. 75) представляетъ земной шаръ, A—ту точку, въ которой находится наблюдатель, AL—горизонтъ наблюдателя и наконецъ дуга $LL'H$, центръ которой совпадаетъ съ центромъ C земли,—часть небеснаго свода. Въ такомъ случаѣ, если наблюдатель оцѣниваетъ въ 100 километровъ горизонтальное разстояніе AL отъ точки A, въ которой онъ находится, до небеснаго свода, то ему въ то-же самое время кажется, что вертикальный радіусъ этого свода, т. е. разстояніе отъ точки A до высшей его точки H, равно только 30 километрамъ. Въ 1888 и 1889 годахъ Рейманъ снова предпринялъ весьма обстоятельныя изслѣдованія относительно вида небеснаго свода, и изъ дневныхъ наблюденій, онъ нашелъ почти совершенно такой же результатъ, какъ и Смитъ; кромѣ того онъ пришелъ къ заключенію, что ночью небесный сводъ кажется намъ менѣе сплюснутымъ. Именно, намъ кажется, какъ это слѣдуетъ изъ его наблюденій, что возвышеніе свѣтила надъ горизонтомъ составляетъ 45^0 въ тотъ моментъ, когда его истинная высота равна:

днемъ	$22{,}4^0$
ночью, при лунномъ освѣщеніи . .	26,6
ночью, безъ луннаго освѣщенія . .	30,0

При оцѣнкѣ относительной яркости звѣздъ мы обыкновенно считаемъ ту звѣзду, свѣтъ которой состоитъ изъ лучей, лежащихъ ближе къ фіолетовому концу спектра (часть II, § 7), болѣе яркой, чѣмъ ту, цвѣтъ которой впадаетъ въ красный; далѣе, что касается яркихъ звѣздъ, то, при оцѣнкѣ на глазъ, мы вообще преувеличиваемъ ихъ яркость, причемъ особенно большую ошибку мы дѣлаемъ въ томъ случаѣ, если опредѣляемъ относительную яркость звѣздъ, и если звѣздой сравненія намъ служитъ какая-нибудь красная звѣзда. Такъ, напр., Юпитеръ, когда онъ находится вблизи Марса, кажется намъ въ четыре раза ярче этого послѣдняго, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ яркость Юпитера превосходитъ яркость Марса только въ два раза. Кромѣ того, яркія звѣзды обыкновенно кажутся намъ больше своей дѣйствительной величины. Это происходитъ отъ того, что свѣтъ отъ ярко освѣщенныхъ предметовъ, падая на сѣтчатую оболочку нашего глаза, вызываетъ на ней такъ называемые круги разсѣянія, вслѣдствіе чего расширяется поле свѣтового ощущенія, и самые предметы кажутся намъ тѣмъ больше, тѣмъ ярче они блестятъ. Это явленіе называется иррадіаціей. Въ хорошихъ зрительныхъ трубахъ иррадіаціи не бываетъ, и потому въ трубы мы усматриваемъ звѣзды подъ гораздо меньшимъ діаметромъ, чѣмъ при наблюденіи невооруженнымъ глазомъ, и часто приходится слышать, какъ посѣтители астрономической обсерваторіи, незнакомые съ вышеописаннымъ оптическимъ обманомъ, выражаютъ по этому поводу свое удивленіе и разочарованіе: они обыкновенно полагаютъ, что, при разсматриваніи неба въ астрономическую трубу, всѣ звѣзды должны казаться гораздо больше, чѣмъ при наблюденіи невооруженнымъ глазомъ. Изслѣдованія нѣкоторыхъ ученыхъ показали, что вслѣдствіе иррадіаціи діаметръ Юпитера представляется обыкновенному глазу въ 7 разъ, а діаметръ Венеры въ 12 разъ больше противъ той величины, которую діаметры этихъ планетъ имѣли бы, если бы иррадіаціи въ нашемъ глазу не существовало. Неподвижныя звѣзды первой величины невооруженный глазъ усматриваетъ подъ угломъ въ 3 или 4 минуты, между тѣмъ какъ, при наблюденіяхъ въ хорошую трубу, видимый діаметръ этихъ звѣздъ едва достигаетъ нѣсколькихъ секундъ. И тѣмъ не менѣе никто изъ лицъ, смотрѣвшихъ съ нѣкоторымъ вниманіемъ на небо въ астрономическую трубу, не станетъ утверждать, что труба не увеличиваетъ предметовъ, и что въ нее эти послѣдніе видны менѣе отчетливо, чѣмъ невооруженнымъ глазомъ, такъ какъ, напр., двѣ звѣзды, находящіяся весьма близко одна отъ другой и представляющіяся невооруженному глазу въ видѣ одной свѣтлой точки, въ зрительную трубу ясно усматриваются какъ двѣ точки, раздѣленныя большимъ промежуткомъ, и, кромѣ того, около этихъ двухъ звѣздъ наблюдатель замѣчаетъ въ полѣ зрѣнія трубы еще большое число другихъ звѣздочекъ, которыхъ онъ совсѣмъ не могъ замѣтить невооруженнымъ глазомъ.

По той же самой причинѣ намъ кажется, что освѣщенный серпъ луны принадлежитъ диску большихъ размѣровъ, чѣмъ прилегающая къ нему темная часть, которую можно видѣть вскорѣ послѣ новолунія (часть II, глава XI). Точно также, при затмѣніяхъ солнца и луны, остающаяся еще непокрытой свѣтлая часть диска этихъ свѣтилъ, по оцѣнкѣ на глазъ, кажется намъ гораздо больше, чѣмъ даютъ непосредственныя измѣренія.

Здѣсь, повидимому, вполнѣ умѣстно упомянуть также о слѣдующемъ явленіи, на которое указываютъ нѣкоторые наблюдатели. Иногда въ зрительную трубу можно замѣтить вблизи солнца большое число весьма яркихъ и быстро двигающихся приблизительно въ одномъ и томъ же направленіи точекъ, которыя, вообще, весьма похожи на звѣзды, во время дневныхъ наблюденій, и при видѣ которыхъ, поэтому, невольно является мысль о необыкновенно обильномъ дождѣ падающихъ звѣздъ. Во время покрытія Венеры луною, 16 іюля 1844 года, К. Литрову пришлось наблюдать подобное явленіе во всей его красѣ, причемъ онъ убѣдился, что оно обусловливалось отраженіемъ солнечныхъ лучей отъ пушистыхъ цвѣточныхъ сѣмянъ, переносимымъ на весьма значительное разстояніе дувшимъ въ то время вѣтромъ.

Точно также неоднократно приходилось наблюдать, особенно въ южной Италіи, что въ полѣ зрѣнія трубы пролетало передъ самымъ дискомъ солнца огромное число темныхъ тѣлецъ. Для нѣкоторыхъ изъ этихъ случаевъ Петерсъ доказалъ, что это были весьма удаленныя отъ наблюдателя стаи перелетныхъ птицъ. По изслѣдованіямъ Гершеля оказывается, что въ Индіи рои саранчи иногда являются причиной подобнаго же явленія.

Здѣсь же представляется вполнѣ удобный случай сказать нѣсколько словъ еще о другомъ замѣчательномъ явленіи, именно о кажущихся колебаніяхъ въ положеніи звѣздъ. Это явленіе было наблюдаемо еще А. Гумбольдтомъ въ Мальпайсъ (Malpays) на склонахъ Тенерифскаго пика и позже, въ томъ же самомъ мѣстѣ, принцемъ прусскимъ Адальбертомъ; но болѣе подробно оно было изучено только Фогелемъ во время его путешествія по Африкѣ и особенно Швейцеромъ въ Москвѣ. Изслѣдованія этого послѣдняго показали, что кажущіяся колебанія въ положеніи звѣздъ бываютъ весьма различнаго рода. Иногда наблюдателю кажется, что звѣзда описываетъ кругъ или эллипсъ большихъ или меньшихъ размѣровъ; большая ось такого эллипса можетъ доходить до нѣсколькихъ градусовъ. Иногда же звѣзда перемѣщается по прямой линіи, напр., слѣва направо или сверху внизъ, до нѣкотораго положенія, въ которомъ она нѣсколько времени стоитъ неподвижно, послѣ чего она начинаетъ двигаться въ обратномъ направленіи снова до своего начальнаго положенія. Наконецъ, иной разъ звѣзда движется по совершенно неправильной кривой линіи, состоящей изъ нѣсколькихъ завитковъ и т. п.

Наиболѣе сильныя колебанія наблюдаются въ положеніи звѣздъ, находящихся вблизи горизонта, особенно въ темную безлунную ночь. Въ этомъ случаѣ наблюдатель можетъ по своему желанію вызвать колебанія въ положеніи звѣзды, близкой къ горизонту, если будетъ смотрѣть на нее непрерывно въ теченіе долгаго времени и если, при этомъ, его глаза уже раньше были чѣмъ-нибудь утомлены. Поэтому Швейцеръ считаетъ это явленіе исключительно физіологическимъ и видитъ его причину въ чрезмѣрномъ утомленіи нашихъ глазъ. Такое объясненіе Швейцеръ считаетъ тѣмъ болѣе вѣроятнымъ, что ему неоднократно приходилось наблюдать подобныя же колебанія земныхъ предметовъ, напримѣръ, отдаленныхъ уличныхъ фонарей и т. п.

§ 113. **Зодіакальный свѣтъ.** Зодіакальнымъ свѣтомъ называется подобное млечному пути слабое сіяніе, которое можно наблюдать, въ видѣ пирамиды, при окончаніи вечернихъ сумерекъ на западной части неба и незадолго до наступленія утреннихъ сумерекъ на восточной; эта пирамида, покоясь своимъ основаніемъ на горизонтѣ, простирается приблизительно вдоль эклиптики.

Эта пирамида представляетъ собственно наиболѣе бросающуюся въ глаза и наиболѣе доступную для наблюденій часть зодіакальнаго свѣта. При благопріятныхъ обстоятельствахъ можно замѣтить вдоль эклиптики еще другое сіяніе подобнаго же вида, но гораздо меньшихъ размѣровъ и гораздо болѣе блѣдное; наиболѣе яркая часть этого сіянія занимаетъ на небесной сферѣ точку, прямо противоположную солнцу. Очень зоркій глазъ иногда замѣчаетъ еще крайне нѣжную свѣтовую полоску, соединяющую главное сіяніе зодіакальнаго свѣта съ только что упомянутымъ болѣе слабымъ, которое было открыто Брорзеномъ. Поэтому зодіакальный свѣтъ собственно представляетъ большую полосу свѣта, которая тянется вдоль всей окружности эклиптики. Въ двухъ мѣстахъ этой полосы свѣтъ достигаетъ наибольшаго напряженія: одно изъ этихъ мѣстъ совпадаетъ съ положеніемъ солнца, а другое лежитъ въ прямо противоположной ему точкѣ. Наконецъ, въ двухъ мѣстахъ, отстоящихъ отъ солнца приблизительно на 130° по окружности эклиптики въ ту и другую сторону, напряженность свѣта дѣлается наименьшей.

Наиболѣе яркая пирамида зодіакальнаго свѣта, возвышающаяся надъ горизонтомъ, въ наклонномъ къ нему положеніи, по вечерамъ на западѣ, а по утрамъ на востокѣ, въ тропическихъ странахъ можетъ быть наблюдаема почти одинаково хорошо въ теченіе цѣлаго

года. Въ среднихъ же широтахъ зодіакальный свѣтъ можно видѣть сравнительно рѣдко, такъ какъ онъ, располагаясь вдоль эклиптики, иногда занимаетъ на небесной сферѣ настолько низкое положеніе, что совершенно исчезаетъ въ туманѣ, который почти всегда бываетъ около горизонта. Это случается именно въ лѣтніе мѣсяцы, когда, къ тому-же, продолжительныя сумерки являются значительнымъ препятствіемъ для наблюденія зодіакальнаго свѣта. Вечеромъ лучше всего можно видѣть зодіакальный свѣтъ въ нашихъ широтахъ въ февралѣ и мартѣ, когда онъ круто поднимается надъ горизонтомъ въ видѣ наклоненной въ лѣвую сторону пирамиды, которая проходитъ черезъ созвѣздія Рыбъ, Кита и Овна, и вершина которой доходитъ, приблизительно до Гіадъ и Плеядъ. Утромъ лучше всего можно наблюдать зодіакальный свѣтъ, напротивъ того, въ октябрѣ, когда онъ проходитъ черезъ созвѣздія Льва, Рака и Близнецовъ.

Въ новѣйшее время неоднократно производились изслѣдованія зодіакальнаго свѣта при помощи спектральнаго анализа, и при этомъ было установлено, что его спектръ состоитъ изъ свѣтлой зеленой линіи, совпадающей, по всей вѣроятности, съ самой яркой спектральной линіей сѣвернаго сіянія, и изъ слабаго непрерывнаго спектра, рѣзко обрывающагося на красномъ краю. Къ менѣе удовлетворительнымъ результатамъ привели изслѣдованія относительно поляризаціи (часть II, § 6) зодіакальнаго свѣта. Именно, Ліэ (Liais) не могъ замѣтить въ зодіакальномъ свѣтѣ никакихъ слѣдовъ поляризаціи, между тѣмъ какъ Райтъ (Wright), который пользовался болѣе чувствительными инструментами и принялъ при своихъ наблюденіяхъ всевозможныя мѣры предосторожности, пришелъ къ заключенію, что зодіакальный свѣтъ поляризованъ въ довольно сильной степени.

Вторая, болѣе слабая пирамида зодіакальнаго свѣта легче всего можетъ быть замѣчена въ мартѣ и апрѣлѣ, когда она лежитъ въ созвѣздіяхъ Льва и Дѣвы; нѣсколько труднѣе наблюдать эту часть зодіакальнаго свѣта въ сентябрѣ и октябрѣ, когда она проходитъ черезъ созвѣздія Водолея и Рыбъ. Въ другое же время года ее весьма трудно отыскать на небесной сферѣ, такъ какъ она или занимаетъ весьма низкое положеніе, или лежитъ среди развѣтвленій млечнаго пути.

Въ среднихъ широтахъ различить ту свѣтлую полоску, которая соединяетъ главную пирамиду зодіакальнаго свѣта съ болѣе слабой его частью, можетъ лишь весьма зоркій глазъ и то только при необыкновенно прозрачномъ воздухѣ; въ тропическихъ же странахъ, какъ показали наблюденія Джонса (Jones), и эта полоска, по крайней мѣрѣ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ представляетъ явленіе, бросающееся въ глаза.

Что такое въ сущности представляетъ зодіакальный свѣтъ, это еще до сихъ поръ остается для насъ совершенно неизвѣстнымъ. До открытія второй болѣе слабой части зодіакальнаго свѣта, особенно распространена была гипотеза Кассини относительно его происхожденія. По этой гипотезѣ зодіакальный свѣтъ есть ни что иное, какъ солнечная атмосфера, имѣющая сильно приплюснутую форму и простирающаяся на далекое пространство. Въ новѣйшее время, Джонсъ и Хейсъ высказали предположеніе, что зодіакальный свѣтъ есть туманное кольцо, окружающее землю и свободно висящее въ пространствѣ между этой послѣдней и лунной орбитой. Но многія обстоятельства заставляютъ сомнѣваться въ правильности также и этой гипотезы. Наконецъ, Серпьери (Serpieri), послѣ весьма тщательнаго изученія прекрасныхъ наблюденій Джонса, пришелъ къ заключенію, что зодіакальный свѣтъ, такъ-же, какъ и сѣверное сіяніе, есть явленіе чисто земного происхожденія. Однако, и этотъ взглядъ требуетъ дальнѣйшаго подтвержденія, для чего необходимо произвести большое число наблюденій по соотвѣтственному, заранѣе выработанному плану. Замѣчательно, что такое бросающееся въ глаза явленіе впервые было наблюдаемо только въ серединѣ XVII-го столѣтія, когда на него обратилъ вниманіе Чильдрей (Childrey).

ГЛАВА XII.

Употребленіе небеснаго и земного глобусовъ и звѣздныхъ картъ.

А. Небесный глобусъ.

§ 114. Устройство небеснаго глобуса. Мы уже во введеніи (§ 3) упоминали, что, имѣя подъ руками такъ называемый глобусъ, можно скорѣе и легче составить себѣ вполнѣ наглядное представленіе о небесныхъ и земныхъ кругахъ, и что на глобусѣ различныя свойства этихъ круговъ выступаютъ гораздо яснѣе, чѣмъ на рисункахъ и чертежахъ, лежащихъ въ плоскости бумаги. Кромѣ того, при помощи глобуса рѣшаются, хотя не очень точно, но за то весьма удобно, безъ всякаго вычисленія, многія задачи, касающіяся разнообразныхъ небесныхъ явленій.

Намъ кажется вполнѣ умѣстнымъ, въ заключеніе настоящей, первой части нашихъ астрономическихъ бесѣдъ, указать главнѣйшія изъ этихъ задачъ. Такимъ образомъ, намъ придется въ краткихъ словахъ повторить многое изъ изложеннаго выше, что принесетъ, какъ мы полагаемъ, большую пользу нашимъ читателямъ, которые послѣ этого уже смѣло могутъ перейти къ чтенію второй части нашего сочиненія, заключающей въ себѣ болѣе простую и болѣе интересную, такъ называемую описательную астрономію. Изложивъ сначала, какимъ образомъ слѣдуетъ пользоваться глобусомъ, мы затѣмъ познакомимъ читателей съ звѣздными картами и со способомъ ихъ употребленія.

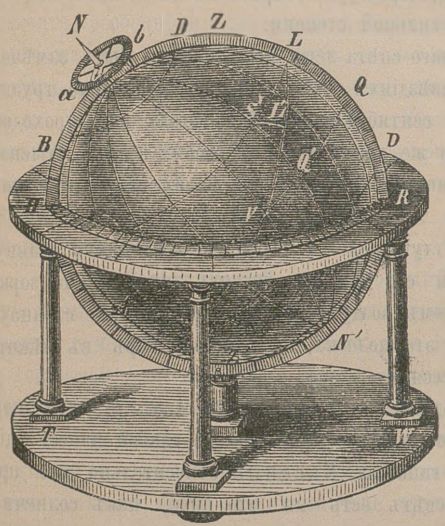


Рис. 73.

Глобусы бываютъ, какъ извѣстно, двухъ родовъ: небесные и земные. Небесный глобусъ представляетъ поверхность небесной сферы, а земной—поверхность земли. Рисунокъ 73 изображаетъ небесный глобусъ, центръ котораго предполагается совпадающимъ съ центромъ земли.

Небесный глобусъ состоитъ изъ шара, который въ двухъ прямо противоположныхъ точкахъ N и N' прикрѣпленъ штифтами къ раздѣленному на градусы металлическому кольцу $NQZ'B$, такъ что онъ можетъ свободно вращаться около линіи NN', какъ около оси. Кольцо $NQZ'B$ покоится на подставкѣ $HTRW$, верхняя часть которой оканчивается также раздѣленнымъ на градусы кольцомъ HR. Къ штифту, который проходитъ черезъ точку N и который вращается одновременно съ шаромъ, прикрѣпленъ указатель, перемѣщающійся по кругу ab, неизмѣнно связанному съ металлическимъ кольцомъ $NQZ'B$ и раздѣленному на 24 часа. Этотъ кругъ ab, ради краткости, называется розой.

Точки N и N' представляютъ полюсы міра, прямая линія NN', проходящая черезъ центръ шара,—ось міра. Въ равныхъ разстояніяхъ отъ обоихъ полюсовъ находится экваторъ AVQ (§ 5), а окружности малыхъ круговъ, проходящія черезъ точки L и D, изображаютъ небесныя параллели (§ 14). Окружность большого круга $VL'L$ представляетъ эклиптику (§ 11). Дуги $NQ'N'$, NVN', проходящія черезъ точки N и N' и, слѣдовательно, перпендикулярныя къ экватору, суть круги склоненій или часовые круги (§ 9). Пусть V есть точка весенняго равноденствія, а S'—какая-нибудь звѣзда; проведемъ, далѣе,

дугу $S'L'$, перпендикулярную къ эклиптикѣ. Въ такомъ случаѣ, VQ' есть прямое восхожденіе, $Q'S'$—склоненіе, VL'—долгота и $L'S'$—широта звѣзды S'.

Металлическое кольцо $NQZ'B$, которое при всѣхъ положеніяхъ глобуса, совпадаетъ съ какимъ-нибудь кругомъ склоненія, представляетъ меридіанъ (§ 7), а кругъ HR—горизонтъ (§ 6) наблюдателя, зенитъ и надиръ котораго находятся соотвѣтственно въ точкахъ Z и Z'. Такимъ образомъ, мы представляемъ этого наблюдателя находящимся въ высшей точкѣ земного шара, въ которой поверхность этого послѣдняго пересѣкается съ земнымъ діаметромъ, проходящимъ, при своемъ продолженіи до встрѣчи съ небесной сферой, черезъ точки Z и Z', подобно тому какъ и на самомъ дѣлѣ всякій наблюдатель воображаетъ себя находящимся въ высшей точкѣ земной поверхности.

§ 115. **Установка глобуса.** При установкѣ глобуса, такъ чтобы онъ въ данный моментъ представлялъ вѣрное изображеніе небесной сферы, или, какъ говорятъ, при его ориентировкѣ, необходимо соблюдать слѣдующія правила.

1) Прежде всего передвигаемъ металлическое кольцо $BNZQ$ внутри горизонтальнаго круга HR вверхъ или внизъ до тѣхъ поръ, пока дуга HN не сдѣлается равной высотѣ полюса надъ горизонтомъ даннаго мѣста, для чего и служатъ дѣленія кольца $BNZQ$. Вслѣдствіе этого, зенитъ Z мѣста наблюденія приходитъ въ совпаденіе съ наивысшей точкой глобуса.

2) Далѣе, отыскиваемъ въ таблицѣ, помѣщенной на горизонтальномъ кругѣ HR, долготу VL' солнца для даннаго дня; черезъ это опредѣляется та точка L' небесной сферы, въ которой въ этотъ день находится солнце. Затѣмъ вращаемъ глобусъ около оси NN' до тѣхъ поръ, пока эта точка L' не придетъ въ плоскость меридіана $NQZ'B$, оставаясь въ то же время надъ горизонтомъ HR. При этомъ положеніи глобуса, устанавливаемъ указатель розы на 0 или, что то же самое, на 12 часовъ.

3) Наконецъ, вращаемъ всю подставку вмѣстѣ съ глобусомъ до тѣхъ поръ, пока линія HR не совпадетъ приблизительно съ полуденной линіей (§ 7) мѣста наблюденія, такъ чтобы при этомъ точка H лежала къ сѣверу, а R—къ югу. Для этой цѣли къ подставкѣ глобуса обыкновенно прикрѣпляется маленькая магнитная стрѣлка, безъ которой, впрочемъ, можно весьма легко обойтись, такъ какъ эта послѣдняя ориентировка никоимъ образомъ не требуетъ большой точности.

§ 116. **Задачи, рѣшаемыя при помощи небеснаго глобуса.** I. Воспроизвести видъ небесной сферы, какъ онъ представляется наблюдателю въ данный моментъ. Въ предыдущемъ параграфѣ мы показали, какимъ образомъ ориентируется глобусъ для данной географической широты и для даннаго полудня, иначе говоря, какимъ образомъ глобусъ приводится въ такое положеніе, при которомъ изображенныя на немъ созвѣздія принимаютъ, для данной географической широты и для даннаго полудня, совершенно такое же расположеніе какъ и на небесной сферѣ. Именно, радіусъ глобуса, проходящій черезъ изображеніе какой-нибудь звѣзды на его поверхности, будучи мысленно продолженъ до пересѣченія съ небесной сферой, на поверхности этой послѣдней встрѣчаетъ звѣзду, соотвѣтствующую упомянутому изображенію. Будемъ затѣмъ вращать глобусъ около оси NN' въ направленіи съ востока на западъ, т. е. отъ Q къ V до тѣхъ поръ, пока указатель розы ab не дойдетъ послѣдовательно до 6^h, 12^h, 18^h и т. д. Въ такомъ случаѣ на глобусѣ получается изображеніе небесной сферы для даннаго мѣста соотвѣтственно для 6 часовъ вечера, для полуночи, для 6 часовъ утра и т. д.

Установивъ такимъ образомъ глобусъ для даннаго часа ночи, мы можемъ воспользоваться имъ для того, чтобы узнать названія различныхъ созвѣздій и отдѣльныхъ звѣздъ на небѣ. Для этого соединимъ, на глазъ, интересующую насъ звѣзду прямой линіей съ центромъ глобуса. Въ пересѣченіи этой линіи съ поверхностью глобуса и находится изо-

браженіе той звѣзды, названіе которой мы желаемъ знать. Такимъ образомъ, можно въ короткое время изучить все небо съ его красивыми созвѣздіями.

Кромѣ того, при помощи глобуса рѣшаются многія весьма интересныя задачи, изъ которыхъ важнѣйшія мы и разсмотримъ въ нижеслѣдующемъ изложеніи.

II. Найти околополярныя звѣзды для даннаго мѣста. Чтобы найти околополярныя звѣзды для даннаго мѣста, будемъ вращать около оси NN' глобусъ, предварительно оріентированный для этого мѣста. Такимъ образомъ тотчасъ же опредѣляются, на сѣверной части глобуса, всѣ тѣ звѣзды, которыя, при его вращеніи, никогда не исчезаютъ подъ горизонтомъ HR, а на южной тѣ, которыя постоянно остаются подъ этимъ горизонтомъ. Если мы, при вращеніи глобуса, будемъ неподвижно держать остро очиненный мѣлъ, прижавъ его къ поверхности глобуса въ тѣхъ точкахъ, гдѣ кольцо $NQZ'B$ пересѣкается съ горизонтомъ HR, то мы вычертимъ на поверхности глобуса предѣльныя небесныя параллели, по которымъ движутся въ сѣверной части глобуса звѣзды, никогда не заходящія, а въ южной—никогда не восходящія.

III. Опредѣлить положеніе планеты или солнца среди неподвижныхъ звѣздъ. Прежде всего отыщемъ въ эфемеридахъ или въ какомъ-нибудь астрономическомъ календарѣ прямое восхожденіе и склоненіе интересующей насъ планеты, а затѣмъ отмѣтимъ на глобусѣ точку, опредѣляемую этими величинами; эта точка и представитъ положеніе планеты среди неподвижныхъ звѣздъ. Такъ, напр., мы находимъ, что 18-го Августа 1894 года геоцентрическое, т. е. видимое изъ центра земли прямое восхожденіе Сатурна составляло $200^{0}20'$, а южное склоненіе его равнялось $6^{0}2'$. Отмѣчая на глобусѣ точку, опредѣляемую этими величинами, мы убѣждаемся, что въ этотъ день Сатурнъ усматривался съ земли въ созвѣздіи Дѣвы, именно на 4^{0} сѣвернѣе Спики, самой яркой звѣзды этого созвѣздія.

Совершенно также опредѣляется и положеніе солнца среди неподвижныхъ звѣздъ. Но на горизонтальномъ кругѣ HR глобуса обыкновенно помѣщается таблица, въ которой дается долгота солнца на каждый день, такъ что въ этомъ случаѣ можно и не прибѣгать къ помощи эфемеридъ или астрономическаго календаря.

IV. Зная прямое восхожденіе и склоненіе какого-нибудь свѣтила, найти его долготу и широту. Чтобы по величинамъ, опредѣляющимъ положеніе какого-нибудь свѣтила относительно экватора, найти величины, опредѣляющія его положеніе относительно эклиптики, выгодно имѣть особую раздѣленную на градусы и сдѣланную изъ тонкой жести дугу, радіусъ которой равенъ радіусу глобуса, такъ что ее можно приводить въ совпаденіе съ окружностью любого большого круга на глобусѣ. За неимѣніемъ такой дуги, можно воспользоваться также раздѣленной на градусы, узкой полоской бумаги, которая располагается по окружности большого круга, если ее плотно приложить къ поверхности глобуса.

Въ предыдущемъ примѣрѣ, прямое восхожденіе Сатурна составляло $200^{0}20'$, а южное склоненіе равнялось $6^{0}2'$. Если мы наложимъ выше упомянутую полоску бумаги на поверхность глобуса, такъ чтобы она проходила черезъ точку, опредѣляемую этими величинами, и черезъ полюсъ эклиптики, то она приметъ положеніе, перпендикулярное къ эклиптикѣ (Введ. § 2). Въ такомъ случаѣ, отсчетъ, сдѣланный на глобусѣ при той точкѣ эклиптики, въ которой эта послѣдняя пересѣкается съ полоской бумаги, выразитъ долготу, а отсчетъ, сдѣланный на самой полоскѣ при той ея точкѣ, которая совпадаетъ съ положеніемъ планеты, широту Сатурна. Въ нашемъ примѣрѣ мы находимъ, что долгота Сатурна составляетъ $131^{0}41'$, а сѣверная широта его равняется $0^{0}41'$.

Подобнымъ же образомъ можно и обратно, зная долготу и широту свѣтила, найти его прямое восхожденіе и склоненіе.

V. Опредѣлить время восхода и захода солнца. Оріентировавъ глобусъ для данной географической широты и для полудня даннаго числа по правиламъ, изложеннымъ

въ § 115, будемъ вращать его около оси NN', съ запада на востокъ, до тѣхъ поръ пока та точка эклиптики, въ которой въ этотъ день находится солнце, не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца HR. Въ этомъ положеніи глобуса, отсчетъ, противъ котораго стоитъ указатель розы ab, выражаетъ время восхода солнца. Одновременно съ этимъ, на горизонтальномъ кольцѣ HR глобуса можетъ быть отсчитано угловое разстояніе той точки, въ которой въ этотъ день восходитъ солнце, отъ истинной точки востока. Совершенно такимъ-же образомъ, вращая глобусъ около оси NN' съ востока на западъ, мы опредѣлимъ время захода солнца. Такъ, 1 Мая 1894 года долгота солнца составляла $41^\circ 2'$; поэтому, въ Вѣнѣ въ этотъ день время восхода солнца равнялось $4^h 46^m$ утра, а время захода— $7^h 11^m$ вечера. Кромѣ того, угловое разстояніе между тѣми точками горизонта, въ которыхъ солнце восходило и заходило въ этотъ день, и истинными точками востока и запада получается равнымъ $21^\circ 30'$.

VI. Опредѣлить времена кульминаціи, восхода и захода какого-нибудь свѣтила. Ориентировавъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115, и отыскавъ на немъ положеніе даннаго свѣтила (смотри задачу III), будемъ вращать глобусъ около оси NN' до тѣхъ поръ, пока та его точка, которая представляетъ положеніе свѣтила, не придетъ въ плоскость кольца $NZQZ'$, оставаясь вмѣстѣ съ тѣмъ надъ горизонтомъ HR. Отсчетъ, сдѣланный, при этомъ положеніи глобуса, на розѣ ab, выражаетъ время кульминаціи свѣтила (Введ. § 16). Если мы будемъ вращать глобусъ около оси NN' до тѣхъ поръ, пока точка, представляющая на поверхности глобуса положеніе свѣтила, не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца HR, одинъ разъ на восточной части глобуса, другой разъ на западной, то мы, подобнымъ же образомъ, получимъ время восхода и захода свѣтила. Для примѣра, найдемъ для Вѣны времена кульминаціи, восхода и захода луны 11 мая 1834 года. Въ этотъ день долгота солнца была $50^\circ 24'$; прямое восхожденіе луны въ полдень равнялось $79^\circ 28'$, а сѣверное склоненіе ея $22^\circ 30'$. На основаніи этихъ данныхъ находимъ, что въ Вѣнѣ въ этотъ день луна проходила черезъ меридіанъ или иначе говоря, кульминировала въ $2^h 6^m$ пополудни, время ея восхода равнялось $6^h 24^m$ утра и время захода $10^h 38^m$ вечера.

VII. Опредѣлить день, когда восходъ и заходъ данной звѣзды будутъ космическими. Если въ какой-нибудь день года данная звѣзда восходитъ и заходитъ одновременно съ солнцемъ, то ея восходъ и заходъ называются космическими.

Чтобы опредѣлить, въ какой день для даннаго мѣста земной поверхности восходъ и заходъ данной звѣзды будутъ космическими, станемъ вращать глобусъ, ориентированный для данной географической широты, около оси NN' до тѣхъ поръ, пока интересующая насъ звѣзда не придетъ въ плоскость горизонтальнаго кольца HR, оставаясь при этомъ на восточной части глобуса, и затѣмъ замѣтимъ отсчетъ при той точкѣ эклиптики, которая, одновременно со звѣздой, лежитъ въ плоскости горизонта HR и также на восточной сторонѣ глобуса. Этотъ отсчетъ выражаетъ долготу солнца для того дня, когда звѣзда восходитъ въ одно время съ солнцемъ. Поэтому, пользуясь астрономическимъ календаремъ или таблицей, помѣщенной на горизонтальномъ кольцѣ HR глобуса, мы безъ труда опредѣлимъ искомый день, когда восходъ и заходъ звѣзды будутъ космическими. Замѣчая отсчетъ при той точкѣ эклиптики, которая, находясь одновременно со звѣздой въ плоскости горизонта HR, лежитъ на западной части глобуса, мы опредѣлимъ, подобнымъ же образомъ, тотъ день, когда восходъ и заходъ звѣзды будутъ, какъ говорятъ, ахроническими.

VIII. Опредѣлить высоту и азимутъ звѣзды для даннаго мѣста и для даннаго момента. Ориентировавъ глобусъ для данной географической широты и для даннаго часа (см. задачу I), наложимъ на его поверхность упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она, проходя черезъ звѣзду, азимутъ и высоту которой мы хотимъ опредѣлить, и черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ наблюдателя, была пер-

перпендикулярна къ горизонту HR. Въ такомъ случаѣ, отсчетъ при той точкѣ горизонта, въ которой этотъ послѣдній пересѣкается съ бумажной полоской, выразитъ азимутъ звѣзды, а отсчетъ, сдѣланный на самой полоскѣ,—ея высоту (Введ. § 8).

IX. Найти звѣздное время, соотвѣтствующее данному среднему. Ориентировавъ глобусъ для данной географической широты и для даннаго средняго времени (см. задачу I), сдѣлаемъ отсчетъ при той точкѣ экватора, которая лежитъ въ плоскости кольца $NZQZ'$, оставаясь вмѣстѣ съ тѣмъ надъ горизонтомъ HR. Этотъ отсчетъ и выражаетъ звѣздное время, соотвѣтствующее данному среднему. Такъ, напр., мы находимъ, что 1 мая для четырехъ часовъ пополудни средняго вѣнскаго времени упомянутый отсчетъ равенъ $98^0 45'$. Это есть такъ называемое прямое восхожденіе зенита мѣста наблюденія; обращая его во время (Введ. § 1), находимъ, что искомое звѣздное время равно $6^h 35^m$.

X. Найти день, когда солнце восходитъ и заходитъ въ опредѣленное, заранѣе заданное время. Положимъ, напр., что требуется узнать, въ какой день солнце въ Вѣнѣ заходитъ въ 5^h. Ориентировавъ глобусъ для географической широты Вѣны, приведемъ какой-нибудь кругъ склоненій въ плоскость кольца $NZQZ'$ и поставимъ указатель розы ab на 12^h. Затѣмъ станемъ вращать глобусъ около оси NN', съ востока на западъ, до тѣхъ поръ, пока указатель розы не передвинется на 5^h, и замѣтимъ ту точку вышеупомянутаго круга склоненій, которая, при этомъ положеніи глобуса, лежитъ въ плоскости горизонта HR. Очевидно, что солнце заходитъ въ 5^h тогда, когда его склоненіе равно склоненію этой точки. Поэтому, повернемъ глобусъ около оси, съ запада на востокъ, такъ чтобы эта точка снова пришла въ плоскость кольца $NZQZ'$, на которомъ мы и можемъ непосредственно отсчитать ея склоненіе. Въ нашемъ случаѣ южное склоненіе этой точки получается равнымъ $12^0 54'$. Затѣмъ, вращеніемъ глобуса, приведемъ въ плоскость кольца $NZQZ'$ ту точку эклиптики, которой соотвѣтствуетъ найденное нами склоненіе, отсчитаемъ долготу этой точки и отыщемъ въ помѣщенной на горизонтальномъ кольцѣ HR таблицѣ, въ какой день солнце имѣетъ такую долготу. Поступая подобнымъ образомъ въ нашемъ случаѣ, мы находимъ, что южное склоненіе солнца равняется $12^0 54'$ два раза въ году, именно 15 февраля и 27 октября.

XI. Опредѣленіе времени. Одну изъ самыхъ важныхъ задачъ астрономіи представляетъ опредѣленіе времени, которому соотвѣтствуетъ то или другое наблюденіе, такъ какъ мы уже знаемъ, что, напр., высота, азимутъ и часовой уголъ любого свѣтила измѣняются съ каждымъ мгновеніемъ. Поэтому, астрономъ, измѣрившій съ величайшею точностью, напр., высоту солнца или какого-нибудь другого свѣтила, только въ томъ случаѣ можетъ считать свое наблюденіе имѣющимъ цѣну, если онъ вмѣстѣ съ тѣмъ въ состояніи указать, съ наименьшею точностью, время, соотвѣтствующее этому наблюденію.

Время дается, какъ извѣстно, нашими часами. Однако эти часы должны идти безукоризненно, чтобы ими можно было пользоваться для нашей цѣли. Какимъ же образомъ можемъ мы узнать, идутъ ли часы, въ дѣйствительности, настолько хорошо, чтобы можно было довѣрять ихъ показанію при самыхъ точныхъ изслѣдованіяхъ и наблюденіяхъ?

Этотъ вопросъ, котораго мы касались уже выше, именно въ § 98, впослѣдствіи будетъ подробно разъясненъ на примѣрѣ (часть IV); поэтому, здѣсь мы не будемъ останавливаться на немъ. Замѣтимъ только, что время легче и проще всего опредѣляется изъ наблюденій высотъ свѣтилъ небесныхъ.

Положимъ, что 30 іюля послѣ полудня въ Вѣнѣ была измѣрена при помощи квадранта (Введ., § 19) высота солнца, которая оказалась равной $29^0 15'$, и что въ это время часы показывали $4^h 30^m$. Зная, что географическая широта Вѣны составляетъ $48^0 14'$, и что долгота солнца 30 іюля равна $127^0 1'$, ориентируемъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115. Затѣмъ станемъ вращать его около оси NN', съ востока на западъ, до тѣхъ поръ, пока высота той точки эклиптики, которая изображаетъ положеніе солнца въ этотъ

день, не достигнетъ величины $29^{\circ}15'$, что мы можемъ измѣрить при помощи упомянутой въ задачѣ IV бумажной полоски. Если отсчетъ, сдѣланный при этомъ положеніи глобуса по указателю розы, выражается числомъ 4^h27^m, то искомое истинное время, соотвѣтствующее моменту наблюденія, равняется $4^h\,27^m$, и, слѣдовательно, въ этотъ моментъ часы были на 3^m впереди противъ истиннаго времени.

Для той же самой цѣли мы можемъ воспользоваться также наблюденіями неподвижныхъ звѣздъ. Чтобы пояснить это примѣромъ, возьмемъ наблюденіе, произведенное знаменитымъ путешественникомъ Ніебуромъ 11 октября 1761 года въ Александріи. Именно, при помощи своего квадранта, онъ нашелъ, что вечеромъ, въ тотъ моментъ, когда его часы показывали 10^h47^m, высота Альдебарана, самой яркой звѣзды въ созвѣздіи Тельца, равнялась $28^{\circ}34'$, при чемъ звѣзда находилась на восточной сторонѣ неба. Чтобы найти время, соотвѣтствующее этому наблюденію, или, что то же самое, чтобы найти поправку часовъ, по которымъ это наблюденіе было произведено, ориентируемъ глобусъ по правиламъ, изложеннымъ въ § 115, для чего намъ надо знать, что географическая широта Александріи составляетъ $31^{\circ}12'$, и что въ день наблюденія долгота солнца равнялась $197^{\circ}16'$. Затѣмъ наложимъ на поверхность глобуса, упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ мѣста наблюденія, и черезъ ту точку, которая служитъ изображеніемъ Альдебарана, и станемъ вращать глобусъ около оси NN' съ востока на западъ до тѣхъ поръ, пока высота второй изъ упомянутыхъ точекъ надъ горизонтомъ HR глобуса не сдѣлается равной $28^{\circ}34'$. Отсчетъ, сдѣланный при этомъ положеніи глобуса по указателю розы и равный 10^h49^m, вмѣстѣ съ тѣмъ, выражаетъ также истинное время, соотвѣтствующее моменту наблюденія, и потому часы въ моментъ наблюденія отставали отъ истиннаго времени на 2^m.

Какимъ образомъ, зная истинное время, соотвѣтствующее какому-нибудь наблюденію, опредѣлить также среднее и звѣздное время, соотвѣтствующее тому же самому наблюденію, объ этомъ мы уже говорили выше (§§ 96 и 97).

XII. Употребленіе экватора вмѣсто розы. Всѣ разсмотрѣнныя выше задачи рѣшаются при помощи глобуса, во всякомъ случаѣ, не съ такою большою точностью, какой можно достичь при помощи тригонометрическихъ вычисленій. Но такъ какъ весьма часто требуется получить тотъ или другой результатъ лишь приближенно, и такъ какъ нерѣдко играетъ весьма важную роль ясное и наглядное представленіе интересующаго насъ явленія, то мы считаемъ не лишнимъ замѣтить, что, черезъ употребленіе экватора вмѣсто розы, при рѣшеніи предыдущихъ задачъ при помощи глобуса, можно достичь гораздо большей точности. Роза на многихъ глобусахъ бываетъ настолько мала, что на ней съ увѣренностью можно отсчитывать время не болѣе, какъ до 10 минутъ; между тѣмъ какъ экваторъ обыкновенно представляетъ прекрасно раздѣленный кругъ, такъ что на большихъ и тщательно сдѣланныхъ глобусахъ можно, пользуясь экваторомъ, опредѣлять время съ точностью до 2 или 3 минутъ.

Чтобы пояснить сказанное примѣромъ, покажемъ, какимъ образомъ ориентируется глобусъ для данной географической широты и для даннаго времени. Положимъ, что требуется установить глобусъ такъ, чтобы онъ въ точности представлялъ видъ неба для Вѣны для 9 часовъ утра 30 іюля 1894 года.

Для этого, придерживаясь правилъ, изложенныхъ въ задачѣ I, мы можемъ поступить такъ. Прежде всего ориентируемъ глобусъ для широты Вѣны, затѣмъ приводимъ въ плоскость кольца $NZQZ'$ ту точку эклиптики, въ которой въ этотъ день находится солнце и долгота которой въ нашемъ случаѣ равна $127^{\circ}13'$, и ставимъ указатель розы на 12^h; наконецъ вращаемъ глобусъ около оси NN' съ запада на востокъ до тѣхъ поръ, пока указатель розы не дойдетъ до 9^h.

Но чтобы достичь большей точности, мы можемъ, при рѣшеніи нашей задачи, упо-

требить слѣдующіе пріемы. Прежде всего, какъ и раньше, оріентируемъ глобусъ для широты Вѣны; затѣмъ, приводимъ въ плоскость кольца $NZQZ'$ ту точку экватора, прямое восхожденіе которой равно прямому восхожденію солнца для даннаго дня. Въ нашемъ случаѣ это прямое восхожденіе составляетъ 8^h32^m или 128^0. Такимъ образомъ, глобусъ будетъ оріентированъ для полудня 30 іюля 1894 года. Чтобы оріентировать его для 9^h утра, будемъ его вращать около оси NN' до тѣхъ поръ, пока въ плоскость кольца $NZQZ'$ не придетъ та точка экватора, прямое восхожденіе которой равно 5^h32^m или 83^0. Если бы мы хотѣли оріентировать глобусъ для 10^h вечера, то намъ слѣдовало бы вращать глобусъ до тѣхъ поръ, пока въ плоскость кольца $NZQZ'$ не пришла бы та точка экватора, прямое восхожденіе которой равняется 18^h32^m или 278^0 и т. д. Если мы, въ этомъ положеніи глобуса, наложимъ на его поверхность упомянутую въ задачѣ IV бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ высшую точку глобуса, т. е. черезъ зенитъ наблюдателя, и черезъ какую-нибудь звѣзду, то мы опредѣлимъ, такимъ образомъ, высоту этой звѣзды надъ горизонтомъ Вѣны для 10^h вечера 30 іюля. Подобнымъ же образомъ рѣшаются и всѣ другія разсмотрѣнныя выше задачи.

В. Земной глобусъ

§ 117. Задачи, рѣшаемыя при помощи земного глобуса. ✲ Устройство земного глобуса совершенно такое же, какъ и небеснаго (рис. 73, стр. 164). На земномъ глобусѣ точки N и N' представляютъ земные полюсы, линія NN', проходящая черезъ эти точки,—земную ось (Введ., § 5). Окружность большого круга AVQ есть земной экваторъ; окружности малыхъ круговъ, проходящія черезъ точки L и D, суть земныя параллели (Введ. § 14). Окружности большихъ круговъ NQN', $NQ'N'$, NVN' и т. д., перпендикулярныя къ экватору AVQ, суть земные меридіаны (Введ., § 12). Раздѣленное на градусы кольцо $NZQZ'$ называется меридіаномъ глобуса; плоскость этого кольца всегда совпадаетъ съ плоскостью меридіана высшей точки Z на глобусѣ. Плоскость раздѣленнаго кольца HR, называемаго горизонтомъ глобуса, есть ни что иное, какъ плоскость истиннаго горизонта мѣста Z (Введ. § 6). Если S' есть какое-нибудь мѣсто, лежащее въ сѣверномъ полушаріи земного глобуса, то дуга $S'Q'$, перпендикулярная къ экватору, выражаетъ сѣверную широту этого мѣста, а дуга, считаемая по окружности экватора отъ той точки, гдѣ этотъ послѣдній пересѣкается съ первымъ меридіаномъ, до точки Q', въ которой экваторъ пересѣкается съ меридіаномъ даннаго мѣста S', выражаетъ географическую долготу этого мѣста (Введ., § 12). Къ кольцу $NZQZ'$ прикрѣплена, какъ и на небесномъ глобусѣ, такъ называемая роза ab. раздѣленная на 24 часа.

Посмотримъ же, какія задачи рѣшаются при помощи земного глобуса. ✲

I. Времена года. Поставимъ по серединѣ круглаго, не особенно большого стола, находящагося въ темной комнатѣ, лампу или свѣчу или вообще какой-нибудь источникъ свѣта, высота пламени котораго надъ поверхностью стола нѣсколько больше радіуса глобуса. Затѣмъ будемъ передвигать по краю стола глобусъ такъ, чтобы, во первыхъ, его центръ и пламя лампы или свѣчи постоянно находились въ одной и той-же плоскости и чтобы, вовторыхъ, ось вращенія NN' глобуса, постоянно сохраняя одинъ и тотъ-же наклонъ къ плоскости стола, равный приблизительно $66^032'$, была, слѣдовательно, направлена постоянно въ одну и ту-же точку небесной сферы или, иначе говоря, оставалась все время параллельной самой себѣ. При такомъ движеніи глобуса, мы будемъ наблюдать на его поверхности всѣ тѣ явленія, которыя происходятъ на поверхности земли вслѣдствіе смѣны временъ года. При этомъ, въ нѣкоторый моментъ глобусъ будетъ занимать на краю стола такое положеніе, при которомъ сѣверный полюсъ N оси вращенія NN' обращенъ къ источнику свѣта, изображающему солнце. Это положеніе глобуса соотвѣтствуетъ на рисункѣ 26 (стр. 65) положенію B. гдѣ p обозначаетъ сѣверный полюсъ земли, а окружность боль-

шого круга *aa*—экваторъ. Если мы теперь станемъ вращать глобусъ около оси NN', то мы увидимъ, что сѣверный полюсъ N остается все время на обращенной къ солнцу и потому освѣщенной половинѣ земного шара, между тѣмъ какъ южный полюсъ N', напротивъ того, постоянно находится, при этомъ вращеніи, на темномъ, неосвѣщенномъ полушаріи земли. Поэтому, разсматриваемое нами положеніе глобуса представляетъ то положеніе земли, которое она занимаетъ на своей орбитѣ въ серединѣ іюня, т. е. въ началѣ лѣта въ сѣверномъ полушаріи. Вращая глобусъ около оси, мы наглядным образомъ убѣждаемся въ томъ, что въ это время солнце для жителей странъ, лежащихъ вблизи сѣвернаго полюса, совсѣмъ не заходитъ, въ мѣстахъ же, находящихся недалеко отъ южнаго полюса, совсѣмъ не восходитъ. Далѣе, въ сѣверномъ полушаріи въ это время день длиннѣе ночи, и продолжительность дня тѣмъ больше, чѣмъ дальше отъ экватора лежитъ данное мѣсто, иначе говоря—чѣмъ больше его географическая широта; въ южномъ же полушаріи имѣютъ мѣсто прямо противоположныя явленія.

Передвинемъ глобусъ по столу въ другое положеніе, отстоящее отъ перваго на четверть окружности всего стола; это второе положеніе соотвѣтствуетъ на рисункѣ 26 положенію *C*. Такъ какъ ось NN' глобуса, при движеніи этого послѣдняго, постоянно остается параллельной самой себѣ, то оба земные полюса, въ настоящемъ положеніи глобуса, лежатъ на окружности большого круга, отдѣляющаго освѣщенную часть земли отъ неосвѣщенной. Вращая глобусъ около оси NN', мы убѣждаемся, что въ это время для всѣхъ мѣстъ земного шара день равенъ ночи, и что, слѣдовательно, разсматриваемое положеніе глобуса изображаетъ то положеніе земли, которое она занимаетъ на своей орбитѣ въ началѣ осени въ нашемъ сѣверномъ полушаріи, т. е. въ серединѣ сентября.

При дальнѣйшемъ перемѣщеніи по краю стола, глобусъ займетъ черезъ нѣкоторое время положеніе, прямо противоположное первому изъ выше разсмотрѣнныхъ положеній и соотвѣтствующее на рисункѣ 26 положенію *D*. Такъ какъ сѣверный полюсъ N въ этомъ положеніи глобуса обращенъ въ сторону, противоположную солнцу, то этотъ полюсъ, при вращеніи глобуса, все время остается на неосвѣщенномъ полушаріи земли, между тѣмъ какъ южный полюсъ N', наоборотъ, постоянно лежитъ на освѣщенной части земного шара. Жители странъ, лежащихъ вблизи южнаго полюса, въ это время усматриваютъ солнце постоянно надъ своимъ горизонтомъ; въ мѣстахъ же, находящихся недалеко отъ сѣвернаго полюса, солнце, наоборотъ, все время остается подъ горизонтомъ Въ сѣверномъ полушаріи дни короче ночей, въ южномъ—наоборотъ. Такое положеніе земля занимаетъ на своей орбитѣ въ серединѣ декабря, и въ это время въ сѣверномъ полушаріи начинается зима, а въ южномъ—лѣто.

Будемъ, затѣмъ, передвигать глобусъ по краю стола до тѣхъ поръ, пока онъ не займетъ положенія, прямо противоположнаго второму изъ выше разсмотрѣнныхъ положеній и соотвѣтствующаго на рисункѣ 26 положенію *A*. Въ этомъ новомъ положеніи глобуса, окружность большого круга, отдѣляющаго освѣщенную часть земного шара отъ неосвѣщенной, снова проходитъ черезъ оба земные полюса, и въ это время опять день равенъ ночи на всей землѣ. Такое положеніе земля занимаетъ въ серединѣ марта, т. е. въ началѣ весны въ сѣверномъ полушаріи.

Такимъ образомъ мы можемъ, пользуясь глобусомъ, представить до мельчайшихъ подробностей всѣ тѣ явленія, которыя происходятъ на поверхности земного шара вслѣдствіе смѣны временъ года.

II. Опредѣленіе положенія даннаго мѣста на поверхности земли, опредѣленіе взаимнаго разстоянія между двумя точками земного шара и т. д. Установимъ глобусъ такъ, чтобы угловое возвышеніе сѣвернаго полюса N надъ плоскостью горизонта HR равнялось географической широтѣ даннаго мѣста, напр., Вѣны, и затѣмъ будетъ вращать глобусъ около оси NN' до тѣхъ поръ, пока данное мѣсто не придетъ въ

плоскость меридіана глобуса, т. е. въ плоскость кольца $NZQZ'$. Въ такомъ случаѣ, это мѣсто займетъ высшую точку глобуса, и мы сразу можемъ обозрѣть тѣ страны и моря, которыя лежатъ въ плоскости истиннаго горизонта (Введ., § 6) наблюдателя, страны, обитаемыя его антиподами, тѣ мѣста, которыя находятся на одной параллели (Введ., § 14) съ даннымъ мѣстомъ и т. д.

Чтобы опредѣлить взаимное разстояніе между двумя мѣстами на земномъ шарѣ, напр., разстояніе между Вѣной и Парижемъ, наложимъ на глобусъ выше упомянутую (§ 116, IV) раздѣленную на градусы бумажную полоску, такъ чтобы она проходила черезъ оба данныя мѣста, и отсчитаемъ на ней число градусовъ, заключающихся въ дугѣ большого круга, проходящей черезъ эти мѣста. Умноживъ это число на 15, мы получимъ искомое разстояніе въ географическихъ миляхъ (§ 7). Если же мы желаемъ выразить его въ километрахъ, то мы должны отсчитанное число градусовъ умножить на 111,3.

Географическая широта любого мѣста на земномъ шарѣ можетъ быть отсчитана непосредственно на раздѣленномъ кольцѣ $NZQZ'$, если предварительно данное мѣсто вращеніемъ глобуса приведено въ плоскость этого кольца. Чтобы найти разность географическихъ долготъ двухъ мѣстъ, мы должны, приведя вращеніемъ глобуса оба эти мѣста, послѣдовательно одно за другимъ, въ плоскость кольца $NZQZ'$, сдѣлать въ обоихъ случаяхъ отсчеты по указателю розы ab и затѣмъ составить разность этихъ отсчетовъ. Такъ, напр., если соотвѣтственные отсчеты для Парижа и Вѣны выражаются числами 4^h30^m и 5^h26^m, то географическая долгота Вѣны относительно Парижа равна 0^h56^m во времени или $14^0 0'$ въ дугѣ, и такъ какъ Вѣна лежитъ къ востоку отъ Парижа, то въ любой моментъ вѣнское время находится на 0^h56^m впереди противъ парижскаго времени. Совершенно также, пользуясь глобусомъ, мы находимъ, что разность долготъ между Парижемъ и Пекиномъ составляетъ 7^h36^m, и что, слѣдовательно, въ тотъ моментъ, когда въ Парижѣ считается полдень, въ Пекинѣ часы должны показывать уже 7^h36^m вечера.

III. Опредѣленіе временъ восхода и захода солнца. За неимѣніемъ небеснаго глобуса, можно рѣшить бо́льшую часть выше разсмотрѣнныхъ астрономическихъ задачъ, относящихся къ небеснымъ свѣтиламъ, также при помощи земного глобуса. Для этой цѣли на земныхъ глобусахъ обыкновенно проводится эклиптика, хотя собственно для земного глобуса она совершенно не нужна, и въ дѣйствительности весьма легко можно обойтись безъ нея, какъ это мы сейчасъ покажемъ на примѣрѣ.

Положеніе солнца на его орбитѣ для любого дня года опредѣляется долготой этого свѣтила, которую мы можемъ взять или изъ особой таблички, помѣщенной для этой цѣли на горизонтѣ HR глобуса, или изъ какого-нибудь астрономическаго календаря. Далѣе, ориентировавъ глобусъ для данной географической широты, будемъ вращать его до тѣхъ поръ, пока въ плоскость меридіана $NZQZ'$ не придетъ та точка эклиптики, въ которой въ данный день находится солнце; затѣмъ установимъ указатель розы на 12^h и, вообще, будемъ поступать съ земнымъ глобусомъ совершенно такъ же, какъ мы поступали съ небеснымъ глобусомъ при опредѣленіи времени восхода и захода солнца (§ 116, V).

Но можно, не прибѣгая къ помощи эклиптики, рѣшить эту задачу также слѣдующимъ образомъ. Возьмемъ изъ астрономическаго календаря склоненіе солнца для даннаго дня. Такъ, напр., 1 мая 1894 года это склоненіе равнялось $15^0 9'$. Затѣмъ будемъ вращать глобусъ около оси NN' до тѣхъ поръ, пока въ плоскость меридіана $NZQZ'$ не придетъ какое-нибудь мѣсто, географическая широта котораго приблизительно равна склоненію солнца. Въ нашемъ случаѣ такимъ мѣстомъ мы можемъ считать Гоа въ Остъ-Индіи. Итакъ, приведемъ Гоа въ плоскость кольца $NZQZ'$, установимъ указатель розы на 12^h и ориентируемъ глобусъ для географической широты Вѣны, равной $48^0 14'$. Затѣмъ, будемъ вращать глобусъ около оси NN' съ запада на востокъ до тѣхъ поръ, пока Гоа не придетъ въ плоскость горизонта HR. Замѣчая тотъ отсчетъ, противъ котораго останавливается въ этомъ

случаѣ указатель розы, мы находимъ въ нашемъ примѣрѣ, что солнце въ этотъ день восходитъ въ Вѣнѣ въ 4^h46^m утра. Подобнымъ же образомъ, вращая глобусъ съ востока на западъ, мы находимъ, что въ этотъ день солнце заходитъ въ Вѣнѣ въ 7^h11^m вечера. Совершенно такой-же результатъ мы получили и выше (§ 116, V).

Точно также могутъ быть рѣшены задачи VI и VII, разсмотрѣнныя въ § 116. Для этой цѣли солнце и другое свѣтило, для котораго мы желаемъ опредѣлить времена восхода и захода, надо замѣнить двумя надлежащимъ образомъ выбранными точками земного глобуса.

IV. Какимъ образомъ земля освѣщается солнцемъ въ данный моментъ. Чтобы показать на примѣрѣ, какъ рѣшается при помощи глобуса эта задача, представимъ освѣщеніе земли солнцемъ 7 ноября 1894 года въ полдень по вѣнскому времени. Въ астрономическихъ эфемеридахъ мы находимъ, что въ этотъ день южное склоненіе солнца было равно $16^\circ22'$. Поэтому установимъ глобусъ такъ, чтобы угловое возвышеніе южнаго полюса N надъ плоскостью горизонта HR было равно $16^\circ22'$. Если бы склоненіе солнца въ данный день было сѣверное, то глобусъ слѣдовало бы установить такъ, чтобы угловое возвышеніе сѣвернаго полюса N надъ плоскостью горизонта HR равнялось склоненію солнца. Установивъ такимъ образомъ глобусъ, будемъ вращать его около оси NN' до тѣхъ поръ, пока Вѣна не придетъ въ плоскость кольца $NZQN'$, и поставимъ указатель розы на 12^h. При этомъ положеніи глобуса, солнце находится въ безконечномъ удаленіи отъ него въ направленіи того радіуса, который проходитъ черезъ высшую точку глобуса. Поэтому, въ тотъ моментъ, когда въ Вѣнѣ считается полдень, все полушаріе земли, лежащее надъ горизонтомъ HR глобуса, освѣщено солнцемъ; другое же полушаріе, находящееся въ этотъ моментъ подъ горизонтомъ HR, не получаетъ непосредственно отъ солнца ни одного луча и, слѣдовательно, пребываетъ во мракѣ ночи. Въ этотъ моментъ во всѣхъ тѣхъ мѣстахъ, которыя находятся на окружности большого круга, получающагося въ пересѣченіи глобуса съ плоскостью кольца $NZQZ'$, считается или полдень, если это мѣсто лежитъ на освѣщенномъ полушаріи, между южнымъ полюсомъ и точкой юга, или полночь, если оно расположено на неосвѣщенной половинѣ глобуса, между сѣвернымъ полюсомъ и точкой сѣвера. Далѣе, для жителей странъ, лежащихъ на восточной сторонѣ горизонта HR, солнце въ этотъ моментъ заходитъ; въ мѣстахъ же, находящихся на западной сторонѣ горизонта, оно восходитъ.

Если мы желаемъ видѣть, какимъ образомъ освѣщается поверхность всего земного шара въ тотъ моментъ, когда въ Вѣнѣ считается 6^h вечера, то мы должны повернуть глобусъ около оси NN' съ востока на западъ настолько, чтобы указатель розы остановился противъ 6^h. Во всѣхъ мѣстахъ, лежащихъ при этомъ положеніи глобуса въ плоскости кольца $NZQZ'$, опять считается, подобно предыдущему, либо полдень, либо полночь; для жителей мѣстъ, находящихся въ плоскости горизонтальнаго кольца HR, въ этотъ моментъ солнце либо заходитъ, либо восходитъ. Если мы, вращая глобусъ, заставимъ его совершить полный оборотъ около оси NN', то съ высшей точкой глобуса, отстоящей на $16^\circ22'$ къ югу отъ экватора, при этомъ вращеніи послѣдовательно будутъ совпадать всѣ тѣ мѣста, жители которыхъ 7 ноября въ полдень по мѣстному времени усматриваютъ солнце въ зенитѣ; въ нашемъ случаѣ такими мѣстами являются Порто-Сегуро и озеро Титикака въ южной Америкѣ, Отаити, Новыя Гебриды и т. д. Жители странъ, лежащихъ на 10°, 20°, 30°... къ сѣверу или къ югу отъ той параллели, южная географическая широта которой равна $16^\circ22'$, усматриваютъ солнце въ полдень въ 10°, 20°, 30°... отъ зенита. Жители тѣхъ странъ, которыя лежатъ около сѣвернаго полюса N и которыя при вращеніи глобуса постоянно остаются подъ горизонтомъ HR, вовсе не видятъ солнца, и для нихъ имѣетъ мѣсто сплошная ночь, такъ какъ въ это время въ сѣверномъ полушаріи приближается начало зимы. Подобнымъ же образомъ въ тѣхъ странахъ, которыя находятся вблизи южнаго полюса и которыя при вращеніи глобуса постоянно остаются

надъ его горизонтомъ HR, солнце совсѣмъ не заходитъ, и для жителей этихъ странъ имѣетъ мѣсто непрерывный день, такъ какъ въ южномъ полушаріи земли въ это время приближается начало лѣта. Далѣе, вращая глобусъ около оси NN' и дѣлая соотвѣтственные отсчеты по указателю розы ab, мы можемъ весьма легко опредѣлить продолжительность дня и ночи 7 ноября для любого мѣста земного шара. Наконецъ, если мы приложимъ одинъ конецъ упомянутой выше (§ 116, IV), раздѣленной на градусы бумажной полоски къ той точкѣ глобуса, которая, при данной его установкѣ, занимаетъ наивысшее положеніе, и если затѣмъ мы станемъ вращать эту полоску по поверхности глобуса около высшей точки, какъ около центра, то мы опредѣлимъ на земной поверхности всѣ тѣ мѣста, въ которыхъ, при данномъ положеніи глобуса, т. е. въ данный моментъ по вѣнскому времени, солнце находится въ 10^0, 20^0, 30^0... отъ зенита.

V. Опредѣлить продолжительность самаго длиннаго и самаго короткаго дней для даннаго мѣста. Если требуется опредѣлить продолжительность самаго длиннаго дня, напр., для Петербурга, то прежде всего оріентируемъ глобусъ для географической широты этого города, которая равна $59^0 56'$; затѣмъ, вращеніемъ глобуса приведемъ Петербургъ въ плоскость кольца $NZQZ'$; установимъ указатель розы на 12^h и въ этомъ положеніи глобуса замѣтимъ на его поверхности ту точку, которая находится противъ дѣленія $23^0 27'$ на кольцѣ $NZQZ'$. Затѣмъ, вращеніемъ глобуса около оси, приведемъ замѣченную точку въ плоскость горизонта HR, одинъ разъ съ восточной стороны, а другой разъ—съ западной; въ первомъ изъ этихъ случаевъ указатель розы ab останавливается противъ $2^h 50^m$, а во второмъ—противъ $9^h 10^m$. Слѣдовательно, въ Петербургѣ въ самый длинный день солнце восходитъ въ $2^h 50^m$, а заходитъ въ $9^h 10^m$. Отсюда находимъ, что въ Петербургѣ продолжительность самаго длиннаго дня лѣтомъ составляетъ $18^h 20^m$ и самаго короткаго зимой только $5^h 40^m$.

C. Звѣздныя карты.

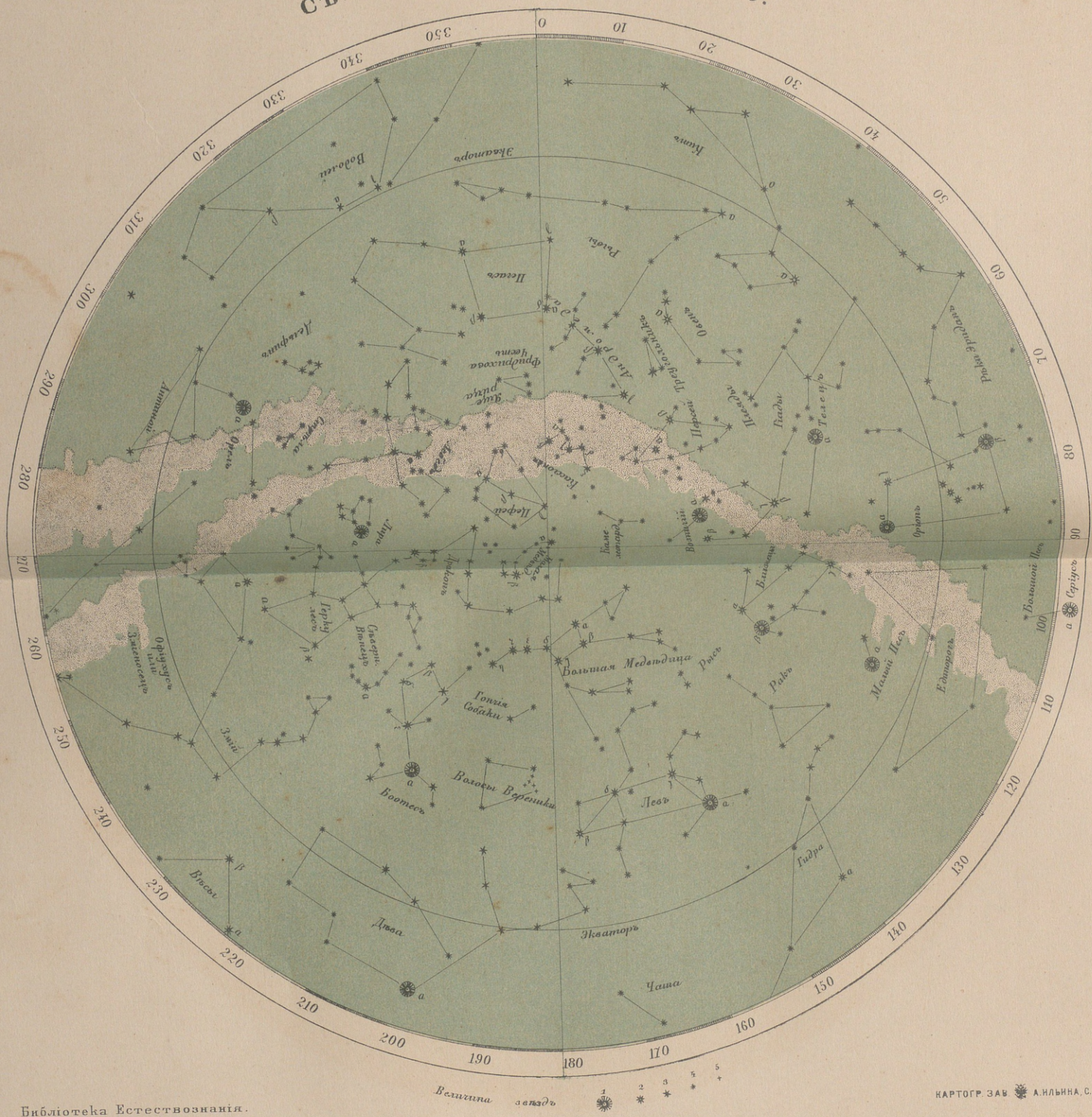
§ 118. **Звѣздныя карты и ихъ употребленіе.** * Прилагаемыя при семъ карты изображаютъ: одна сѣверное, а другая южное полушарія небесной сферы. Такія изображенія всей небесной сферы въ видѣ двухъ круговъ называются плоскошаріями. На каждомъ плоскошаріи предѣльная, ограничивающая его окружность раздѣлена на градусы, выражающіе прямое восхожденіе свѣтилъ. На картѣ южнаго неба предѣльная окружность вмѣстѣ съ тѣмъ представляетъ и небесный экваторъ. На картѣ сѣвернаго неба экваторъ изображенъ окружностью, концентрическою съ предѣльною, но меньшихъ размѣровъ. Чтобы съ помощью плоскошарія опредѣлить положеніе какой-нибудь звѣзды на небѣ, проведемъ прямую линію черезъ центръ плоскошарія и черезъ данную звѣзду; отсчетъ при той точкѣ, въ которой эта линія пересѣкаетъ предѣльную окружность, представляетъ прямое восхожденіе звѣзды. Для опредѣленія склоненія мы должны измѣрить разстояніе ρ данной звѣзды отъ полюса и длину радіуса R той окружности, которая изображаетъ экваторъ. Затѣмъ склоненіе δ этой звѣзды вычислится по простой формулѣ:

$$\operatorname{tg}\left(45^0 - \frac{\delta}{2}\right) = \frac{\rho}{R},$$

причемъ мы можемъ воспользоваться или пріемомъ, изложеннымъ въ § 23, или тригонометрическими таблицами (§ 39). Склоненіе будетъ сѣверное или южное, смотря по тому, въ какомъ полушаріи находится звѣзда. Такимъ образомъ мы получаемъ, что прямое восхожденіе звѣзды Веги въ созвѣздіи Лиры равно $278^0 30'$. Далѣе при помощи ленты, раздѣленной на тысячныя доли сажени, находимъ, что $\rho = 17{,}2$ и $R = 35{,}8$. Наконецъ вычисленія по вышеприведенной формулѣ даютъ для сѣвернаго склоненія звѣзды 38^0. *

Разъ положеніе звѣзды извѣстно, то отысканіе ея на небѣ уже не представляетъ

СѢВЕРНОЕ ЗВѢЗДНОЕ НЕБО.



КАРТОГР. ЗАВ. А. ИЛЬИНА, С.П.Б.

Библіотека Естествознанія.

никакихъ затрудненій. Въ самомъ дѣлѣ, прямое восхожденіе звѣзды, выраженное во времени (Введ., § 1), есть ни что иное, какъ звѣздное время ея кульминаціи (Введ., § 23); зная же звѣздное время, мы можемъ опредѣлить (по § 97) также и среднее солнечное время кульминаціи звѣзды, а затѣмъ и ея часовой уголъ. Съ другой стороны, зная склоненіе звѣзды и географическую широту мѣста наблюденія, мы можемъ вычислить ея высоту въ моментъ кульминаціи (Введ.,§ 18). Такъ, напр., мы видѣли, что прямое восхожденіе Веги равно 278°30′. Выражая его во времени, получаемъ 18^h34^m, откуда и заключаемъ, что эта звѣзда кульминируетъ ежедневно въ 18^h34^m звѣзднаго времени. Положимъ, что мы желаемъ наблюдать эту звѣзду 20 іюля и что при наблюденіи мы пользуемся часами, идущими по среднему солнечному времени. Въ такомъ случаѣ, обращая вышеупомянутое звѣздное время въ среднее, мы находимъ, что въ этотъ день Вега кульминируетъ въ 10^h44^m средняго времени, и что, слѣдовательно, въ 9^h44^m, въ 8^h44^m и т. д. ея восточный часовой уголъ равенъ соотвѣтственно 1^h или 15°, 2^h или 30° и т. д. Далѣе, зная, что сѣверное склоненіе Веги равно 38°, и что высота экватора надъ горизонтомъ Вѣны составляетъ приблизительно 42°, мы находимъ, что высота Веги въ моментъ ея кульминаціи въ Вѣнѣ равна 80° или, иначе говоря, что Вега проходитъ черезъ меридіанъ города Вѣны въ 10° къ югу отъ зенита.

Если же, наоборотъ, мы желаемъ узнать, какія звѣзды кульминируютъ въ данное среднее время, то прежде всего обращаемъ это среднее время въ звѣздное, звѣздное время, въ свою очередь, выражаемъ въ градусахъ, минутахъ и секундахъ дуги и затѣмъ на звѣздной картѣ отыскиваемъ тѣ звѣзды, прямое восхожденіе которыхъ равно только что найденному числу градусовъ или, въ случаѣ нижней кульминаціи (Введ., § 17), отличается отъ него на 180°. Такъ, напр., мы находимъ, что 24 августа 7 часамъ 51 минутѣ вечера средняго вѣнскаго времени соотвѣтствуетъ 18^h0^m звѣзднаго времени. Слѣдовательно, въ этотъ день въ 7^h51^m вечера проходятъ черезъ меридіанъ всѣ тѣ звѣзды, прямое восхожденіе которыхъ равно 18^h или 6^h; выражая это прямое восхожденіе въ дугѣ, получаемъ 270° или 90°. Такъ какъ высота полюса подъ горизонтомъ Вѣны равна 48°, то мы легко убѣждаемся, что въ это время въ Вѣнѣ въ южной части меридіана не видны всѣ тѣ звѣзды, южное склоненіе которыхъ больше 42°, а въ сѣверной части—тѣ, сѣверное склоненіе которыхъ меньше 42°. Разсматривая звѣздную карту, мы приходимъ къ заключенію, что въ Вѣнѣ въ это время голова Дракона находится въ зенитѣ, созвѣздіе Стрѣльца лежитъ низко подъ южной частью горизонта, а созвѣздіе Возничаго — подъ сѣверною его частью.

Замѣтимъ еще, что на приложенныхъ здѣсь звѣздныхъ картахъ величины звѣздъ (часть II, глава XV) выражены условными знаками, обыкновенно употребляющимися въ общедоступныхъ сочиненіяхъ, такъ что при одномъ взглядѣ на карту мы легко можемъ опредѣлить величину той или другой звѣзды. Положенія звѣздъ на этихъ картахъ отнесены къ 1900 году.

§ 119. **Изученіе созвѣздій по способу соединенія отдѣльныхъ звѣздъ прямыми линіями.** Простѣйшій способъ изученія звѣзднаго неба состоитъ въ соединеніи неизвѣстныхъ звѣздъ съ извѣстными прямыми линіями на картѣ. На небесной сферѣ эти прямыя линіи представляются дугами большихъ круговъ. Всякій знаетъ созвѣздіе Большой медвѣдицы (Ursa major) или Колесницы. Семь болѣе яркихъ звѣздъ этого созвѣздія сразу бросаются въ глаза: четыре изъ нихъ образуютъ четыреугольникъ, а три остальныя расположены по кривой линіи. Отъ этого созвѣздія мы и будемъ исходить при изученіи звѣзднаго неба.

Малая Медвѣдица (Ursa minor).

Прямая линія, проходящая черезъ 2 крайнія звѣзды въ четырехугольникѣ Большой Медвѣдицы, именно черезъ β и α Ursae majoris, при продолженіи своемъ по направленію къ сѣверному полюсу, встрѣчаетъ, какъ это видно на приложенной звѣздной картѣ, крайнюю

звѣзду въ созвѣздіи Малой Медвѣдицы, носящую названіе Полярной и обозначаемую греческой буквой α. Созвѣздіе Малой Медвѣдицы состоитъ также изъ семи яркихъ звѣздъ, которыя образуютъ фигуру, подобную созвѣздію Большой Медвѣдицы, но обратнымъ образомъ расположенную, такъ, что хвосты обѣихъ Медвѣдицъ направлены въ прямо противоположныя другъ другу стороны.

Если мы въ четырехугольникѣ Большой Медвѣдицы сторону, проходящую черезъ звѣзды α и δ Ursae majoris, примемъ за основаніе равнобедреннаго треугольника и возставимъ мысленно перпендикуляръ къ этому основанію въ точкѣ, дѣлящей его пополамъ, то этотъ перпендикуляръ, при своемъ продолженіи въ сторону Малой Медвѣдицы, встрѣчаетъ звѣзду β Ursae majoris, которая замѣчательна своимъ красноватымъ цвѣтомъ, и яркость которой равна яркости Полярной звѣзды.

Кассіопея (Cassiopeia).

Полярная звѣзда дѣлитъ пополамъ прямую линію, соединяющую звѣзду δ Ursae majoris со звѣздой α Cassiopeiae. Созвѣздіе Кассіопеи состоитъ изъ 5 звѣздъ, которыя обозначаются греческими буквами α, β, γ, δ, ε. Соединяя эти звѣзды, въ порядкѣ β, α, γ, δ, ε, ломаной линіей, мы получаемъ фигуру, имѣющую видъ нѣсколько растянутой буквы *W*. Самая яркая изъ этихъ звѣздъ α лежитъ въ шеѣ, β—въ спинѣ и δ—въ колѣнѣ Кассіопеи.

Цефей (Cepheus).

Если мы на продолженіи прямой линіи, проходящей черезъ звѣзды α и β Cassiopeiae, отложимъ, начиная отъ точки β, длину, приблизительно въ три раза превосходящую разстояніе между упомянутыми звѣздами, то мы опредѣлимъ, такимъ образомъ положеніе звѣзды α Cephei, лежащей въ плечѣ Цефея. Эта звѣзда вмѣстѣ съ двумя другими, именно β и γ Cephei, изъ которыхъ первая расположена въ поясѣ, а вторая въ колѣнѣ Цефея, образуетъ равнобедренный треугольникъ αβγ, въ которомъ уголъ при β мало отличается отъ 180°. Прямая линія, проходящая черезъ звѣзды α и β Cephei, встрѣчаетъ Полярную звѣзду.

Драконъ (Draco).

Прямая линія, проведенная черезъ звѣзды δ Cassiopeiae и β Cephei, проходитъ, при своемъ продолженіи, черезъ голову Дракона, причемъ разстояніе отъ δ Cassiopeiae до β Cephei приблизительно равно разстоянію отъ β Cephei до головы Дракона. Нетрудно найти на небѣ и остальныя болѣе яркія звѣзды въ созвѣздіи Дракона, такъ какъ черезъ соединеніе этихъ звѣздъ ломаной линіей, состоящей изъ трехъ частей, получается фигура, напоминающая своимъ видомъ букву Z. Средняя часть этой ломаной линіи параллельна сторонамъ ξβ и ηγ четырехугольника въ созвѣздіи Малой Медвѣдицы, которое расположено въ углѣ образуемомъ второй и третьей частями упомянутой ломаной линіи. Кромѣ того, всякая прямая линія, проведенная черезъ любыя двѣ звѣзды Малой Медвѣдицы, проходитъ въ то-же время и черезъ какую нибудь яркую звѣзду въ созвѣздіи Дракона или, по крайней мѣрѣ, въ весьма близкомъ отъ нея разстояніи.

Андромеда (Andromeda).

Прямая линія, соединяющая Полярную звѣзду со звѣздой β Cassiopejae, проходитъ, при своемъ продолженіи, черезъ звѣзду α въ головѣ Андромеды, причемъ разстояніе между двумя первыми звѣздами приблизительно равняется разстоянію между двумя послѣдними. Точно также, прямая линія, проходящая черезъ Полярную звѣзду и черезъ звѣзду ε Cassiopeiae, при продолженіи своемъ, встрѣчаетъ звѣзду γ Andromedae, причемъ ε Cassiopeiae

лежитъ приблизительно по серединѣ между Полярной и γ Andromedae. Найдя на небѣ звѣзды α и γ Andromedae, уже нетрудно отыскать и остальныя звѣзды этого созвѣздія.

Персей (Perseus).

Прямая линія, проходящая черезъ звѣзды β и γ Andromedae, при своемъ продолженіи дѣлитъ пополамъ линію, соединяющую звѣзды α и β Persei, изъ которыхъ послѣдняя лежитъ въ головѣ Медузы и называется Алголемъ. Прямая линія, соединяющая звѣзды α Cephei и ε Cassiopejae, при своемъ продолженіи по направленію къ созвѣздію Персея, проходитъ въ весьма близкомъ разстояніи отъ четырехъ яркихъ звѣздъ этого созвѣздія. Эти звѣзды суть: γ—въ плечѣ, α—въ груди, δ—въ поясѣ и ε—въ колѣнѣ Персея. Всѣ онѣ лежатъ по одну сторону отъ упомянутой линіи.

Возничій (Auriga).

Если мы на линіи, соединяющей Полярную звѣзду со звѣздой α Cassiopejae, какъ на основаніи, построимъ равнобедренный треугольникъ, то третья вершина этого треугольника совпадаетъ съ самой яркой звѣздой въ созвѣздіи Возничаго, именно съ α Aurigae, которая иначе называется Капеллой (Козой). Прямая линія, проведенная черезъ Капеллу и δ Persei, проходитъ черезъ звѣзду β Aurigae, лежащую въ плечѣ Возничаго.

Телецъ (Taurus).

Три звѣзды, именно ε Cassiopejae, Капелла и Альдебаранъ въ головѣ Тельца образуютъ тоже приблизительно равнобедренный треугольникъ. Альдебаранъ—самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Тельца; она вмѣстѣ съ другими четырьмя звѣздами этого созвѣздія образуетъ фигуру, напоминающую своимъ видомъ букву *V*. Эта группа звѣздъ называется Гіадами. Недалеко отъ Гіадъ находится другая группа звѣздъ, занимающая меньшее пространство на небесной сферѣ, но также бросающаяся въ глаза всякому съ перваго взгляда. Это такъ называемыя Плеяды.

Овенъ (Aries) и Рыбы (Pisces).

Прямая линія, соединяющая звѣзды ε Cassiopejae и γ Andromedae, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ α Arietis и α Piscium, причемъ эти четыре звѣзды дѣлятъ упомянутую линію приблизительно на четыре равныя части. Замѣтимъ, что α Arietis есть самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Овна, а α Piscium—самая яркая въ созвѣздіи Рыбъ.

Китъ (Cetus).

Звѣзды α Arietis, α Piscium и α Ceti образуютъ равносторонній треугольникъ. Послѣдняя изъ этихъ звѣздъ—самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Кита. Далѣе, α Ceti, α Arietis и Плеяды также образуютъ равносторонній треугольникъ, такъ что, соединяя послѣдовательно прямыми линіями центръ Плеядъ съ α Arietis, α Arietis съ α Piscium, α Piscium съ α Ceti и эту послѣднюю звѣзду опять съ центромъ Плеядъ, мы получаемъ довольно правильный ромбъ.

Близнецы (Gemini).

Прямая линія, соединяющая звѣзды α и β Aurigae, при своемъ продолженіи проходитъ приблизительно черезъ Кастора и Поллукса, т. е. черезъ двѣ яркія звѣзды въ созвѣздіи Близнецовъ. При этомъ разстояніе между Кастором и Поллуксомъ приблизительно равно разстоянію между α и β Aurigae; разстояніе же между β Aurigae и Кастором въ три

раза больше только что упомянутаго разстоянія. Съ другой стороны, Касторъ находится также на продолженіи линіи, соединяющей звѣзды η и β Ursae majoris.

Оріонъ (Orion).

Альдебаранъ, Касторъ и одна изъ яркихъ звѣздъ въ созвѣздіи Оріона, именно α Orionis, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Съ другой стороны, эти три звѣзды вмѣстѣ съ Капеллой образуютъ фигуру, весьма близкую къ квадрату. Оріонъ — самое красивое созвѣздіе на небесной сферѣ; это созвѣздіе, вообще, легко узнается по семи главнымъ звѣздамъ, входящимъ въ его составъ. Эти звѣзды суть: α и γ въ плечахъ, β и $\varkappa$ въ ногахъ, δ, ε и ζ — въ поясѣ Оріона. Три послѣднія лежатъ на одной прямой линіи и отдѣлены другъ отъ друга равными промежутками; онѣ извѣстны также подъ названіемъ Посоха Іакова.

Большой и Малый Песъ (Canis major et minor).

Три звѣзды, именно α Orionis, Касторъ и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Малаго Пса, называемая Проціономъ, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Съ другой стороны α Orionis, Процiонъ и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Большого Пса, носящая названіе Сиріуса, образуютъ равносторонній треугольникъ.

Большой Левъ (Lec major), Гидра (Hydra) и Ракъ (Cancer).

Касторъ, Процiонъ и Регулъ, самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Льва, образуютъ равнобедренный треугольникъ. Касторъ, Процiонъ, Регулъ и α Hydrae образуютъ параллелограмъ; въ пересѣченіи діагоналей этого параллелограмма находится α Cancri.

Къ этому четырехугольнику прилегаетъ другой, менѣе правильный; онъ образуется четырьмя звѣздами: Регуломъ, Касторомъ, γ Ursae majoris и Денеболой. Послѣдняя изъ этихъ звѣздъ лежитъ въ хвостѣ Большого Льва.

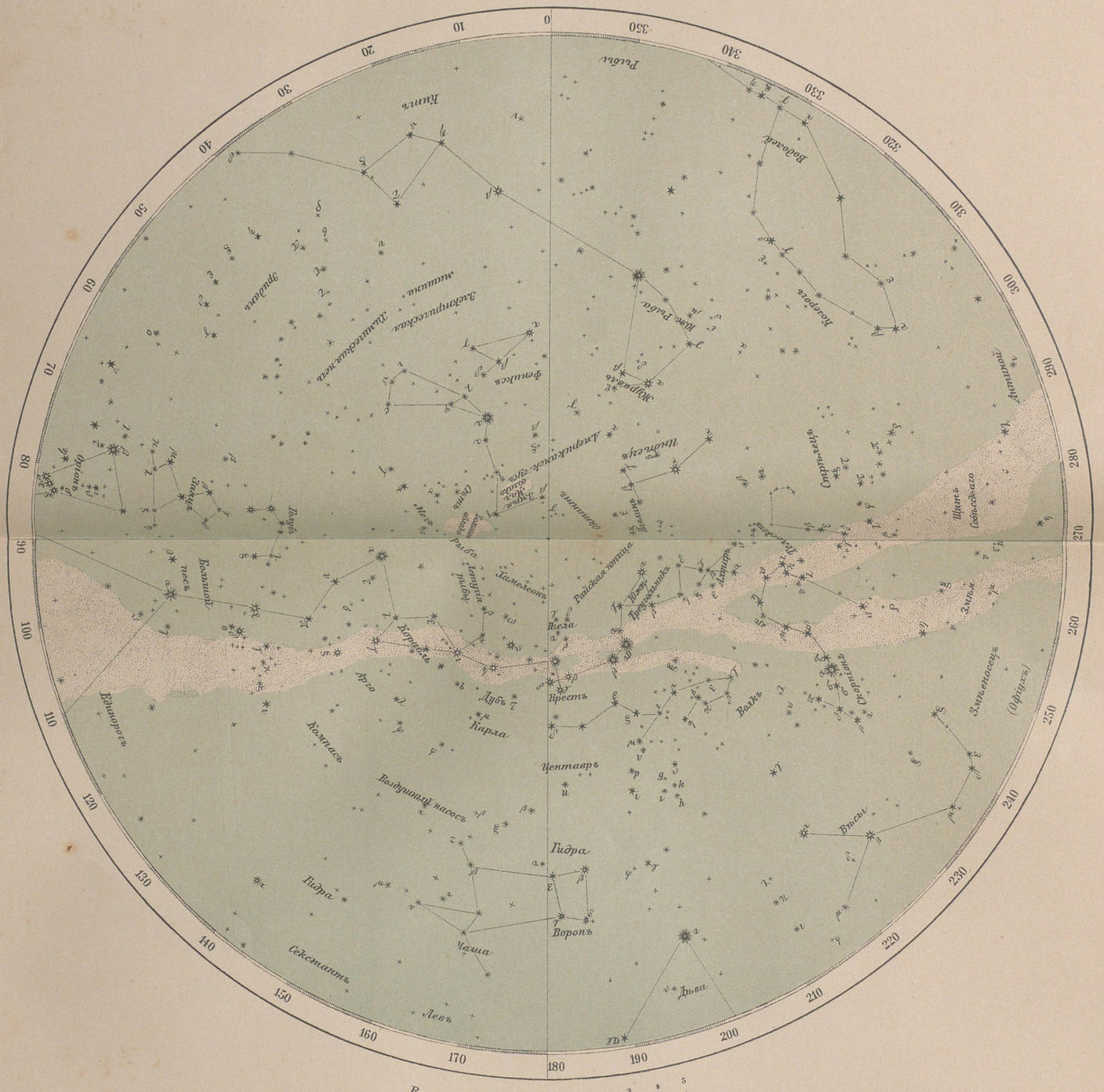
Волопасъ (Bootes), Дѣва (Virgo) и Вѣсы (Libra).

Три звѣзды, именно γ Ursae majoris, Денебола и самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Волопаса, α Bootis, иначе называемая Арктуромъ, образуютъ равносторонній треугольникъ. Одна сторона этого треугольника служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ стороной весьма правильнаго ромба, образуемаго четырьмя звѣздами: Денеболой, Арктуромъ, α Librae и самой яркой звѣздой созвѣздія Дѣвы, α Virginis, которая иначе называется Спикой или Колосомъ. Въ созвѣздіи Вѣсовъ четыре звѣзды, именно α, β, γ и ι Librae, образуютъ небольшой четырехугольникъ. Прямая линія, соединяющая Спику съ Арктуромъ, при своемъ продолженіи, проходитъ черезъ небольшой четырехугольникъ, образуемый звѣздами γ, δ, ε и ρ Bootis, изъ которыхъ двѣ первыя лежатъ въ груди, а двѣ послѣднія въ поясѣ Волопаса.

Корона (Corona), Геркулесъ (Hercules), Змѣя (Serpens) и Офіухъ (Ophiuchus).

Прямая линія, соединяющая звѣзды ε и ζ Ursae majoris, лежащія въ хвостѣ Большой Медвѣдицы, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ небольшое созвѣздіе Короны, которое всякій легко можетъ узнать, такъ какъ оно состоитъ изъ нѣсколькихъ рядомъ лежащихъ звѣздъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга небольшими промежутками и расположенныхъ по дугѣ круга, обращенной своей вогнутостью къ Полярной звѣздѣ. Вышеупомянутая линія, при дальнѣйшемъ своемъ продолженіи, проходитъ черезъ голову и шею Змѣи, которую Офіухъ держитъ въ своихъ рукахъ. Голову Змѣи образуютъ четыре звѣзды, именно: β, γ, $\varkappa$ и π Serpentis, а шею—три звѣзды, именно: δ, α и ε Serpentis.

ЮЖНОЕ ЗВѢЗДНОЕ НЕБО.


0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
Рыба
Кашка
Водолей
Пегасъ
Млечный Путь
Андромеда
Малое Облако
Большое Облако
Млечный Путь
Млечный Путь
Млечный Путь

Прямая линія, соединяющая звѣзды γ и ε Ursae majoris, при своемъ продолженіи проходитъ черезъ четырехугольникъ, образуемый звѣздами ε, η, ζ и π Herculis, которыя лежатъ въ поясѣ Геркулеса. Діагональ этого четырехугольника, соединяющая звѣзды η и ε, при своемъ продолженіи, проходитъ черезъ звѣзду α Herculis, лежащую въ головѣ Геркулеса. Недалеко отъ этой послѣдней звѣзды мы видимъ одну яркую звѣзду, α Ophiuchi, и двѣ менѣе яркія, β и γ Ophiuchi; первая изъ этихъ звѣздъ лежитъ въ головѣ Офіуха, а двѣ послѣднія въ его плечѣ.

Лира (Lyra), Лебедь (Cygnus) и Орелъ (Aquila).

Прямая линія, соединяющая звѣзды γ и δ Ursae majoris, проходитъ черезъ самую яркую звѣзду въ созвѣздіи Лиры, именно черезъ α Lyrae, иначе называемую Вегой. Линія, проходящая черезъ точку пересѣченія діагоналей четырехугольника въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы и черезъ голову Дракона, при своемъ продолженіи, также встрѣчаетъ Вегу. Далѣе, всякому бросается въ глаза большой равнобедренный треугольникъ, образуемый на небесной сферѣ тремя весьма яркими звѣздами, именно: Вегой, Денебомъ и Атаиромъ. Денебъ или α Cygni самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Лебедя, а Атаиръ или α Aquilae—самая яркая въ созвѣздіи Орла. Изъ трехъ только что упомянутыхъ звѣздъ Вега превосходитъ двѣ другія по яркости, а Атаиръ, лежащій въ вершинѣ образуемаго этими звѣздами треугольника, наиболѣе удаленъ отъ сѣвернаго полюса. Въ созвѣздіи Лиры, нѣсколько южнѣе Веги, лежатъ еще двѣ звѣзды, именно β и γ Lyrae. Въ созвѣздіи Лебедя четыре звѣзды а именно β, δ, ε и γ Cygni, образуютъ вмѣстѣ съ Денебомъ крестъ. Наконецъ въ созвѣздіи Орла по одну сторону отъ Атаира находится β Aquilae, а по другую—γ Aquilae.

Пегасъ (Pegasus), Дельфинъ (Delphinus), Водолей (Aquarius) и Скорпіонъ (Scorpius).

Прямая линія, проведенная черезъ Вегу и Денеба, при своемъ продолженіи пересѣкаетъ четырехугольникъ, образуемый четырьмя звѣздами, а именно: α, β и γ Pegasi и α Andromedae, съ послѣдней изъ которыхъ мы уже познакомились выше. Сторона этого четырехугольника, соединяющая α Andromedae съ β Pegasi, при своемъ продолженіи въ сторону Атаира, проходитъ мимо небольшого, но красиваго созвѣздія Дельфина, которое состоитъ изъ нѣсколькихъ довольно яркихъ и весьма близко другъ къ другу лежащихъ звѣздъ.

Діагональ вышеупомянутаго четырехугольника, идущая отъ α Andromedae къ α Pegasi, при своемъ продолженіи проходитъ весьма близко отъ звѣзды α Aquarii, лежащей въ плечѣ Водолея.

Наконецъ, прямую линію, соединяющую Вегу съ Арктуромъ, можно разсматривать какъ основаніе большого равносторонняго треугольника, вершиной котораго служитъ Антаресъ или α Scorpii, т. е. самая яркая звѣзда въ созвѣздіи Скорпіона.

Подобнымъ же образомъ читатель, имѣя передъ глазами звѣздную карту, можетъ безъ труда изучить и остальныя созвѣздія на небесной сферѣ.

§ 120. **Названія звѣздъ.** Въ предыдущемъ параграфѣ читатели уже имѣли случай познакомиться съ особенными, довольно необыкновенными названіями нѣкоторыхъ отдѣльныхъ яркихъ звѣздъ. Въ виду того, что и въ нижеслѣдующемъ изложеніи мы иногда будемъ пользоваться подобными названіями, мы считаемъ необходимымъ привести ниже списокъ наиболѣе замѣчательныхъ изъ нихъ. Эти названія въ настоящее время, вообще, все болѣе и болѣе выходятъ изъ употребленія, но тѣмъ не менѣе иногда они еще могутъ встрѣтиться читателямъ въ томъ или другомъ сочиненіи. Прежде чѣмъ приводить упомянутый списокъ, мы сдѣлаемъ нѣсколько общихъ замѣчаній относительно этихъ названій.

Многія созвѣздія въ древнія времена были извѣстны подъ нѣсколькими различными названіями; относительно нѣкоторыхъ созвѣздій то-же самое имѣетъ мѣсто еще и въ настоящее

время. Такъ, напр., семь главныхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы въ народѣ болѣе извѣстны подъ названіемъ Колесницы, между тѣмъ какъ у латинскаго поэта Овидія онѣ называются Septem Triones, что значитъ Семь Воловъ. Оріонъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ извѣстенъ подъ названіемъ Поющаго Пѣтуха и т. п.

Далѣе, нерѣдко отдѣльныя небольшія, но особенно бросающіяся въ глаза группы звѣздъ, входящихъ въ составъ какого-нибудь созвѣздія, называются особыми собственными именами. Подобные примѣры представляютъ Плеяды (созвѣздіе моряковъ), извѣстныя также подъ названіемъ Семизвѣздія, Стожаровъ или Насѣдки, Гіады въ созвѣздіи Тельца, Ясли (Praesepe или ε Cancri) и два Осла (γ и δ Cancri) въ созвѣздіи Рака, три звѣзды въ поясѣ Оріона (δ, ε и ζ Orionis), которыя называются также Посохомъ Іакова или Тремя Святыми Королями, Орѣхъ около звѣзды χ Orionis и т. д.

Кромѣ того, главныя звѣзды различныхъ созвѣздій нерѣдко получаютъ названія сообразно съ положеніемъ, занимаемымъ ими въ тѣхъ изображеніяхъ, которыя человѣческое воображеніе рисуетъ въ томъ мѣстѣ небесной сферы, гдѣ расположены эти созвѣздія. Такъ, напр., Антаресъ иначе называется сердцемъ Скорпіона, Регулъ—сердцемъ Льва, Альфардъ или α Hydrae—сердцемъ Гидры, Альдебаранъ—глазомъ Тельца, Фомальгаутъ или α Piscium—рыбьимъ ртомъ, Спика—Колосомъ, Капелла—Козой и т. д. Въ созвѣздіяхъ новѣйшаго происхожденія, въ которыхъ главныя звѣзды рѣдко бываютъ ярче третьей или даже четвертой величины, самой яркой изъ этихъ звѣздъ обыкновенно даютъ названіе путеводной звѣзды (Lucida). Впрочемъ, собственныя имена большей части яркихъ звѣздъ заимствованы изъ различныхъ языковъ, обыкновенно изъ греческаго и латинскаго и главнымъ образомъ изъ арабскаго. Такъ, напр., α Aurigae называется Капеллой или Альхаіотъ, α Canis minoris—Проціономъ или Эльгомайза, α Scorpii—Антаресомъ или Веспертиліо, α Tauri—Альдебараномъ или Палилиціумъ и т. д. Самая яркая звѣзда на небесной сферѣ, α Canis majoris, кромѣ двухъ наиболѣе употребительныхъ названій Сиріуса и Каникулы, имѣетъ еще до 8 различныхъ именъ.

Списокъ собственныхъ именъ звѣздъ.

Адара—ε Canis majoris.
Азимехъ—α Virginis.
Аламакъ—γ Andromedae.
Аліотъ—ε Ursae majoris.
Альбирео—β Cygni.
Альдебаранъ—α Tauri.
Альдераминъ—α Cephei.
Альгенибъ—γ Persei и γ Pegasi.
Альгіеба—γ Leonis.
Альголь—β Persei.
Альгорабъ—δ Corvi (въ созвѣзіи Ворона).
Алькоръ—*g* Ursae majoris.
Альниламъ—ε Orionis.
Альнитакъ—ζ Orionis.
Альрукаба—α Ursae minoris.
Альфардъ или Альфератъ—α Hydrae.
Альхаіотъ—α Aurigae.
Альхена—γ Geminorum.
Альціона—η въ Плеядахъ.
Антаресъ—α Scorpii.
Апусъ—Райская птица.
Арктофюлаксъ—Медвѣжій сторожъ Волопасъ.
Арктуръ—α Bootis.
Астеріонъ—Сѣверная охотничья собака.
Астеропе I и II—*k* и *l* въ Плеядахъ.
Атаиръ или Альтаиръ—α Aquilae.
Атласъ—*f* въ Плеядахъ.
Ахернаръ—α Eridani (въ созвѣздіи Рѣки Эридана)
Батенъ Кайтосъ—ζ Ceti.
Беллятриксъ—γ Orionis.
Бенетнашъ—η Ursae majoris.
Бетейгейзе—α Orionis.
Вега—α Lyrae.
Веспертиліо—α Scorpii.
Виндеміатриксъ—ε Virginis.
Гемма или Гнозія—α Coronae borealis.
Гіады—α, ϑ, γ, δ и ε Tauri.

Гіеди — α_1 и α_2 Capricorni (въ созвѣздіи Козерога).
Гіена—ε Cygni.
Голова Горгоны или Голова Медузы—β Persei.
Дабихъ—β Capricorni.
Денебола (Денебъ-эль-Азадъ)—β Leonis.
Денебъ—α Cygni.
Денебъ Альгеди—γ Capricorni.
Денебъ Кайтосъ—β Ceti.
Дорадо—Мечъ-Рыба.
Дубхэ—α Ursae majoris.
Змѣеносецъ—Офіухъ.
Іедъ I и II—δ и ε Ophiuchi.
Козликъ, смотри Хэдусъ.
Колосъ—α Virginis.
Каникула—α Canis majoris.
Канопусъ—α Argus.
Капелла—α Aurigae.
Кастеръ—α Geminorum.
Корнефоросъ—β Herculis.
Коръ Кароли—α Canum venaticorum.
Кошабъ—β Ursae minoris.
Ксифіасъ—Дорадо—Мечъ-Рыба.
Кюнозура (Собачій хвостъ)—Малая Медвѣдица.
Майя—*c* въ Плеядахъ.
Марфикъ или Мирфакъ—α Persei.
Маркабъ—α Pegasi.
Мегрецъ—δ Ursae majoris
Медвѣжій сторожъ—Волопасъ.
Менкалинамъ—β Aurigae.
Менкаръ—α Ceti.
Меракъ—β Ursae majoris.
Меропе—*d* въ Плеядахъ.
Мечъ-Рыба—Дорадо.
Мизамъ—*h* и χ Persei.
Микаръ или Миракъ—ε Bootis.
Минтака—δ Orionis.
Мира—ο Ceti.
Мирахъ—β Andromedae.
Мирзамъ—β Canis majoris.
Мицаръ—ζ Ursae majoris.
Муфридъ—η Bootis.
Насѣдка—Плеяды.
Натъ—β Tauri.
Нектаръ—β Bootis.
Нодусъ I и II—ζ и δ Draconis.
Окда—α Piscium.
Ослы—γ и δ Cancri
Палилиціумъ—α Tauri.
Плейона или Піо—*h* въ Плеядахъ
Плеяды—η, *c*, *d*, *q* и т. д. Tauri.
Поллуксъ—β Geminorum.
Полярная—α Ursae minoris.
Посохъ Іакова—δ, ε и ζ Orionis.
Пресепе—ε Cancri.
Проціонъ—α Canis minoris.
Расъ-Альгети—α Herculis.
Расъ Альхагуе—α Ophiuchi.
Расъ Элязедъ—ε и μ Leonis.
Регулъ—α Leonis.
Ригель—β Orionis.
Садоръ—γ Cygni
Садъ-Эльмеликъ—α и ο Aquarii.
Садъ-Эльзуудъ—β и ξ Aquarii.
Семизвѣздіе—Плеяды.
Сиріусъ—α Canis majoris.
Сиррахъ—α Andromedae.
Скатъ—δ Aquarii.
Спика—α Virginis.
Стожары—Плеяды.
Столъ—четырехугольникъ, образуемый звѣздами α, β, γ Pegasi и α Andromedae.
Сторожа—Полярная и Кошабъ.
Тайгета—*e* въ Плеядахъ или *q* Tauri.
Толиманъ—α Centauri.
Ункъ Эльхайя—α Serpentis.
Фекда—γ Ursae majoris.
Фомальгаутъ—α Piscium.
Хамаль—α Arietis.
Хара—Южная Охотничья Собака.
Хэдусъ I и II—ζ и η Aurigae.
Целено—*g* въ Плеядахъ.
Цозма—δ Leonis.
Цубенъ Элякрабъ—γ Scorpii.
Цубенъ Эльшенуби—α Librae.
Цубенъ Эльшемали—β Librae.
Шеатъ—β Pegasi.
Шедиръ—α Cassiopejae.
Электра—*b* въ Плеядахъ.
Элякрабъ—β Scorpii.
Эльгомайза—α Canis minoris.
Эльшератайнъ—β и γ Arietis.
Энгоназинъ—Геркулесъ.
Энифъ—ε Pegasi.
Эттанинъ—γ Draconis.
Югула—Оріонъ.
Ясли—ε Cancri.

Въ заключеніе этого параграфа, въ видѣ курьеза, замѣтимъ, что названія Sualocin и Rotanev, данныя въ звѣздномъ каталогѣ Піацци звѣздамъ α и β Delphini, суть ни что иное, какъ слова Nicolaus и Venator, написанныя наоборотъ, и что они обозначаютъ имя и прозвище астронома Каччіаторе, который былъ помощникомъ Піацци въ его работахъ: значеніе этихъ названій впервые, если мы не ошибаемся, было разгадано астрономомъ Уеббомъ (Webb).

§ 121. **Таблицы прецессіи.** Мы знаемъ, что положеніе какого-нибудь небеснаго свѣтила, даже если это послѣднее не имѣетъ собственнаго движенія, соотвѣтствуетъ, главнымъ образомъ вслѣдствіе прецессіи, нѣкоторому опредѣленному моменту (§ 50).

Такъ, напр., наши звѣздныя карты даютъ положенія звѣздъ для 1900 года. Если мы хотимъ, пользуясь этими картами, опредѣлить положеніе какой-нибудь звѣзды для нѣкоторой другой эпохи или, наоборотъ, если мы хотимъ положеніе звѣзды, данное для нѣкоторой другой эпохи, нанести на одну изъ нашихъ картъ, то въ обоихъ случаяхъ необходимо принять во вниманіе измѣненіе положенія звѣзды вслѣдствіе прецессіи. Мы не упоминаемъ здѣсь о многихъ другихъ случаяхъ, когда знаніе этого измѣненія въ положеніи звѣзды представляетъ огромный интересъ. Приложенныя къ этому параграфу таблицы даютъ читателямъ возможность безъ большого труда опредѣлять прецессію съ совершенно достаточною точностью для всѣхъ звѣздъ, сѣверное или южное склоненіе которыхъ не превосходитъ 80°. Для звѣздъ, склоненіе которыхъ заключается между 80° и 90°, соотвѣтственныя вычисленія дѣлаются уже болѣе сложными, и въ этомъ случаѣ невозможно составить такихъ простыхъ таблицъ, какъ тѣ, которыя слѣдуютъ ниже.

I. Прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ=1°17′±.

Сѣверное склоненіе.

+ α —		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	+ α —	
0°	180°	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	180°	360°
5	185	0	0	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	6	8	175	355
10	190	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	7	8	10	12	16	170	350
15	195	0	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	12	15	19	24	165	345
20	200	0	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	20	25	31	160	340
25	205	0	1	2	4	5	6	8	10	12	14	17	20	24	30	39	155	335
30	210	0	1	3	4	6	8	10	12	14	17	20	24	29	36	46	150	330
35	215	0	2	3	5	7	9	11	14	16	19	23	27	33	41	53	145	325
40	220	0	2	4	6	8	10	12	15	18	21	25	31	37	46	59	140	320
45	225	0	2	4	6	9	11	14	17	20	24	28	34	41	51	65	135	315
50	230	0	2	5	7	9	12	15	18	21	26	30	37	44	55	70	130	310
55	235	0	2	5	7	10	13	16	19	23	28	33	39	47	59	75	125	305
60	240	0	3	5	8	11	13	17	20	24	29	35	41	50	62	80	120	300
65	245	0	3	5	8	11	14	17	21	25	30	36	43	52	65	83	115	295
70	250	0	3	6	8	11	15	18	22	26	31	37	45	54	67	86	110	290
75	255	0	3	6	9	12	15	19	23	27	32	38	46	56	69	89	105	285
80	260	0	3	6	9	12	15	19	23	28	33	39	47	57	71	90	100	280
85	265	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	48	58	72	91	95	275
90	270	0	3	6	9	12	16	19	23	28	33	40	48	58	72	92	90	270
— α +		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	— α +	

Южное склоненіе.

II. Прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ=1°17′ ±.

Сѣверное склоненіе.

+α−		70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	+α−	
0°	180°	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	0′	180°	360°
5	185	8	8	9	10	10	11	12	13	14	15	17	175	355
10	190	16	17	18	19	20	22	23	25	27	30	33	170	350
15	195	24	25	27	28	30	32	35	37	41	45	49	165	345
20	200	31	33	35	37	40	43	46	50	54	59	65	160	340
25	205	39	41	43	46	49	53	57	61	66	73	80	155	335
30	210	46	49	52	55	58	62	67	72	79	86	95	150	330
35	215	53	56	59	63	67	72	77	83	90	99	109	145	325
40	220	59	62	66	70	75	80	86	93	101	111	122	140	320
45	225	65	69	73	77	82	88	95	102	111	122	134	135	315
50	230	70	74	79	84	89	96	103	111	120	132	145	130	310
55	235	75	80	84	90	95	102	110	119	129	141	155	125	305
60	240	80	84	89	95	101	108	116	125	136	149	164	120	300
65	245	83	88	93	99	106	113	121	131	143	156	172	115	295
70	250	86	91	97	103	110	117	126	136	148	162	178	110	290
75	255	89	94	99	106	113	120	129	140	152	166	183	105	285
80	260	90	96	101	108	115	123	132	143	155	169	187	100	280
85	265	91	97	102	109	116	124	134	144	157	171	189	95	275
90	270	92	97	103	109	117	125	134	145	157	172	190	90	270
−α+		70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	−α+	

Южное склоненіе.

III. Прецессія по склоненію за 100 лѣтъ.

+α+		Прецессія.	−α−		+α+		Прецессія.	−α−	
360°	0°	33′	180°	180°	315°	45°	24′	135°	225°
355	5	33	175	185	310	50	21	130	230
350	10	33	170	190	305	55	19	125	235
345	15	32	165	195	300	60	17	120	240
340	20	31	160	200	295	65	14	115	245
335	25	30	155	205	290	70	11	110	250
330	30	29	150	210	285	75	9	105	255
325	35	27	145	215	280	80	6	100	260
320	40	26	140	220	275	85	3	95	265
315	45	24	135	225	270	90	0	90	270
+α+		Прецессія.	−α−		+α+		Прецессія.	−α−	

Изъ приведенныхъ выше трехъ таблицъ двѣ первыя служатъ для вычисленія прецессіи по прямому восхожденію, третья—по склоненію. Эти таблицы даютъ измѣненія прямого восхожденія и склоненія отъ прецессіи въ теченіе 100 лѣтъ, откуда уже легко можно вычислить измѣненія этихъ величинъ въ теченіе всякаго другого промежутка времени. Таблицы I и II имѣютъ два входа или, какъ говорятъ, два аргумента, съ которыми надо входить въ таблицы, чтобы опредѣлить искомую величину. Этими аргументами служатъ прямое восхожденіе и сѣверное или южное склоненіе звѣзды. Въ таблицѣ III аргументомъ служитъ одно только прямое восхожденіе.

Чтобы при помощи первыхъ двухъ таблицъ опредѣлить измѣненіе прямого восхожденія отъ прецессіи въ теченіе 100 лѣтъ, надо полученную изъ этихъ таблицъ величину прибавить съ соотвѣтственнымъ знакомъ къ величинѣ $1^{0}17'$. Третья таблица даетъ непосредственно прецессію по склоненію за 100 лѣтъ. При помощи этихъ таблицъ прецессія какъ по прямому восхожденію, такъ и по склоненію получается въ минутахъ дуги. Прецессію по прямому восхожденію, вычисленную при помощи таблицы I или II, надо брать: для сѣвернаго склоненія съ тѣмъ знакомъ, который находится надъ столбцемъ, заключающимъ соотвѣтственное прямое восхожденіе, а для южнаго съ тѣмъ, который находится подъ этимъ столбцемъ. Въ третьей таблицѣ верхніе и нижніе знаки одинаковы, и потому, при вычисленіяхъ съ помощью этой таблицы, необходимо обращать вниманіе только на тотъ столбецъ, въ которомъ находится данное прямое восхожденіе. Вычисливъ по нашимъ таблицамъ прецессію за 100 лѣтъ, мы по простой пропорціи можемъ опредѣлить измѣненія прямого восхожденія и склоненія вслѣдствіе прецессіи для любого промежутка времени. Вычисленныя такимъ образомъ величины измѣненій надо прибавить къ даннымъ прямому восхожденію и склоненію съ тѣмъ самымъ знакомъ, съ какимъ онѣ получились при вычисленіи, если мы хотимъ сдѣлать приведеніе къ эпохѣ, слѣдующей за тѣмъ моментомъ, для котораго даны прямое восхожденіе и склоненіе, и съ обратнымъ знакомъ въ противномъ случаѣ. Поясникъ все вышесказанное примѣрами. Во второй части нашей книги читатель найдетъ списки двойныхъ звѣздъ, туманностей, звѣздныхъ кучъ и тому подобныхъ замѣчательныхъ небесныхъ предметовъ, положенія которыхъ отнесены къ 1900 году. Этими списками мы и воспользуемся для нашихъ примѣровъ.

Примѣръ I. Положеніе кольцеобразной туманности въ созвѣздіи Лиры для 1880 года опредѣляется слѣдующими прямымъ восхожденіемъ α и склоненіемъ δ:

$$\alpha = 18^{h}\,49^{m}5 = 282^{0}16', \quad \delta = +32^{0}52'.$$

Опредѣлимъ положеніе этой туманности для 1900 года. Изъ таблицы I, по аргументамъ $\alpha = 280^{0}$ и $\delta = +30^{0}$, мы находимъ величину $-19'$. Въ то-же самое время мы видимъ, что эта величина, при измѣненіи прямого восхожденія отъ 280^{0} до 285^{0}, совершенно не мѣняется; при измѣненіи же склоненія отъ 30^{0} до $35'$ она увеличивается на $4'$. Поэтому, по простой пропорціи находимъ, что для нашего склоненія, равнаго $32^{0}52'$, эта величина составляетъ $-21'$. Прибавляя эту величину съ соотвѣтственнымъ знакомъ къ величинѣ $1^{0}17' = 77'$, находимъ $+56'$. Это и есть прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ. Слѣдовательно, прецессія за 20 лѣтъ составляетъ $+11'$.

Изъ таблицы III мы находимъ слѣдующія величины прецессіи по склоненію за 100 лѣтъ:

$+6'$ для $\alpha = 280^{0}$

$+9'$ для $\alpha = 285^{0}$.

Отсюда, опять по простой пропорціи, вычисляемъ, что для $\alpha = 282^{0}16'$ прецессія по склоненію за 100 лѣтъ составляетъ $+7'$, а за 20 лѣтъ $+1'$.

Слѣдовательно, положеніе кольцеобразной туманности въ созвѣздіи Лиры для 1900 года опредѣляется такими величинами:

$$\alpha = 282^{0}27', \quad \delta = +32^{0}53'$$

Примѣръ II. Положеніе весьма яркой туманности въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы для 1900 года опредѣляется слѣдующими прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ:

$$\alpha = 146^{0}48', \ \delta = +69^{0}33'.$$

Опредѣлимъ положеніе этой туманности для 1880 года. Изъ таблицы I, по аргументамъ $\alpha = 145^{0}$ и $\delta = +70^{0}$, находимъ величину $+53'$. При измѣненіи прямого восхожденія отъ 145^{0} до 150^{0}, эта величина уменьшается на $7'$, и, слѣдовательно, при увеличеніи прямого восхожденія на $1^{0}48'$, это уменьшеніе составляетъ $2'$. При измѣненіи же склоненія отъ 70^{0} до 65^{0}, эта величина уменьшается на $12'$, и, слѣдовательно, при уменьшеніи склоненія на $27'$, она уменьшится только на $1'$. Отсюда ясно, что въ общемъ наша табличная величина уменьшается на $3'$ и для $\alpha = 146^{0}48'$ и $\delta = +69^{0}33'$ равняется $+50'$. Поэтому, прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ составляетъ $1^{0}17' + 50' = 2^{0}7'$; за двадцать же лѣтъ прецессія по прямому восхожденію равна $+25'$. Но такъ какъ мы хотимъ вычислить прямое восхожденіе для 1880 года, а положеніе туманности дано для 1900 года, то выше найденную величину мы должны вычесть изъ $146^{0}48'$. Слѣдовательно, прямое восхожденіе туманности для 1880 года равно $146^{0}23'$. При помощи таблицы III мы находимъ, что измѣненіе склоненія за 100 лѣтъ составляетъ $-27'$, а за 20 лѣтъ $-5'$. Прибавляя эту величину съ обратнымъ знакомъ къ склоненію $\delta = +69^{0}33'$, получаемъ $+69^{0}38'$. Выражая найденное выше прямое восхожденіе во времени, мы, для опредѣленія положенія нашей туманности для 1880 года, получаемъ слѣдующія величины:

$$\alpha = 9^{h}45^{m}32^{s}, \ \delta = +59^{0}38'.$$

Примѣръ III. Положеніе красивой звѣздной кучи въ созвѣздіи Водолея для 1900 года опредѣляется слѣдующими прямымъ восхожденіемъ и склоненіемъ:

$$\alpha = 21^{h}28^{m}16^{s} = 322^{0}4', \ \delta = -1^{0}16'.$$

Опредѣлимъ положеніе этой звѣздной кучи для 1850 года.

При помощи таблицы I находимъ, что прецессія по прямому восхожденію за 100 лѣтъ составляетъ $+1^{0}18'$, и, слѣдовательно, въ теченіе 50 лѣтъ прямое восхожденіе измѣняется отъ прецессіи на $+39'$. Таблица III даетъ для прецессіи по склоненію за 100 лѣтъ $+26'$. Слѣдовательно, измѣненіе склоненія отъ прецессіи за 50 лѣтъ равняется $+13'$. При помощи только что найденныхъ величинъ, мы получаемъ слѣдующія прямое восхожденіе и склоненіе для 1850 года:

$$\alpha = 321^{0}25', \ \delta = -1^{0}29'.$$

Замѣтимъ, что еще въ § 51 мы имѣли случай пользоваться данными здѣсь таблицами прецессіи.

ЧАСТЬ II.

Описательная астрономія или топографія неба.

ГЛАВА I.

Солнце.

§ 1. Масса, размѣры и плотность солнца. Познакомившись въ первой части нашей книги съ разнообразными движеніями небесныхъ тѣлъ, мы можемъ теперь перейти къ изложенію того, что намъ извѣстно, благодаря зрительнымъ трубамъ, относительно строенія и физическихъ свойствъ этихъ тѣлъ.

Первыя главы настоящей, второй части нашей книги должны быть посвящены тѣламъ нашей солнечной системы, какъ ближайшимъ къ намъ. Наши странствованія по планетной системѣ мы начнемъ съ важнѣйшаго тѣла этой системы, находящагося въ ея центрѣ, именно съ солнца, отъ котораго всѣ остальныя тѣла нашей системы получаютъ свѣтъ и теплоту и которому они, вообще, обязаны безчисленными дарами. Благодаря послѣднимъ, многіе народы древности считали солнце божествомъ и устраивали въ честь его торжественныя празднества въ своихъ храмахъ. Это божество свѣта и обновляющейся природы у различныхъ народовъ было извѣстно подъ различными именами. Египтяне называли его Озирисомъ, Халдеи—Ваалomъ, Финикіяне—Адонисомъ, Персы—Митрой, Греки—Аполлономъ. Но если тѣ дары, которые мы постоянно получаемъ отъ солнца, въ древности заставили людей относиться къ этому свѣтилу съ божескимъ почитаніемъ, то по совершенно другимъ причинамъ оно пріобрѣло господство надъ подчиненными ему планетми и кометами. Этимъ господствомъ оно обязано своей огромной массѣ (I, § 14), которая въ 323 000 разъ больше массы земли и въ 700 разъ больше суммы массъ всѣхъ планетъ нашей солнечной системы. Ниже мы увидимъ, что, именно благодаря этой своей массѣ, солнце, такъ сказать, приковываетъ къ себѣ всѣ планеты и заставляетъ ихъ описывать, въ молчаливомъ повиновеніи, предназначенные имъ пути.

Точно также и по величинѣ ни одна изъ планетъ не можетъ сравниться съ солнцемъ. Діаметръ солнца составляетъ 1 386 700 километровъ (I, § 43). Слѣдовательно, поверхность солнца равна 6 биллiонамъ квадратныхъ километровъ, а его объемъ—14 триллiонамъ кубическихъ километровъ. Однако, эти числа слишкомъ громадны, чтобы дать намъ ясное понятіе о размѣрахъ солнца, и мы считаемъ полезнымъ сравнить размѣры солнца съ размѣрами другихъ тѣлъ.

Самая маленькая изъ планетъ нашей солнечной системы это—Веста. Ея діаметръ составляетъ, какъ показали измѣренія Барнарда, 386 километровъ. Слѣдовательно, діаметръ солнца въ 3 590 разъ больше діаметра Весты, а объемъ въ 46 400 милліоновъ разъ больше объема этой планеты. Это значитъ, что изъ солнца можно сдѣлать 46 400 милліоновъ такихъ шаровъ, какъ Веста, а такихъ шаровъ, какъ наша земля, изъ солнца можно сдѣлать 1 280 000. Даже если бы мы сложили вмѣстѣ всѣ планеты нашей солнечной системы, то и въ этомъ случаѣ мы получили бы шаръ, объемъ котораго составлялъ бы только $^1/_{560}$-ую часть объема солнца. Путешественнику, дѣлающему ежедневно 70 километровъ, требуется

570 дней, чтобы совершить такъ называемое кругосвѣтное путешествіе, т. е. чтобы объѣхать окружность большого круга на земномъ шарѣ. При тѣхъ же самыхъ условіяхъ путешествіе вокругъ солнца можно было бы совершить только въ 62200 дней, т. е. болѣе, чѣмъ въ 170 лѣтъ. Но такъ какъ и эти числа все еще слишкомъ велики и, потому, не даютъ намъ яснаго представленія о необыкновенно огромныхъ размѣрахъ солнца, то представимъ себѣ, что шаръ, изображающій солнце, выдолбленъ внутри на столько, что въ его центрѣ можетъ помѣститься земля и что, кромѣ того, около этой послѣдней свободно можетъ двигаться внутри этой пустоты луна, отстоящая отъ земли на разстояніи 384 000 километровъ: толщина остающагося сплошного сферическаго слоя была бы приблизительно равна радіусу пустоты, выдолбленной внутри солнца!

Итакъ, солнце, по своимъ размѣрамъ и по своей массѣ, далеко превосходитъ всѣ планеты; но зато по своей плотности оно уступаетъ нѣкоторымъ изъ нихъ. Именно, плотность этого огромнаго тѣла въ четыре раза меньше плотности земли. Читатели могутъ спросить, откуда мы знаемъ все это и кто изслѣдовалъ солнце въ этомъ отношеніи. Однако было бы умѣстнѣе предложить подобный вопросъ раньше, когда мы говорили о массѣ солнца. Если же масса какого-нибудь тѣла и его объемъ извѣстны, то безъ всякаго труда мы можемъ опредѣлить также и его плотность, такъ какъ эта послѣдняя всегда равна массѣ тѣла, раздѣленной на его объемъ (I, § 14). Выше мы сказали, что масса солнца въ 323000 разъ и объемъ его въ 1 280 000 разъ больше массы и объема земли. Раздѣляя первое изъ этихъ чиселъ на второе, мы получаемъ дробь $^1/_4$. Слѣдовательно, плотность солнца составляетъ только четвертую часть плотности земли. Какимъ образомъ удалось опредѣлить массу солнца, объ этомъ будетъ сказано въ слѣдующей части нашей книги. Пока же мы должны просить читателей только объ одномъ, именно относиться съ полнымъ довѣріемъ ко всѣмъ нашимъ словамъ, а впослѣдствіи мы надѣемся разъяснить удовлетворительнымъ образомъ все то, что теперь будетъ принято нашими читателями на вѣру.

Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что та плотность солнца, о которой мы говорили выше, есть только такъ называемая *средняя* его плотность. Это значитъ, что, если бы солнце во всѣхъ своихъ частяхъ состояло изъ совершенно однородной массы, то въ такомъ случаѣ его плотность составляла бы четвертую часть плотности нашей земли и, слѣдовательно, была бы приблизительно равна плотности смолы или каменнаго угля. Однако, только что высказанное предположеніе въ высшей степени невѣроятно, и впослѣдствіи мы увидимъ, что плотность солнца, съ переходомъ отъ однѣхъ его частицъ къ другимъ, измѣняется, по всей вѣроятности, по тому-же закону, какъ и плотность земли, а именно: чѣмъ ближе къ центру солнца находятся его частицы, тѣмъ больше плотность массы, сосредоточенной въ этихъ частицахъ.

§ 2. **Свободное паденіе тѣлъ на поверхности солнца.** Астрономы не только съумѣли взвѣсить *массу* солнца и опредѣлить *плотность* того вещества, изъ котораго оно состоитъ, но имъ также удалось узнать, какое пространство при паденіи должно пробѣгать, на поверхности солнца, въ первую секунду какое-нибудь тяжелое тѣло, лишенное подставки и предоставленное самому себѣ. На поверхности нашей земли свободно падающее тѣло пробѣгаетъ въ первую секунду, какъ извѣстно, 5 метровъ; это уже неоднократно доказывалось наблюденіями, и въ этомъ всякій, если пожелаетъ, можетъ убѣдиться самъ. На поверхности же солнца, конечно, мы не можемъ производить подобныхъ наблюденій; но, несмотря на это, мы все же не менѣе достовѣрно знаемъ, что тамъ свободно падающее тѣло пробѣгаетъ въ первую секунду 136 метровъ, т. е. пространство, которое въ 28 разъ больше пространства, пробѣгаемаго свободно падающимъ тѣломъ на поверхности земли. Вслѣдствіе этого, тѣло, которое у насъ, на землѣ, вѣситъ, напр., 1 килограммъ, тамъ, на солнцѣ, должно вѣсить 28 килограммовъ. Но если бы даже мы могли какъ-нибудь попасть на солнце, то все же для этого опыта намъ нельзя было бы воспользоваться нашими

обыкновенными вѣсами, такъ какъ на солнцѣ не только взвѣшиваемое тѣло, но также и гиря, лежащая на другой чашкѣ вѣсовъ, сдѣлалась бы въ 28 разъ тяжелѣе, чѣмъ на землѣ. Въ этомъ случаѣ, напр., упругая пружина, при помощи которой можно опредѣлять давленіе, оказываемое на нее лежащимъ на ней тѣломъ, сослужила бы намъ лучшую службу, такъ какъ выраженіе «всякое тѣло на солнцѣ вѣситъ въ 28 разъ больше, чѣмъ на землѣ» собственно обозначаетъ, что давленіе всякаго тѣла на подставку на поверхности солнца въ 28 разъ больше, чѣмъ на поверхности земли.

Безъ сомнѣнія, было бы также весьма интересно подробнѣе познакомиться съ физическими свойствами этого центральнаго тѣла нашей планетной системы. Однако солнце находится слишкомъ далеко отъ насъ и потому мало доступно для такого рода изслѣдованій, даже если мы воспользуемся для этой цѣли лучшими нашими астрономическими трубами; вотъ почему мы не можемъ разсчитывать на большой успѣхъ въ этомъ отношеніи. Согласно съ точными изслѣдованіями горизонтальный параллаксъ (I, § 41) солнца составляетъ для жителей мѣстъ, лежащихъ на земномъ экваторѣ, всего только 8,85″, откуда мы выводимъ, что среднее растояніе отъ солнца до земли равно 148 600 000 километровъ. Пушечное ядро, летящее со скоростью 500 метровъ въ секунду, прошло бы это разстояніе только въ 10 лѣтъ. Пусть же читатели судятъ сами, насколько сбыточны наши надежды сдѣлать, при такихъ условіяхъ, великія открытія относительно строенія поверхности солнца и относительно физическихъ свойствъ этого небеснаго тѣла, если даже поверхность земли, на которой мы сами живемъ, до сихъ поръ еще недостаточно изучена нами.

Но тѣмъ не менѣе, благодаря важному значенію этого величайшаго изъ всѣхъ тѣлъ нашей планетной системы и еще болѣе, можетъ-быть, благодаря тѣмъ благодѣяніямъ, которыя мы ежедневно и даже ежечасно получаемъ отъ него, мы считаемъ себя какъ бы обязанными заняться изслѣдованіемъ его физическихъ свойствъ, по крайней мѣрѣ настолько, насколько это позволяютъ наши ограниченныя силы. Выше мы уже упоминали о двухъ наиболѣе важныхъ благодѣяніяхъ, получаемыхъ нами отъ солнца: оно посылаетъ намъ свѣтъ и теплоту. Поэтому здѣсь вполнѣ умѣстно нѣсколько дольше остановиться на каждомъ изъ этихъ даровъ неба.

§ 3. **Гипотеза истеченія свѣтового вещества и гипотеза волнообразнаго колебанія эѳира.** Еще въ началѣ XIX-го стол. допускали, что отъ свѣтящихся и нагрѣтыхъ тѣлъ отдѣляются чрезвычайно маленькія частички особаго вещества, которыя движутся съ весьма большою скоростью и, достигая нашихъ нервовъ, ударяются о нихъ и производятъ раздраженіе, воспринимаемое нами подъ названіемъ свѣта или теплоты. Но такъ какъ вѣсъ тѣла, когда оно свѣтится или когда оно нагрѣто, не уменьшается, то слѣдовало допустить, или что вышеупомянутыя отдѣляющіяся отъ тѣла частички не подчиняются закону всеобщаго тяготѣнія, или что онѣ на столько малы, что вѣсъ ихъ не можетъ быть опредѣленъ при помощи самаго точнаго взвѣшиванія; вслѣдствіе этого состоящія изъ такихъ частицъ вещества, являющіяся причиной свѣта и теплоты, равно какъ и такъ называемыя электрическая и магнитная жидкости, получили общее названіе невѣсомыхъ.

Теорія этихъ невѣсомыхъ, въ примѣненіи къ свѣту, получила названіе теоріи истеченія свѣтового вещества. На основаніи этой теоріи свѣтящіяся тѣла испускаютъ частицы свѣтового вещества, которыя движутся прямолинейно по всѣмъ направленіямъ. Частицы, слѣдующія другъ за другомъ по направленію одной и той-же прямой линіи и составляющія такъ называемый лучъ свѣта, встрѣчая сѣтчатую оболочку нашего глаза, ударяются о нее, вслѣдствіе чего мы получаемъ ощущеніе, которое и называемъ свѣтомъ. Объясненіе отраженія и преломленія свѣта на основаніи теоріи истеченія свѣтового вещества не представляло никакихъ затрудненій; однако, чтобы объяснить по этой теоріи красивые цвѣта, наблюдаемые въ весьма тонкихъ пластинкахъ слюды, въ мыльныхъ пузыряхъ и т. д., пришлось прибѣгнуть къ новой гипотезѣ, именно къ гипотезѣ

такъ называемыхъ приступовъ. Эта гипотеза, развитая Ньютономъ, допускаетъ, что свѣтовыя частицы, двигаясь вдоль свѣтового луча, періодически мѣняютъ свои качества и, вслѣдствіе этого, въ одномъ случаѣ обладаютъ способностью отражаться, или такъ называемымъ приступомъ легкаго отраженія, въ другомъ — способностью преломляться, или такъ называемымъ приступомъ легкаго преломленія. Но вскорѣ и этой гипотезой нельзя было удовольствоваться. Съ открытіемъ поляризаціи (§ 6) пришлось допустить, что частицы свѣтового вещества, которыя прежде считались шарообразными, имѣютъ продолговатую форму и съ разныхъ сторонъ обладаютъ разными свойствами; поэтому свѣтовыя частички, смотря по тому, какой стороной онѣ обращены къ тѣлу, которое онѣ встрѣчаютъ на своемъ пути, иногда вовсе не отражаются отъ него, хотя бы это тѣло и было полированное, иногда же теряютъ способность проходить черезъ прозрачныя тѣла. Кромѣ того, теорія истеченія, для объясненія явленій поляризаціи, допускала въ свѣтовыхъ частичкахъ существованіе особыхъ осей, которыя подъ вліяніемъ тѣлъ, сообщающихъ свѣту свойства поляризаціи, во всѣхъ частичкахъ, находящихся на одномъ и томъ-же свѣтовомъ лучѣ, принимаютъ одно и то-же извѣстное направленіе. Но и этого было мало: вскорѣ явилась необходимость приписать частицамъ свѣтового вещества новыя свойства и, прежде всего, свойство полярности, на основаніи котораго два конца одной и той-же свѣтовой частицы представляютъ два противоположные полюса, подобные полюсамъ магнита, откуда происходитъ и самое названіе поляризаціи. Подобнымъ же образомъ, съ открытіемъ интерференціи (§ 5), двойного лучепреломленія (§ 6) и т. п., словомъ—со всякимъ новымъ открытіемъ касающимся свойствъ свѣта, необходимо было приписывать также и свѣтовымъ частицамъ все новыя и новыя свойства.

Это обстоятельство побудило, въ началѣ XIX-го столѣтія, двухъ выдающихся физиковъ, Юнга въ Англіи и Френеля во Франціи, совершенно оставить теорію истеченія свѣтовой матеріи и вернуться къ теоріи волнообразнаго колебанія эѳира. Эта теорія, получившая свое начало еще отъ Декарта, была болѣе подробно развита Гюйгенсомъ въ то-же самое время, когда и Ньютонъ предложилъ свою теорію истеченія свѣтового вещества; но первая теорія долгое время не могла пустить глубокихъ корней и такимъ образомъ конкурировать съ послѣдней, не смотря на то, что уже Эйлеръ, при помощи въ высшей степени остроумныхъ замѣчаній, доказалъ неудовлетворительность теоріи истеченія свѣтового вещества и въ яркомъ освѣщеніи выставилъ преимущества теоріи волнообразнаго колебанія эѳира. Это объясняется исключительно тѣмъ высокимъ уваженіемъ и тѣмъ большимъ авторитетомъ, которыми пользовался среди ученыхъ знаменитый основатель теоріи истеченія. На основаніи теоріи Гюйгенса, по общераспространенному теперь взгляду, свѣтъ вызывается колебаніями эѳира, т. е. до крайности разрѣженнаго, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, весьма упругаго вещества, проникающаго всѣ матеріальныя тѣла и распространеннаго по всему міровому пространству. Эти колебанія эѳира, достигая сѣтчатой оболочки нашего глаза, передаются нашему сознанію подъ видомъ свѣта совершенно такъ же, какъ проникающія въ наше ухо колебанія воздуха воспринимаются нами въ видѣ звука. И подобно тому, какъ разница тоновъ звука обусловливается бо́льшимъ или мень-шимъ числомъ колебаній воздуха въ теченіе нѣкотораго опредѣленнаго промежутка времени, точно также и различіе цвѣтовъ зависитъ отъ бо́льшаго или меньшаго числа колебаній эѳира въ теченіе нѣкотораго опредѣленнаго промежутка времени. Съ тѣхъ поръ, какъ цѣлый рядъ знаменитыхъ математиковъ: Коши, Пуассонъ, Гринъ и другихъ, работая въ духѣ основателя этого ученія, продолжали развивать послѣднее, пользуясь для этой цѣли силою математическаго анализа, не только явилась возможность объяснить всѣ наблюдаемыя явленія, не прибѣгая къ какимъ бы то ни было новымъ предположеніямъ, но также неоднократно удавалось предсказывать неизвѣстныя раньше явленія, которыя послѣ этого были впервые наблюдаемы только благодаря этимъ предсказаніямъ. Это было, безъ сомнѣнія, полнѣйшимъ торжествомъ гипотезы волнообразнаго колебанія эѳира. Впрочемъ,

въ наше время удалось при помощи опытовъ доказать, что свѣтъ въ болѣе плотной средѣ распространяется съ меньшею скоростью, чѣмъ въ болѣе разрѣженной, и такимъ образомъ теперь мы имѣемъ прямое доказательство справедливости теоріи волнообразнаго колебанія эѳира, такъ какъ, если бы была справедлива гипотеза истеченія свѣтового вещества, то имѣло бы мѣсто обратное явленіе.

Послѣ того какъ удалось изгнать изъ физики одно изъ невѣсомыхъ, начали относиться съ бо́льшею осторожностью и къ остальнымъ невѣсомымъ, такъ какъ нѣкоторые ежедневно наблюдаемые факты, на которые раньше не обращали должнаго вниманія, находились въ прямомъ противорѣчіи съ теоріей этихъ невѣсомыхъ. Такъ, напр., если мы будемъ тереть одно о другое два тѣла, то оба они при этомъ нагрѣваются. Прежде, когда теплоту разсматривали какъ нѣкоторое невѣсомое, присущее всякому тѣлу вещество, которое называли теплородомъ, для объясненія этого явленія допускали, что при треніи всякое тѣло выдѣляетъ, или, какъ говорятъ, освобождаетъ свой теплородъ. Если бы это объясненіе было справедливо, то, повторяя нашъ опытъ съ двумя данными тѣлами неоднократно, черезъ извѣстные промежутки времени, мы должны были бы при каждомъ новомъ опытѣ наблюдать постепенное уменьшеніе нагрѣванія, и, въ концѣ концовъ, это нагрѣваніе совсѣмъ прекратилось бы, такъ какъ въ каждомъ изъ трущихся тѣлъ съ теченіемъ времени оставалось бы все меньше и меньше теплорода. Однако, это заключеніе никоимъ образомъ не подтверждается ежедневнымъ опытомъ; напротивъ того, мы видимъ, что, сколько бы разъ мы ни повторяли опыта съ трущимися тѣлами, всегда, при одинаковыхъ обстоятельствахъ, развивается одно и то же количество теплоты.

Прежде на это замѣчательное явленіе обращали такъ же мало вниманія, какъ и на многія другія, не менѣе бросающіяся въ глаза. Такъ, напр., извѣстно, что шаръ, приведенный въ движеніе на горизонтальной плоскости, мало-по-малу теряетъ свою скорость и, въ концѣ концовъ, совсѣмъ останавливается. Прежде по этому поводу, безъ дальнѣйшихъ размышленій, говорили, что это вполнѣ естественно, такъ какъ треніе мало-по-малу уничтожаетъ движущую силу, и этимъ объясненіемъ довольствовались, не задаваясь вопросомъ, насколько оно правдоподобно. Между тѣмъ то обстоятельство, что шаръ постепенно нагрѣвается и притомъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше была первоначальная сообщенная ему скорость, должно было бы служить достаточнымъ указаніемъ, что сила, сообщившая шару движеніе, не исчезла безслѣдно, какъ склонны были думать прежде. Когда въ новѣйшее время было обращено бо́льшее вниманіе на это обстоятельство, то мало-по-малу составился новый взглядъ, а именно, что исчезновеніе движущей силы есть лишь кажущееся явленіе, но что, въ дѣйствительности, движеніе превращается въ теплоту, и что, слѣдовательно, теплота не представляетъ собою какого бы то ни было вещества, а есть только новая форма, въ которой представляется нашимъ чувствамъ движеніе.

Пользуясь этими и имъ подобными разсужденіями ученые постепенно совершенно изгнали изъ физики такъ называемыя невѣсомыя, и всѣ явленія, которыя прежде объяснялись на основаніи теоріи этихъ невѣсомыхъ, стали объяснять движеніемъ; въ частности, свѣтъ и лучистая теплота, которые здѣсь представляютъ для насъ наибольшій интересъ, объясняются въ настоящее время поперечными колебаніями эѳира, проникающаго всѣ матеріальныя тѣла, или, по все болѣе и болѣе распространяющемуся взгляду, колебаніями мельчайшихъ частицъ самихъ тѣлъ.

Пользуясь новой теоріей мы легко можемъ объяснить интерференцію и поляризацію, эти два явленія, объясненіе которыхъ при помощи теоріи невѣсомыхъ не выдерживало никакой критики. Именно, новая теорія принимаетъ, что свѣтъ и теплота сами по себѣ не уничтожаются; вмѣстѣ съ тѣмъ, на основаніи этой теоріи, прямо противоположныя другъ другу колебанія, иначе говоря, прямо противоположныя другъ другу движенія, взаимно уничтожаются, что вполнѣ естественно.

§ 4. **Принципъ сохраненія энергіи**. Изгнаніе изъ физики невѣсомыхъ повлекло за собою установленіе новаго принципа, именно принципа сохраненія силы, который въ настоящее время обыкновенно называется, по предложенію Ранкина, принципомъ сохраненія энергіи. Первые зачатки этого принципа мы находимъ уже у Бэкона (1620 г.); попытки болѣе подробнаго развитія его принадлежатъ Декарту, Румфорду, Юнгу и другимъ; но собственно глубокіе корни пустилъ этотъ принципъ лишь тогда, когда онъ проникъ въ Германію, главнымъ образомъ благодаря стараніямъ І. Р. Майера въ Хейльбоннѣ (1842 г.). Наконецъ, въ 1843 году, онъ былъ доказанъ опытнымъ путемъ Джоуля въ Манчестерѣ. Здѣсь мы вкратцѣ изложимъ лишь самыя основныя положенія этого новаго ученія.

Уже съ давнихъ поръ, особенно благодаря трудамъ Лавуазье былъ установленъ тотъ неопровержимый фактъ, что ни одна частица вещества, разсѣяннаго по всему міровому пространству, не пропадаетъ и не творится вновь. Однако совершенно иное мнѣніе было распространено относительно энергіи, или, по прежнему выраженію, относительно силы, которая является причиной движенія, и о величинѣ которой мы можемъ судить по длинѣ пути, проходимаго тѣломъ, подъ ея дѣйствіемъ, въ извѣстный промежутокъ времени, или, какъ говорятъ, на основаніи производимой ею работы. Именно, прежде полагали, что при помощи ряда процессовъ энергія или способность тѣла произвести нѣкоторую работу можетъ быть создана, а при помощи другого ряда процессовъ она опять можетъ быть безслѣдно уничтожена. Однако этотъ взглядъ противорѣчитъ новѣйшей физикѣ, которая исходитъ изъ того основного положенія, что при созданіи матеріи этой послѣдней было сообщено нѣкоторое количество энергіи, которое не можетъ быть ни увеличено, ни уменьшено, такъ что въ этомъ смыслѣ энергія такъ-же неизмѣнна, какъ и сама матерія. Но какъ для матеріи возможны извѣстныя превращенія, вслѣдствіе чего мѣняется лишь наружный видъ вещества, но не самая его сущность, такъ-же точно и энергія можетъ принимать разнообразныя формы. Извѣстно, что кислородъ и водородъ, соединяясь при помощи химическихъ процессовъ, образуютъ одно тѣло — воду, которая по своему наружному виду не имѣетъ ни малѣйшаго сходства ни съ однимъ изъ тѣлъ, входящихъ въ ея составъ, хотя ни одна частица этихъ тѣлъ не исчезла безслѣдно. Нѣчто подобное замѣчается и относительно энергіи.

Изъ ежедневнаго опыта, мы знаемъ, что поступательное движеніе какого-нибудь тѣла черезъ посредство тренія обращается въ колебательное движеніе мельчайшихъ частицъ этого тѣла, что нашими чувствами воспринимается въ видѣ теплоты. Другими словами, въ этомъ случаѣ энергія поступательнаго движенія превращается въ тепловую энергію, но количество энергіи при этомъ остается неизмѣннымъ. Всякое сложное вещество извѣстнымъ образомъ можетъ быть снова разложено на тѣ первоначальныя вещества, изъ которыхъ оно было составлено; такъ, напр., вода можетъ быть снова разложена на свои составныя части — водородъ и кислородъ. Нѣчто подобное имѣетъ мѣсто и относительно энергіи. Такъ, напр., тепловая энергія при помощи паровой машины можетъ быть снова обращена въ энергію поступательнаго движенія.

Точныя изслѣдованія показываютъ, что то количество теплоты, которое необходимо для производства движенія, можетъ быть снова получено, если мы движеніе превратимъ опять въ теплоту, напр., черезъ посредство тренія.

Для большей ясности приведемъ сравненіе, взятое изъ ежедневной жизни и относящееся къ предметамъ нашей торговли. Золотая монета и драгоцѣнный камень представляютъ, повидимому, совершенно различные предметы, тѣмъ не менѣе мы можемъ, заплативши золотую монету, получить взамѣнъ ея драгоцѣнный камень и, обратно, отдавши этотъ послѣдній, получить взамѣнъ его золотую монету. Какую роль въ торговлѣ играетъ цѣнность денегъ, совершенно такую же въ механической теоріи теплоты играетъ такъ называемая живая сила или кинетическая энергія. Эта послѣдняя можетъ принимать разнооб-

разныя формы совершенно такъ-же, какъ одну и туже цѣнность могутъ представлять кусокъ серебра, кусокъ золота и драгоцѣнный камень. И подобно тому, какъ мы можемъ выразить отношеніе цѣнности драгоцѣннаго камня къ цѣнности серебра или золота, совершенно также мы можемъ опредѣлить, какое количество энергіи движенія, иначе говоря, какую движущую силу мы можемъ получить, затративъ нѣкоторое опредѣленное количество теплоты. Именно, найдено, что количество теплоты, потребное для того, чтобы нагрѣть одинъ килограммъ воды на одинъ градусъ Цельзія, или, другими словами, такъ называемая единица теплоты, будучи обращена въ энергію движенія, даетъ движущую силу, равную 429 килограммъ-метрамъ, т. е. силу, способную въ теченіе одной секунды поднять 429 килограммовъ на высоту одного метра. Это число, выражающее, такъ сказать, отношеніе цѣнности тепловой энергіи къ цѣнности энергіи движенія, называется механическимъ эквивалентомъ теплоты.

Въ дѣйствительности, никогда все количество теплоты не обращается въ движеніе, но всегда нѣкоторое количество ея, повидимому, пропадаетъ безслѣдно; и обратно: никогда все количество энергіи движенія не обращается въ тепловую энергію. Такимъ образомъ, здѣсь опять замѣчается то-же самое, что и при покупкѣ и продажѣ какого-нибудь предмета. Если, напр., мы пріобрѣли какой-нибудь драгоцѣнный камень и затѣмъ снова хотимъ его продать, то ювелиръ никоимъ образомъ не дастъ намъ за него той суммы денегъ, которую мы ему заплатили при покупкѣ, а непремѣнно нѣсколько меньше. И обратно, если мы продали ему какой-нибудь драгоцѣнный камень и затѣмъ снова хотимъ его купить, то мы заплатимъ ему нѣсколько больше, чѣмъ раньше получили отъ него за тотъ-же самый камень. Въ обоихъ этихъ случаяхъ мы теряемъ нѣкоторую сумму денегъ; но въ дѣйствительности эти деньги не исчезаютъ безслѣдно: ихъ получаетъ ювелиръ въ видѣ процента. Точно также, и при превращеніи энергіи движенія въ тепловую или обратно, часть энергіи, только повидимому, исчезаетъ безслѣдно; на самомъ же дѣлѣ она тратится на производство нѣкоторой работы. Такъ, напр., при вколачиваніи гвоздя въ стѣну, только нѣкоторая часть энергіи молотка, какъ движущагося тѣла, обращается въ тепловую энергію, что узнается по нагрѣванію головки гвоздя при ударахъ молотка; другая же часть энергіи движенія этого послѣдняго, передаваясь гвоздю, заставляетъ его входить въ стѣну. Но вслѣдствіе этого принципъ сохраненія энергіи, очевидно, нисколько не нарушается.

Движеніе и теплота—это не единственныя формы, которыя можетъ принимать энергія. Она можетъ проявляться также, напр., въ видѣ химическаго сродства. Подъ названіемъ химическаго сродства подразумѣвается стремленіе двухъ тѣлъ къ взаимному соединенію. Въ моментъ соединенія всегда выдѣляется извѣстное количество теплоты. Такъ, напр., уголь, сгорая въ воздухѣ, соединяется съ кислородомъ этого послѣдняго и образуетъ новое тѣло—такъ называемый углекислый газъ; при этомъ процессѣ, какъ мы знаемъ, развивается значительное количество теплоты. Кислородъ и углеродъ, эти два тѣла, способные къ взаимному соединенію, до соединенія обладаютъ, слѣдовательно, извѣстнымъ запасомъ энергіи въ видѣ химическаго сродства, но эта энергія въ моментъ соединенія обращается въ тепловую. Сравнивая только что упомянутый запасъ энергіи съ капиталомъ, мы можемъ сказать, что, сжигая уголь въ кислородѣ нашего воздуха, мы расходуемъ этотъ капиталъ; но зато взамѣнъ его мы получаемъ нѣкоторое количество теплоты, которое имѣетъ ту-же цѣнность, какъ и затраченный капиталъ, такъ что мы можемъ во всякое время, пользуясь надлежащимъ способомъ, получить этотъ капиталъ обратно.

Все вышесказанное относится не только къ такимъ процессамъ горѣнія, которые дѣлаются замѣтными для нашего глаза, благодаря появляющемуся при этомъ пламени, но также и къ процессамъ такъ называемаго горѣнія безъ огня; подобные процессы постоянно происходятъ въ нашемъ тѣлѣ. Всѣ наши съѣстные припасы суть вещества, способныя къ горѣнію, иначе говоря—способныя къ соединенію съ кислородомъ, хотя они, благодаря содержащейся въ нихъ влагѣ, непосредственно и не могутъ сгорать. Мы вдыхаемъ кислородъ воздуха;

въ нашихъ легкихъ этотъ кислородъ приходитъ въ соприкосновеніе съ соками, которые вырабатываются въ нашемъ организмѣ благодаря принимаемой нами пищѣ и которые содержатъ въ себѣ свободный, т. е. еще не соединившійся съ кислородомъ, углеродъ; этотъ послѣдній соединяется съ вдыхаемымъ нами кислородомъ, иначе говоря—сгораетъ въ немъ, вслѣдствіе чего образуется углекислота, которую мы и выдыхаемъ; при этомъ горѣніи въ тѣлѣ человѣка и, вообще, въ тѣлѣ всякаго животнаго постоянно развивается теплота, замѣняющая собою, такимъ образомъ, ту теплоту, которую тѣло безпрерывно теряетъ черезъ лучеиспусканіе въ окружающее его пространство. Поэтому понятно, что негръ въ теченіе дня довольствуется для своего пропитанія горстью риса: тѣло негра излучаетъ въ окружающее пространство небольшое количество теплоты; слѣдовательно, онъ можетъ довольствоваться такимъ количествомъ пищи, благодаря которому въ его тѣлѣ развивается также лишь небольшое количество теплоты. Жители полярныхъ странъ питаются богатой углеродомъ ворванью, такъ какъ окружающее ихъ ледяное пространство отнимаетъ отъ ихъ тѣла большое количество теплоты. Точно также, многіе сѣверные народы питаютъ пристрастіе къ спиртнымъ напиткамъ, весьма богатымъ горючими составными частями, не потому, что эти напитки случайно пришлись имъ по вкусу, но потому что они составляютъ потребность ихъ организма.

Мы знаемъ, что при всякомъ химическомъ соединеніи освобождается теплота. Что же должно произойти въ томъ случаѣ, если мы попытаемся полученное соединеніе снова разложить на составныя части, иначе говоря,—если мы попытаемся возстановить вещества, способныя къ горѣнію? При горѣніи, иначе говоря,—при соединеніи двухъ веществъ въ одно сложное, энергія химическаго сродства превращается въ тепловую энергію; при обратномъ процессѣ, т. е. при разложеніи сложнаго вещества на два простыхъ, входящихъ въ его составъ, надо, напротивъ того, потратить то же самое количество теплоты, которое выдѣлилось при ихъ соединеніи. Эта теплота, которая есть ни что иное, какъ особая форма энергіи, необходима для того, чтобы въ нашемъ примѣрѣ раздѣлить кислородъ и углеродъ, входящіе въ составъ углекислоты, другими словами,—для того, чтобы преодолѣть силу, которая удерживаетъ кислородъ и углеродъ въ соединеніи другъ съ другомъ. Употребляемая для этого теплота, повидимому, исчезаетъ безслѣдно; на самомъ же дѣлѣ въ этомъ случаѣ тепловая энергія обращается въ энергію химическаго сродства; но при соединеніи составныхъ частей снова въ одно тѣло опять выдѣляется то же самое количество теплоты.

Приложимъ теперь все вышесказанное къ органическому міру. Если бы углекислота, получающаяся какъ результатъ горѣнія, которое происходитъ въ тѣлѣ всякаго животнаго, не разлагалась снова на свои составныя части, то, въ концѣ концовъ, все способное къ горѣнію было бы уничтожено и, вслѣдствіе этого, всякая жизнь на землѣ прекратилась бы. Но въ природѣ возможность такого исхода предусмотрительно предотвращена тѣмъ, что въ ней кругообращеніе вещества распредѣляется слѣдующимъ образомъ. Въ тѣлѣ животныхъ происходитъ такъ называемое горѣніе безъ огня, благодаря которому животныя пріобрѣтаютъ жизнеспособность. Растенія же несутъ обязанность разлагать продуктъ горѣнія—углекислоту и возстановлять вещества, необходимыя для горѣнія. Это можетъ быть непосредственно доказано при помощи простого опыта. Въ самомъ дѣлѣ, если мы помѣстимъ какое-нибудь растеніе подъ стеклянный колоколъ, герметически закрытый со всѣхъ сторонъ и наполненный углекислотой, и затѣмъ выставимъ весь приборъ на солнце, то черезъ нѣсколько времени мы убѣдимся, что подъ колоколомъ болѣе нѣтъ углекислоты; эта послѣдняя разложилась на свои составныя части, и только одна изъ нихъ, именно газообразный кислородъ, находится теперь подъ колоколомъ; углеродъ же впитало въ себя растеніе, благодаря чему у этого послѣдняго образовались новыя листья, и стволъ получилъ дальнѣйшее развитіе. Но теплота, необходимая для разложенія углекислоты на кислородъ и углеродъ, была выработана не самимъ растеніемъ; то обстоятельство, что описанный опытъ удается только на солнечномъ свѣтѣ, ясно показываетъ, что требуемое количество теплоты

въ этомъ случаѣ доставляется солнцемъ; растеніе же только превратило свѣтовые и тепловые лучи солнца или такъ называемую лучистую энергію въ энергію химическаго сродства, которая, впрочемъ, во всякое время можетъ обратиться опять въ тепловую энергію, если раздѣленныя въ данномъ случаѣ составныя части углекислоты снова соединятся въ одно тѣло.

Вышесказанное даетъ намъ достаточное понятіе о томъ удивительномъ устройствѣ природы, благодаря которому она, не смотря на всѣ видимыя перемѣны, остается вѣчно юной. Животныя употребляютъ въ пищу продукты растительнаго царства и расходуютъ теплоту, развивающуюся въ ихъ тѣлѣ вслѣдствіе горѣнія этихъ продуктовъ; растенія же суть ни что иное, какъ мастерскія, въ которыхъ снова разлагается на свои составныя части углекислота, получающаяся какъ результатъ этого горѣнія, и въ которыхъ, такимъ образомъ, приготовляются вещества, снова способныя къ горѣнію.

Слѣдовательно растеніе является лишь посредникомъ между животнымъ міромъ и той всеоживляющей силой солнца, благодаря которой дѣлается возможнымъ самое наше существованіе. Но не одни мы, живыя существа, зависимъ отъ этой силы солнца; вся природа погрузилась бы въ глубокій, нѣмой покой, если бы эта же самая сила не оживляла ее безпрестанно. Эта сила является причиной всѣхъ движеній и всѣхъ перемѣнъ, происходящихъ на поверхности земного шара. Въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ текутъ съ горъ ручейки; эти ручейки впадаютъ въ рѣки, которыя, въ свою очередь, несутъ свои воды въ океанъ; благодаря солнечной теплотѣ, вода въ океанахъ испаряется, и, такимъ образомъ, частицы воды поднимаются вверхъ и тамъ сгущаются въ видѣ облаковъ, съ тѣмъ чтобы затѣмъ снова начать свое кругообращеніе. Самый сильный ураганъ и самый нѣжный зефиръ объясняются разностью температуръ въ двухъ рядомъ лежащихъ мѣстностяхъ; а эта разность температуръ, въ свою очередь, вызывается согрѣвающей силой солнца. Мельникъ и морякъ живутъ одинаковымъ образомъ отъ благодѣяній солнца, и если мы теперь, съ помощью пара, можемъ объѣхать весь земной шаръ, то этимъ мы обязаны опять той силѣ, той энергіи, которую солнце въ теченіе многихъ тысячелѣтій накопило въ залежахъ каменнаго угля и которую мы обращаемъ сначала въ тепловую энергію, а затѣмъ въ энергію поступательнаго движенія.

Итакъ, все огромное количество энергіи, проявляющейся на нашей землѣ въ самыхъ разнообразныхъ формахъ, доставляется намъ солнцемъ; одно солнце служитъ источникомъ жизни не только на нашей землѣ, но и, вообще, во всей нашей планетной системѣ. И все же, на основаніи того же самаго принципа сохраненія энергіи, солнце само по себѣ не можетъ вѣчно доставлять намъ свѣтъ и теплоту. Таинственная связь, существующая между солнцемъ и другими системами, пути, проходимые лучами солнца, послѣ того какъ они, благодаря самымъ разнообразнымъ превращеніямъ, уже послужили на землѣ или на другихъ планетахъ на пользу живымъ существамъ, наконецъ, тѣ пространства, куда эти лучи снова устремляются, съ тѣмъ чтобы затѣмъ опять, уже съ обновленной энергіей, въ вѣчномъ кругообращеніи, начать свой прежній путь,—все это, при нашихъ слабыхъ силахъ, недоступно нашему изслѣдованію. Но, во всякомъ случаѣ, мы должны радоваться тому, что находимся на пути этого благодѣтельнаго потока солнечныхъ лучей и что мы можемъ властвовать надъ этими лучами, пока они находятся въ нашихъ земныхъ владѣніяхъ.

§ 5. **Свѣтовыя волны.** Возвращаясь снова къ разсмотрѣнію свѣтовыхъ явленій, мы, согласно съ предыдущимъ, должны допустить, что свѣтящееся тѣло производитъ поперечныя колебанія эѳира, которыя, достигая сѣтчатой оболочки нашего глаза, вызываютъ въ немъ ощущеніе свѣта, совершенно такъ-же, какъ продольныя воздушныя волны, достигая нашего уха, производятъ въ немъ ощущеніе звука.

Сообразно съ этимъ, мы можемъ представить себѣ, что колебанія эѳира, вызываемыя какой-нибудь свѣтящейся точкой, подобны волнамъ, которыя камень, брошенный въ

воду, производитъ на ея поверхности. Направленіемъ свѣтового луча опредѣляется направленіе, по которому распространяются эти свѣтовыя волны; каждая частица эѳира, совершенно такъ же, какъ и любая частица поверхности воды, собственно не перемѣщается по тому направленію, по которому распространяются волны, но только постоянно то поднимается, то опускается, иначе говоря,—колеблется въ извѣстныхъ предѣлахъ около нѣкотораго средняго положенія, при чемъ это колебательное движеніе постепенно сообщается сосѣднимъ частицамъ. Передача этого движенія совершается въ теченіе нѣкотораго времени, такъ что не всѣ частицы поднимаются и опускаются въ одно и то-же время, но послѣдовательно, одна за другой, достигаютъ онѣ своего высшаго положенія. То мѣсто, въ которомъ соотвѣтственная частица эѳира достигаетъ своего наивысшаго положенія, другими словами — возвышеніе воны, кажется, поэтому, перемѣщающимся по направленію луча свѣта; за этимъ возвышеніемъ слѣдуетъ углубленіе волны, за нимъ—слѣдующее возвышеніе и т. д.

Если на поверхности воды сталкиваются одна съ другой двѣ системы волнъ, то мѣстами возвышенія и углубленія волнъ одной системы встрѣчаются соотвѣтственно съ возвышеніями и углубленіями волнъ другой, мѣстами же возвышенія одной системы встрѣчаются съ углубленіями другой. Въ первомъ случаѣ, какъ легко понять, волнообразное движеніе усиливается, а во второмъ оно ослабляется и даже можетъ совершенно уничтожиться. Тоже самое случается и съ свѣтовыми волнами; именно, два луча, встрѣчаясь при извѣстныхъ обстоятельствахъ, въ дѣйствительности могутъ произвести впечатлѣніе темноты. Это было доказано знаменитымъ физикомъ Френелемъ при помощи простого и весьма извѣстнаго опыта, излагаемаго въ элементарныхъ курсахъ физики, такъ что намъ нѣтъ необходимости на этомъ останавливаться. Для нашей цѣли достаточно только указать еще на общеизвѣстный фактъ, что это явленіе, которое носитъ названіе интерференціи, доставило намъ способъ опредѣленія длины свѣтовыхъ волнъ любого цвѣта. Именно, длины свѣтовыхъ волнъ различныхъ цвѣтовъ или, какъ говорятъ, различныхъ частей спектра (см. ниже § 7), которыя мы пока обозначимъ буквами *A*, *B*, *C*..., выражаются слѣдующими числами:

Часть спектра.	Длина волны въ миллимерахъ.
A, въ началѣ краснаго цвѣта	0,000 761.
B, въ красномъ цвѣтѣ	687.
C, въ красномъ цвѣтѣ	656.
D, между оранжевымъ и желтымъ цвѣтами	589.
E, въ зеленомъ цвѣтѣ	527.
F, въ зеленовато-голубомъ цвѣтѣ	486.
G, въ синемъ цвѣтѣ	431.
H, въ фіолетовомъ цвѣтѣ	397.

Такъ какъ колебанія всякой свѣтовой волны распространяются съ одинаковой скоростью, именно съ извѣстною уже намъ скоростью свѣта, которая равна 300000 километровъ въ секунду (Часть I, § 46), то мы легко можемъ вычислить продолжительность одного колебанія волны любого цвѣта. Такъ, напр., длина волны краснаго цвѣта въ части *A* спектра составляетъ 0,000761 миллиметра; поэтому, на протяженіи 300000 километровъ помѣщаются 394 билліона волнъ краснаго цвѣта. Представимъ себѣ, что гдѣ-нибудь на протяженіи свѣтового луча отложена длина, равная 300000 километровъ. Колебанія волны краснаго цвѣта распространяются отъ начальной точки этой длины до ея конечной точки, очевидно, въ теченіе одной секунды. Ясно, что въ теченіе одной секунды та точка эѳира, которая совпадаетъ съ начальной точкой упомянутой выше дли-

ны, должна совершить 394 билліона колебаній. Слѣдовательно продолжительность одного колебанія составляетъ всего только $\frac{1}{394000000000000}$ секунды. Въ слѣдующей табличкѣ дано число колебаній волнъ различнаго цвѣта, иначе говоря, волнъ различныхъ частей спектра въ теченіе одной секунды времени.

Часть спектра.	Число колебаній въ 1 секунду.	Часть спектра.	Число колебаній въ 1 секунду.
A	394 билліона.	*E*	569 билліоновъ.
B	437 »	*F*	617 »
C	457 »	*G*	696 »
D	509 »	*H*	756 »

Вышеприведенныя цифры служатъ, между прочимъ, прекраснымъ доказательствомъ того, что большее или меньшее число колебаній свѣтовой среды, или такъ называемаго эѳира воспринимается нашимъ глазомъ какъ тотъ или другой цвѣтъ, совершенно подобно тому, какъ въ звукѣ высота тона обусловливается большимъ или меньшимъ числомъ колебаній воздуха. Вмѣстѣ съ тѣмъ видно, что нашъ глазъ способенъ воспринимать цвѣтовые оттѣнки въ гораздо болѣе узкихъ предѣлахъ, чѣмъ ухо звуковые. Заимствуя способъ выраженія изъ ученія о звукѣ, мы можемъ сказать, что весь видимый нашимъ глазомъ спектръ едва охватываетъ одну октаву.

§ 6. **Поляризація.** Для полной характеристики всякаго колебательнаго движенія и въ частности колебательнаго движенія какой-нибудь частицы эѳира, необходимо знать:

1) амплитуду или размахъ колебанія, иначе говоря,—величину пространства, проходимаго колеблющейся частицей при каждомъ колебаніи, чѣмъ, въ нашемъ частномъ случаѣ, опредѣляется сила свѣта;

2) направленіе, по которому перемѣщается колеблющаяся частица;

3) продолжительность или періодъ одного колебанія, чѣмъ, въ нашемъ случаѣ, обусловливается цвѣтъ (§ 5).

Отъ амплитуды колебанія зависитъ исключительно сила свѣта, но не цвѣтъ. Въ самомъ дѣлѣ, амплитуда колебанія не оказываетъ вліянія на его продолжительность, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ качаній маятника (Часть I, § 16), такъ какъ, чѣмъ больше амплитуда, т. е. чѣмъ больше путь, проходимый точкой при колебательномъ движеніи, тѣмъ съ большею скоростью она совершаетъ это движеніе.

Что касается направленія колебательнаго движенія, то прежде всего разсмотримъ опять случай волнъ въ какомъ-нибудь водномъ бассейнѣ. Извѣстно, что въ этомъ случаѣ волны поднимаются и опускаются всегда въ направленіи силы тяжести, такъ какъ именно эта сила стремится привести частицы въ положеніе ихъ покоя и, вслѣдствіе этого, сообщаетъ всему движенію періодическій характеръ. Въ случаѣ же свѣтовыхъ волнъ причиной колебательныхъ движеній является не сила тяжести, а упругость эѳира, совершенно подобно тому, какъ балансиръ карманныхъ часовъ приводится въ движеніе упругостью пружины, а не силой тяжести, подъ дѣйствіемъ которой совершаетъ свои размахи маятникъ стѣнныхъ часовъ. Но въ какую бы сторону ни перемѣстилась частичка эѳира, упругость этого послѣдняго по всѣмъ направленіямъ одна и та же, вслѣдствіе чего эти колебанія могутъ происходить и, въ случаѣ обыкновеннаго свѣта, дѣйствительно происходятъ по всевозможнымъ поперечнымъ (§§ 3 и 4) направленіямъ, т. е. по такимъ направленіямъ, которыя перпендикулярны къ лучу свѣта.

Однако легко можно себѣ представить такой свѣтъ, который вызывается колебаніями частицъ эѳира, происходящими постоянно по одному и тому же направленію. Такой свѣтъ называется поляризованнымъ; плоскость, опредѣляемая направленіемъ луча свѣта и направленіемъ колебаній, иначе говоря,—плоскость, въ которой, происходятъ эти

колебанія, получаетъ названіе плоскости колебаній. Какимъ образомъ происходитъ поляризованный свѣтъ, это станетъ болѣе понятнымъ изъ нижеслѣдующаго разсмотрѣнія.

Положимъ, что точка A принадлежитъ свѣтовому лучу, направленіе котораго перпендикулярно къ плоскости бумаги (рис. 74). Мы только что сказали, что въ случаѣ обыкновеннаго свѣта, частицы эѳира могутъ совершать свои колебанія по всевозможнымъ направленіямъ, перпендикулярнымъ къ направленію луча свѣта. Слѣдовательно, линіи CD, EF, GH..., лежащія въ плоскости бумаги, представляютъ тѣ направленія, по которымъ происходятъ въ этомъ случаѣ колебанія частицъ эѳира. Разсмотримъ подробнѣе колебанія частицъ эѳира по одному изъ этихъ направленій, напр., по направленію AC, и обратимся для этого къ рисунку 75.

Частица эѳира можетъ перемѣститься изъ точки A въ точку C различными способами. Съ одной стороны, нѣкоторая сила, дѣйствующая по направленію AC, можетъ заставить эту частицу перемѣститься непосредственно изъ A въ C. Съ другой стороны, та же самая частица можетъ сначала перемѣститься изъ точки A въ точку K, подъ вліяніемъ нѣкоторой силы, дѣйствующей по направленію AK, и затѣмъ изъ точки K въ точку C, подъ вліяніемъ другой подобной же силы, дѣйствующей по направленію, параллельному линіи AL. Но если обѣ эти силы, дѣйствуя одновременно, заставляютъ частицу, совпадающую съ точкой A, перемѣщаться—одна по направленію AK, а другая по направленію AL, то вслѣдствіе этого разсматриваемая частица также перемѣстится изъ точки A въ точку C, но только не по ломаной линіи AKC, а непосредственно по прямой AC. Слѣдовательно перемѣщеніе частицы изъ точки A въ точку C можетъ быть одинаково хорошо объяснено какъ движеніемъ по линіи AC, такъ и двумя одновременно совершающимися движеніями по взаимно перпендикулярнымъ линіямъ AK и AL. Подобнымъ же образомъ мы можемъ всякое колебательное движеніе, совершающееся по любому изъ остальныхъ направленій AF, AH (рис. 74), разложить на два движенія (Часть I, § 47), изъ которыхъ одно происходитъ по направленію AX, а другое по направленію AY (рис. 75). Такимъ образомъ всякій свѣтовой лучъ, въ которомъ колебанія совершаются по всевозможнымъ направленіямъ, мы можемъ замѣнить такимъ лучомъ, въ которомъ колебанія совершаются только по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ. Оба эти луча въ дѣйствительности вполнѣ тождественны. Разница заключается исключительно въ способѣ представленія колебаній. Во второмъ случаѣ мы, такъ сказать, разлагаемъ лучъ на два составныхъ луча.

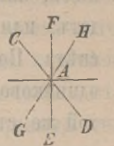


Рис. 74.

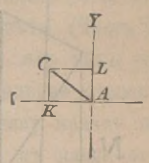


Рис. 75.

Но такъ какъ эти два составныхъ луча, въ которыхъ колебанія происходятъ по двумъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, при обыкновенныхъ условіяхъ всегда соединяются въ одинъ, и, слѣдовательно, напр., при прохожденіи черезъ прозрачныя тѣла, оба одинаковымъ образомъ уклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, то они, и послѣ такого прохожденія, соединяясь, даютъ опять тотъ же самый обыкновенный свѣтовой лучъ. Однако, нѣкоторыя вещества, напр., такъ называемый исландскій шпатъ, обладаютъ свойствомъ преломлять оба составные луча, вообще, неодинаковымъ образомъ, такъ что они, по выходѣ изъ этого кристалла, уже болѣе не соединяются въ одинъ лучъ, а распространяются далѣе, каждый отдѣльно, вслѣдствіе чего, между прочимъ, всѣ предметы, при разсматриваніи ихъ черезъ этотъ кристаллъ, представляются двойными. Такой кристаллъ представляетъ простѣйшій способъ полученія поляризованнаго свѣта; для этого, послѣ раздѣленія составныхъ лучей при помощи преломленія ихъ въ исландскомъ шпатѣ, надо одинъ изъ нихъ совершенно устранить, чего можно достичь при помощи такъ называемой николевой призмы. Въ такомъ случаѣ оставшійся лучъ будетъ поляризованъ строго по одному направленію.

* Николева призма дѣлается изъ кристалла исландскаго шпата, разрѣзаннаго извѣстнымъ образомъ на двѣ части, которыя потомъ склеиваются канадскимъ бальзамомъ; такія двѣ одинаковыя призмы N_1 и N_2 изображены въ разрѣзѣ на рисункѣ 76. Положимъ, что призмы помѣщены одна выше другой, и что снизу падаетъ лучъ свѣта SS на призму N_1. Изъ двухъ составныхъ лучей, на которые можетъ быть разложенъ лучъ свѣта SS, только одинъ проникаетъ во вторую половину призмы, а изъ нея въ воздухъ; другой же лучъ отражается въ сторону на границѣ между обѣими половинами. * Слѣдовательно, николева призма представляетъ такую среду, которая пропускаетъ свѣтъ, происходящій вслѣдствіе колебаній частицъ эѳира только по одному опредѣленному направленію. Поэтому, если лучъ свѣта, который прошелъ уже черезъ одну николеву призму N_1 и который, вслѣдствіе этого, поляризованъ по одному опредѣленному направленію, падаетъ на вторую николеву призму N_2, то, въ зависимости отъ относительнаго расположенія обѣихъ призмъ, свѣтъ, поляризованный при помощи первой изъ нихъ, или весь пройдетъ черезъ вторую призму, или совсѣмъ не пройдетъ, или, наконецъ, черезъ нее пройдетъ только нѣкоторая часть этого свѣта. Положимъ, что обѣ призмы N_1 и N_2 расположены совершенно одинаково, т. е. такъ, что ихъ одинаковыя части находятся съ одной и той же стороны, какъ это изображено на рисункѣ 76. Въ такомъ случаѣ поляризованный лучъ свѣта E, вышедшій изъ призмы N_1, всецѣло проходитъ также и черезъ вторую призму N_2, такъ какъ въ этомъ случаѣ черезъ эту послѣднюю можетъ пройти свѣтъ, происходящій вслѣдствіе колебаній частицъ эѳира въ плоскости, совпадающей съ плоскостью колебаній поляризованнаго луча E, уже прошедшаго черезъ первую призму N_1. Если же мы будемъ поворачивать призму N_2 около вертикальной линіи, какъ около оси, то лучъ E раздѣляется на два, изъ которыхъ только одинъ проходитъ черезъ эту призму, постепенно притомъ ослабѣвая по мѣрѣ увеличенія угла поворота призмы. Наконецъ, если мы повернемъ призму N_2 около вертикальной линіи на 90°, иначе говоря,—если мы расположимъ ее относительно первой призмы такъ, чтобы плоскости колебаній лучей, которые могутъ проходить какъ черезъ ту, такъ и черезъ другую призму, были взаимно перпендикулярны, то лучъ E, прошедшій черезъ призму N_1, вовсе не будетъ пропущенъ второй призмой N_2, и хотя обѣ призмы прозрачны въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова, тѣмъ не менѣе, при такомъ взаимномъ расположеніи ихъ, черезъ нихъ ничего не видно, какъ будто бы онѣ были совершенно непрозрачны.

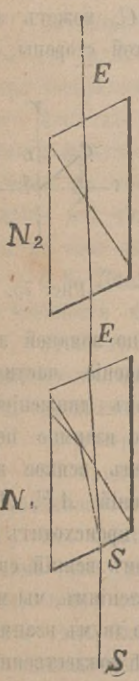


Рис. 76.

Такимъ образомъ николева призма представляетъ превосходное средство для распознаванія, поляризованъ ли данный свѣтовой лучъ или нѣтъ. Для этого лучъ свѣта, до его вступленія въ глазъ, пропускаютъ черезъ такую призму и затѣмъ поворачиваютъ ее подобно тому, какъ это описано выше. Если при извѣстномъ положеніи призмы свѣтъ совершенно исчезаетъ, то данный лучъ вполнѣ поляризованъ по направленію, соотвѣтствующему этому положенію призмы. Но свѣтъ называютъ поляризованнымъ также и тогда, когда, при поворотахъ призмы, онъ не исчезаетъ совершенно, а лишь ослабляется. Въ этомъ случаѣ въ данномъ лучѣ свѣта колебанія не происходятъ исключительно по одному направленію, какъ при полной поляризаціи, но онъ состоитъ изъ двухъ составныхъ лучей, въ которыхъ колебанія происходятъ по двумъ взаимно-перпендикулярнымъ направленіямъ, и въ одномъ изъ этихъ лучей амплитуда колебаній значительно меньше, чѣмъ въ другомъ. Въ этомъ случаѣ источникъ свѣта, разсматриваемый черезъ николеву призму, при вращеніи этой послѣдней, не исчезаетъ совершенно, но при нѣкоторомъ положеніи призмы онъ

имѣетъ наибольшую яркость, а при нѣкоторомъ другомъ, которое получается изъ перваго черезъ поворачиваніе призмы на 90°,—наименьшую.

Намъ часто придется изслѣдовать свѣтовые лучи въ отношеніи ихъ поляризаціи и на этомъ основывать весьма важныя заключенія. Поэтому мы считаемъ необходимымъ прибавить, что весьма часто въ свѣтовомъ лучѣ, послѣ его отраженія отъ какого-нибудь тѣла, будетъ ли это тѣло твердое, жидкое или газообразное, замѣчаются ясные слѣды поляризаціи, и что эта поляризація дѣлается даже полной въ томъ случаѣ, когда уголъ отраженія достигаетъ нѣкоторой опредѣленной величины, въ зависимости отъ природы того тѣла, отъ котораго свѣтъ отражается. При этомъ происходитъ нѣчто подобное тому, что мы наблюдаемъ при прохожденіи свѣтового луча черезъ кристаллъ исландскаго шпата. Именно, одинъ изъ составныхъ лучей отражается даннымъ тѣломъ сильнѣе, чѣмъ другой, а при нѣкоторомъ опредѣленномъ углѣ паденія и вообще отражается только одинъ изъ нихъ; въ этомъ случаѣ отраженный свѣтъ поляризованъ вполнѣ.

Небесный сводъ представляется намъ свѣтлымъ, какъ извѣстно, вслѣдствіе того, что воздухъ отражаетъ нѣкоторую часть проходящаго черезъ него солнечнаго свѣта (Часть I, § 109). Поэтому свѣтъ, идущій къ намъ отъ небеснаго свода и особенно отъ тѣхъ его частей, гдѣ уголъ отраженія достигаетъ соотвѣтственной величины, въ сильной степени поляризованъ, въ чемъ мы можемъ легко убѣдиться, если, направивъ николеву призму на голубое небо, будемъ постепенно вращать ее. Поляризація свѣта, идущаго къ намъ отъ небеснаго свода, узнается по весьма замѣтному измѣненію яркости этого свѣта при поворачиваніи призмы.

§ 7. **Дополнительные цвѣта.** Извѣстно, что всякій лучъ бѣлаго свѣта состоитъ изъ нѣсколькихъ разноцвѣтныхъ лучей и потому можетъ быть разложенъ на такъ называемые цвѣта радуги; эти цвѣта переходятъ одинъ въ другой постепенно, проходя черезъ различные оттѣнки.

Обыкновенно въ радугѣ различаютъ семь главныхъ цвѣтовъ, хотя было бы болѣе цѣлесообразно остановиться на числѣ 6. Эти цвѣта идутъ одинъ за другимъ въ слѣдующемъ порядкѣ: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій и фіолетовый. Два послѣднихъ цвѣта собственно слѣдовало бы соединить подъ общимъ названіемъ фіолетоваго, такъ какъ они оба представляютъ лишь различные оттѣнки одного и того-же цвѣта. Разложеніе луча бѣлаго свѣта на семь цвѣтовъ радуги принадлежитъ Ньютону, который принялъ это число, повидимому, желая провести аналогію между семью цвѣтами радуги и семью тонами звуковой октавы; кромѣ того, выборъ этого числа носилъ, кажется, и мистическій характеръ, такъ какъ число семь въ тѣ времена считалось священнымъ.

Раздѣлимъ окружность круга на 6 равныхъ частей и положимъ, что первая изъ нихъ соотвѣтствуетъ красному цвѣту, вторая, къ ней прилегающая,—оранжевому, третья—желтому, четвертая—зеленому, пятая—голубому и, наконецъ, шестая—фіолетовому. Тѣ цвѣта, которымъ на нашей окружности будутъ соотвѣтствотать двѣ прямо противоположныя дуги, называются дополнительными, такъ какъ они, при смѣшеніи, даютъ бѣлый цвѣтъ. Такимъ образомъ, дополнительные цвѣта суть:

зеленый и красный,
фіолетовый и желтый,
оранжевый и голубой.

Сочетаніе дополнительныхъ цвѣтовъ попарно производитъ на глазъ болѣе пріятное впечатлѣніе, чѣмъ, напр., сочетаніе зеленаго цвѣта съ желтымъ, совершенно подобно тому, какъ сочетаніе тоновъ съ простыми интервалами отличается бо́льшею музыкальностью, чѣмъ сочетаніе тоновъ съ сложными интервалами. Здѣсь мы не можемъ подробнѣе оста-

павливаться на свойствахъ дополнительныхъ цвѣтовъ, и потому мы ограничимся только однимъ интереснымъ замѣчаніемъ.

Если мы какую-нибудь слабо освѣщенную бѣлую поверхность приблизимъ къ сильному источнику цвѣтного свѣта, то такая поверхность представляется намъ окрашенной въ цвѣтъ, дополнительный цвѣту этого источника. Такъ, напр., если къ слабо освѣщенной бѣлой бумагѣ приблизить сильный красный свѣтъ, то бумага будетъ казаться намъ не красной, а зеленой; если бы мы ее освѣтили желтымъ свѣтомъ, то она получила бы фіолетовую окраску; наконецъ, при освѣщеніи бумаги голубымъ свѣтомъ, она казалась бы намъ оранжевой. По этой же причинѣ бѣлая стѣна представляется намъ покрытой фіолетовыми пятнами, если мы незадолго передъ этимъ смотрѣли на солнце.

§ 8. **Спектръ**. Подобно тому какъ дополнительные цвѣта при соединеніи попарно образуютъ бѣлый свѣтовой лучъ, совершенно также и всѣ цвѣта радуги, смѣшанные между собою въ томъ-же самомъ отношеніи, въ какомъ они входятъ въ составъ солнечнаго свѣта, даютъ бѣлый свѣтъ. Если же бѣлый свѣтовой лучъ падаетъ на стеклянную призму (рис. 77), то всѣ цвѣтные лучи, входящіе въ его составъ, преломляются ею, т. е. отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, но при этомъ различные лучи преломляются неодинаковымъ образомъ: величина отклоненія, при одной и той-же призмѣ, зависитъ отъ цвѣта луча, такъ что красный лучъ всегда испытываетъ наименьшее отклоненіе, оранжевый отклоняется нѣсколько сильнѣе и т. д., и, наконецъ, самое сильное отклоненіе имѣетъ мѣсто для фіолетоваго луча. Поэтому, цвѣтные лучи, по выходѣ изъ призмы, болѣе не покрываютъ другъ друга, но, при проектированіи ихъ на бѣлый экранъ, даютъ цвѣтное изображеніе, въ которомъ простые цвѣта, входящіе въ составъ изслѣдуемаго бѣлаго луча, слѣдуютъ одинъ за другимъ въ томъ-же самомъ порядкѣ, какъ и въ радугѣ;это-то цвѣтное изображеніе и называется спектромъ изслѣдуемаго свѣтового луча. Легко можно показать, что цвѣта спектра простые и однородные, иначе говоря,—что, напр., зеленый цвѣтъ не состоитъ изъ смѣси другихъ цвѣтовъ. Для этого стоитъ только заставить зеленый лучъ снова пройти черезъ призму: по выходѣ изъ нея, онъ болѣе не разлагается, но остается зеленымъ, какъ и до вступленія въ призму. Точно также нетрудно доказать, что спектральные цвѣта не произошли въ призмѣ, но что бѣлый лучъ свѣта, дѣйствительно, образуется изъ соединенія цвѣтныхъ, и что призма только отдѣлила эти составные лучи одинъ отъ другого. Для этого заставимъ цвѣтные лучи пройти черезъ собирательное чечевицеобразное стекло: по выходѣ изъ этого послѣдняго они снова соединяются и образуютъ прежній бѣлый лучъ.

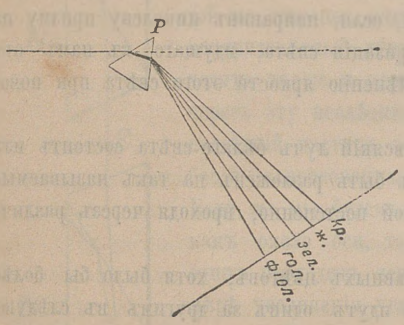


Рис. 77.

Посмотримъ теперь, что было бы въ томъ случаѣ, если бы бѣлый солнечный свѣтъ былъ простой, т. е. если бы онъ не состоялъ изъ цвѣтныхъ лучей. Извѣстно, что всякое цвѣтное тѣло, напр., тѣло краснаго цвѣта кажется намъ краснымъ не потому, что оно само испускаетъ красный свѣтъ (иначе оно и въ темнотѣ также свѣтилось бы краснымъ свѣтомъ), но потому, что изъ падающихъ на него цвѣтныхъ лучей только одни красные отражаются отъ него, а остальные поглощаются имъ. Поэтому понятно, что въ томъ случаѣ, если бы солнечный свѣтъ не состоялъ изъ цвѣтныхъ лучей, всѣ тѣла, которыя теперь имѣютъ весьма разнообразную окраску, были бы безцвѣтными, вся природа имѣла бы весьма печальный видъ, и для насъ было бы совершенно потеряно то высокое наслажденіе, которое мы испытываемъ теперь, любуясь замѣчательной игрой цвѣтовъ окружающихъ насъ предметовъ.

Разсмотримъ нѣсколько внимательнѣе спектръ солнечнаго свѣта, получаемый вышеописаннымъ способомъ. Онъ представляется намъ въ видѣ продолговатой полосы, вдоль которой расположены, отъ одного конца ея до другого, указанные цвѣта радуги; но при переходѣ отъ одного цвѣта къ другому мы вовсе не замѣчаемъ рѣзкой границы, наоборотъ,— они переходятъ одинъ въ другой постепенно, такъ что въ спектрѣ можно прослѣдить всевозможные оттѣнки. На этомъ основаніи мы можемъ сказать, что солнечный свѣтъ состоитъ собственно изъ безконечно большого числа простыхъ лучей; мы же разсматриваемъ только семь цвѣтовъ радуги исключительно ради удобства. Поэтому довольно затруднительно указать границы между двумя сосѣдними цвѣтами. Если длину всего спектра принять за единицу, то протяженія различныхъ цвѣтовъ выразятся приблизительно слѣдующими числами:

краснаго	0,12	голубого	0,17
оранжеваго.	0,07	синяго	0,11
желтаго	0,13	фіолетоваго . . .	0,23
зеленаго	0,17		

Чтобы получить чистый спектръ, т. е. такой, въ которомъ на каждомъ опредѣленномъ мѣстѣ находится только одинъ цвѣтъ, необходимо пользоваться такъ называемымъ спектроскопомъ (Часть IV). * Схема простого спектроскопа представлена на рис. 78. Лучи, исходящіе изъ источника свѣта L, проходя черезъ узкую прямолинейную щель s, параллельную ребру призмы p, и черезъ линзу l, падаютъ на призму, оставаясь параллельными другъ другу; проходя же черезъ призму, они отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія, разлагаются на цвѣтные лучи и образуютъ спектръ, который разсматривается при помощи зрительной трубы F.*

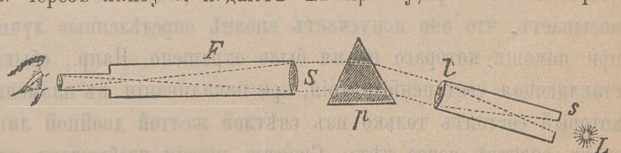


Рис. 78.

Разсматривая солнечный спектръ при помощи спектроскопа, мы замѣчаемъ, что онъ перерѣзанъ большимъ числомъ черныхъ прямыхъ линій. Двѣ изъ этихъ линій, наиболѣе бросающіяся въ глаза, были замѣчены еще Волластономъ въ 1802 году, но онъ не обратилъ надлежащаго вниманія на свое открытіе. Только 13 лѣтъ спустя Фраунгоферъ, ничего не зная объ открытіи Волластона, доказалъ, пользуясь лучшими наблюдательными средствами, что солнечный спектръ по всей своей длинѣ покрытъ множествомъ темныхъ линій, различныхъ по толщинѣ и темнотѣ; эти линіи, которыхъ Фраунгоферъ насчиталъ до 600, по его имени называются фраунгоферовыми линіями. Для большаго удобства, тѣ изъ этихъ линій, которыя наиболѣе бросаются въ глаза, онъ обозначилъ буквами A, B, C..... H; линія A лежитъ въ красномъ цвѣтѣ, линія H въ фіолетовомъ, остальныя находятся между ними въ различныхъ цвѣтахъ. Къ этимъ-то именно мѣстамъ спектра и относятся вышеприведенныя числовыя значенія длины свѣтовыхъ волнъ (§ 5). На приложенной здѣсь цвѣтной таблицѣ рисунокъ 1 представляетъ солнечный спектръ съ главнѣйшими фраунгоферовыми линіями. Числа наверху рисунка выражаютъ длину волнъ.

Въ настоящее время фраунгоферовыхъ линій въ солнечномъ спектрѣ насчитывается нѣсколько тысячъ, и слѣдуетъ ожидать, что съ усовершенствованіемъ наблюдательныхъ средствъ число ихъ еще болѣе увеличится, подобно тому, какъ съ улучшеніемъ нашихъ телескоповъ увеличивается число звѣздъ, видимыхъ на небѣ.

Всякую фраунгоферову линію мы всегда усматриваемъ въ одномъ и томъ же мѣстѣ спектра, т. е. не только въ одномъ и томъ же цвѣтѣ, но также и на одномъ и томъ же разстояніи отъ сосѣднихъ линій, и такъ какъ въ спектрѣ искусственнаго бѣлаго свѣта, напр., въ спектрѣ пламени масляной лампы, мы вовсе не замѣчаемъ подобныхъ темныхъ

линій, то фраунгоферы линіи зависятъ, очевидно, отъ природы солнечнаго свѣта. Именно, на основаніи каждой такой черной линіи мы можемъ дѣлать заключеніе объ отсутствіи опредѣленнаго цвѣтного луча въ солнечномъ свѣтѣ; въ самомъ дѣлѣ, если бы въ составъ солнечнаго свѣта совсѣмъ не входилъ, напр., оранжевый лучъ, то въ солнечномъ спектрѣ нашему глазу представилось бы темное пространство, ширина котораго равнялась бы ширинѣ, занимаемой, въ дѣйствительности, оранжевымъ цвѣтомъ. Если же въ солнечномъ свѣтѣ недостаетъ только одного, вполнѣ опредѣленнаго оттѣнка оранжеваго цвѣта, то вышеупомянутое темное пространство дѣлается значительно уже и представляется нашему глазу въ видѣ рѣзкой поперечной черной линіи, т. е. въ видѣ фраунгоферовой линіи.

Если мы пріемомъ, который Фраунгоферъ примѣнилъ къ разложенію солнечнаго свѣта, воспользуемся для изслѣдованія свѣта, испускаемаго различными раскаленными тѣлами на землѣ, то мы также будемъ получать вполнѣ опредѣленные спектры, хотя и не похожіе на спектръ солнца. Всякое до-бѣла раскаленное твердое *) или капельножидкое **) тѣло даетъ непрерывный спектръ, состоящій изъ всѣхъ цвѣтовъ радуги, отъ краснаго до фіолетоваго, безъ всякаго перерыва, т. е безъ всякихъ поперечныхъ темныхъ линій. Совершенно другія явленія наблюдаются въ томъ случаѣ, когда мы имѣемъ дѣло съ тѣломъ, раскаленнымъ до парообразнаго состоянія. Съ давнихъ поръ извѣстно, что нѣкоторыя соли, доведенныя до парообразнаго состоянія въ сильномъ пламени, придаютъ этому послѣднему характерную окраску: этимъ явленіемъ пользуются при устройствѣ фейерверковъ, чтобы получать разноцвѣтные огни. Изслѣдованіе свѣта такого окрашеннаго пламени показываетъ, что оно испускаетъ вполнѣ опредѣленные лучи, характерные для того вещества, при помощи котораго пламя было окрашено. Напр., обыкновенная поваренная соль, представляющая соединеніе натрія, при накаливаніи въ пламени спиртовой лампы даетъ спектръ, который состоитъ только изъ свѣтлой желтой двойной линіи, остальныхъ же цвѣтовъ въ этомъ спектрѣ вовсе нѣтъ. Спектръ натрія изображенъ на рисункѣ 5 нашей цвѣтной таблицы. Соединенія извести даютъ спектръ, состоящій изъ нѣсколькихъ свѣтлыхъ линій оранжеваго, зеленаго и краснаго цвѣта. Въ спектрѣ мѣди наблюдается большое число свѣтлыхъ линій по всему спектру, отъ краснаго конца его до фіолетоваго. О спектрахъ калія, магнія и литія читатель можетъ составить себѣ понятіе по рисункамъ 6, 7 и 8 цвѣтной таблицы.

При этомъ совершенно все равно, какое соединеніе даннаго вещества содержится въ пламени, лишь бы температура этого послѣдняго была достаточна высока для того, чтобы соединеніе могло быть разложено на составныя части. Точно также спектръ не зависитъ, вообще, отъ природы пламени, такъ что мы для нашей цѣли можемъ воспользоваться электрической искрой. Замѣтимъ только, что при болѣе высокой температурѣ пламени и при болѣе высокомъ давленіи отчетливѣе выступаютъ въ спектрѣ нѣкоторыя свѣтлыя линіи, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, дѣлаются видимыми новыя линіи, которыхъ прежде нельзя было замѣтить.

Такъ какъ всякое вещество даетъ свой вполнѣ характерный спектръ, то отсюда вполнѣ ясно, что, изучая эти спектры, можно доказать присутствіе того или другого вещества въ изслѣдуемомъ пламени. Если въ пламени содержится не одно соединеніе, напр., не одинъ только хлористый натрій, но смѣсь нѣсколькихъ веществъ, то въ спектрѣ появляются одновременно всѣ свѣтлыя линіи, характерныя для каждаго изъ этихъ веществъ. По мѣсту, занимаемому этими линіями въ спектрѣ, по ихъ цвѣту и взаимному расположенію мы всегда легко можемъ узнать, какому веществу принадлежитъ каждая изъ этихъ линій.

Этотъ способъ изслѣдованія, называемый спектральнымъ анализомъ, отличается не только быстротой и удобствомъ его выполненія, но также и необыкновенною чувствительностью. Въ самомъ дѣлѣ, съ одной стороны, одного взгляда на спектръ достаточно,

*) Напр., известь

**) Напр., расплавленная платина.

Объясненіе къ таблицѣ.

Спектры лучеиспусканія и поглощенія.

1) Спектръ солнечный (фотосфера).

2) Спектръ солнечнаго края (хромосферическій)

3) Спектръ аргона (слѣва по порядку 4 и 5 характерныя линіи спектра неона, 7 и 14 спектра ксенона и 8—самая яркая спектра криптона).

4) Спектръ гелія.

5) Спектръ натрія.

6) Спектръ калія (наиболѣе яркая 1-я слѣва).

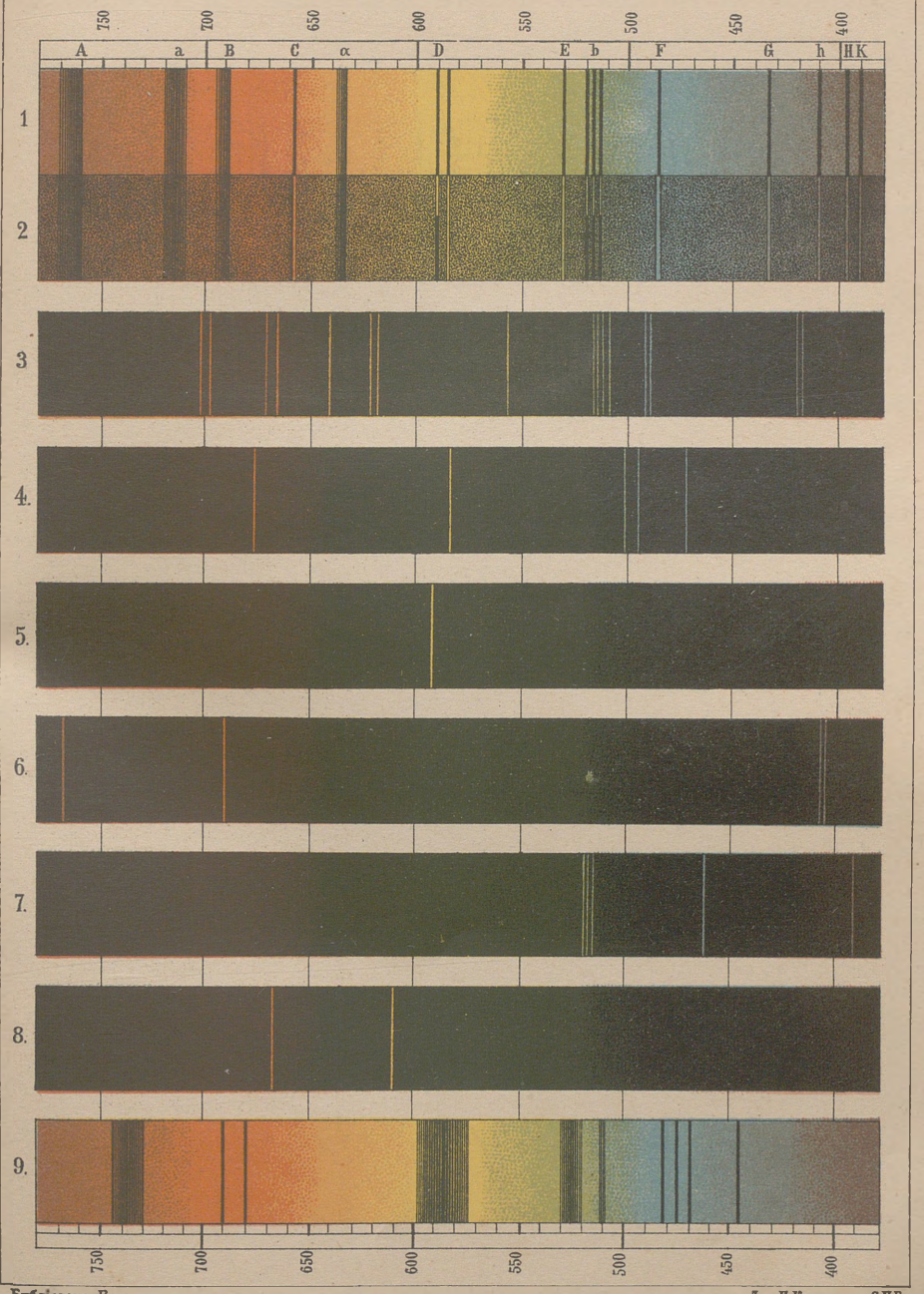
7) Спектръ магнія.

8) Спектръ литія.

9) Спектръ поглощенія хлористаго дидимія.

Спектры лучеиспусканія и поглощенія.

(шкала по длинѣ свѣтовыхъ волнъ)



Библіотека Естествозн.

Лит. И. Кадушина, С.П.Б.

чтобы сдѣлать такія заключенія, для которыхъ иначе потребовался бы весьма подробный химическій анализъ. Съ другой стороны, этимъ путемъ мы можемъ доказать присутствіе въ пламени такого незначительнаго количества того или другого вещества, которое вовсе не могло бы быть открыто при помощи химическаго анализа. Такъ, напр., $\frac{1}{10\,000\,000}$ доля грамма хлористаго натрія даетъ въ спектрѣ уже весьма замѣтную желтую двойную линію. Поэтому вовсе неудивительно, что въ короткій промежутокъ времени съ тѣхъ поръ, какъ спектральный анализъ вошелъ во всеобщее употребленіе, не только было доказано присутствіе уже извѣстныхъ намъ веществъ тамъ, гдѣ прежде ихъ даже не подозрѣвали, напр., присутствіе литія въ табачномъ пеплѣ, но этимъ же путемъ былъ открытъ цѣлый рядъ новыхъ металловъ, каковы: цезій, рубидій, талій, индій, галлій и т. д.

Всѣ вышеописанныя явленія были извѣстны гораздо раньше, чѣмъ обыкновенно думаютъ; еще Д. Гершель въ 1822 году въ «Edinburg Philosophical Transactions» изложилъ главныя основанія спектральнаго анализа и показалъ важность его примѣненія къ химіи. Кромѣ того, объ этомъ же предметѣ писали: Фраунгоферъ, Тальботъ, Брюстеръ, Свапъ, Ангстрёмъ и другіе. Но удивительно, что на мысли, высказанныя этими учеными, совершенно не обращали вниманіе до тѣхъ поръ, пока въ 1859 г. Кирхгофъ и Бунзенъ не доказали снова всей важности спектральнаго анализа, освѣтивъ вопросъ съ новой стороны, представляющей величайшій интересъ не только для физиковъ и химиковъ, но также и для астрономовъ. Именно, они предприняли весьма обстоятельное сравненіе солнечнаго спектра со спектрами различныхъ веществъ, распространенныхъ у насъ на землѣ, и при этомъ пришли къ заключенію, что большое число темныхъ фраунгоферовыхъ линій занимаетъ въ солнечномъ спектрѣ то же самое положеніе, какъ и свѣтлыя линіи въ спектрахъ извѣстныхъ намъ веществъ. Такъ, они нашли, что двойная линія въ желтомъ цвѣтѣ, обозначенная Фраунгоферомъ буквой D, въ точности соотвѣтствуетъ желтой двойной линіи натрія. Чтобы выяснить причину этого замѣчательнаго явленія, мы должны сначала познакомить читателей съ описаннымъ ниже опытомъ.

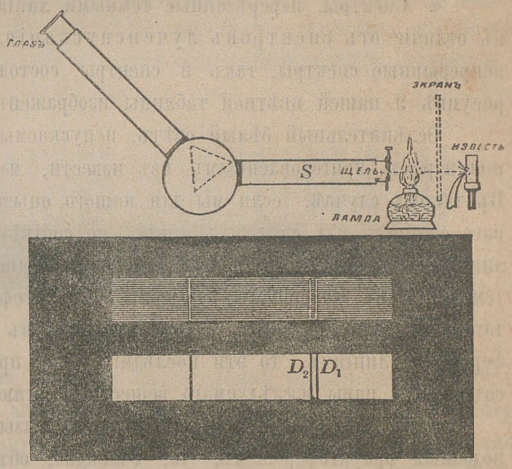


Рис. 79.

Если мы кусокъ извести доведемъ до высокой степени бѣлаго каленія въ пламени такъ называемаго гремучаго газа и затѣмъ будемъ изслѣдовать при помощи спектроскопа ослѣпительный свѣтъ, испускаемый известью, неспособной, какъ извѣстно, улетучиваться, то нашимъ глазамъ представится непрерывный свѣтъ, какъ этого и слѣдуетъ ожидать на основаніи вышесказаннаго. Помѣстимъ, далѣе, между спектроскопомъ и известью пламя спиртовой лампочки, содержащее пары натрія и талія, и сначала задержимъ, при помощи экрана, лучи бѣлаго свѣта, испускаемые кускомъ извести (рис. 79). Въ такомъ случаѣ мы получимъ спектръ, состоящій изъ свѣтлой двойной желтой линіи, принадлежащей натрію, и изъ свѣтлой же зеленой линіи, характеризующей талій. Этотъ спектръ изображенъ на рис. 79 наверху. Если мы, затѣмъ, отнимемъ экранъ, то намъ тотчасъ же представится непрерывный спектръ, перерѣзанный темными линіями въ точности на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ только что передъ этимъ мы видѣли свѣтлыя линія. Этотъ

второй спектръ изображенъ на рис. 79 внизу. Вставляя опять экранъ, мы снова увидимъ спектръ, состоящій изъ вышеупомянутыхъ свѣтлыхъ линій. Описанный здѣсь опытъ извѣстенъ подъ названіемъ обращенія спектра. Тоже самое наблюдается также въ тѣхъ случаяхъ, когда въ пламени спиртовой лампы содержатся пары другихъ веществъ: если достаточно сильный бѣлый свѣтъ проходитъ черезъ такое пламя, то на свѣтломъ фонѣ спектра появляются темныя линіи на тѣхъ мѣстахъ, на которыхъ въ спектрахъ этихъ веществъ должны находиться свѣтлыя линіи. Очевидно, что пламя спиртовой лампы, содержащее пары извѣстнаго вещества, пропускаетъ безпрепятственно всѣ цвѣтные лучи за исключеніемъ лучей того цвѣта, въ который оно само окрашено вслѣдствіе присутствія въ немъ того или другого вещества; при этомъ, оно, какъ говорятъ, поглощаетъ эти лучи въ большей степени, чѣмъ само можетъ испускать ихъ сообразно съ напряженностью своего собственнаго свѣта, такъ какъ иначе соотвѣтственныя мѣста спектра не могли бы казаться намъ темнѣе окружающаго ихъ пространства.

* Спектры, перерѣзанные темными линіями, называются спектрами поглощенія въ отличіе отъ спектровъ лучеиспусканія, къ числу которыхъ принадлежатъ какъ непрерывные спектры, такъ и спектры, состоящія изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій. На рисункѣ 9 нашей цвѣтной таблицы изображенъ спектръ поглощенія хлористаго дидимія. *

Ослѣпительный бѣлый свѣтъ, испускаемый въ вышеописанномъ опытѣ раскаленнымъ цилиндромъ, приготовленнымъ изъ извести, можно замѣнить также солнечнымъ свѣтомъ. Въ такомъ случаѣ, если мы для нашего опыта воспользуемся веществомъ, спектръ котораго состоитъ изъ свѣтлыхъ линій, не соотвѣтствующихъ ни одной изъ фраунгоферовыхъ линій солнечнаго спектра, то въ этомъ послѣднемъ на соотвѣтственныхъ мѣстахъ появятся темныя линіи, совершенно подобныя фраунгоферовымъ. Если же спектральныя линіи взятаго для опыта вещества, соотвѣтствуютъ въ солнечномъ спектрѣ извѣстнымъ фраунгоферовымъ линіямъ, то эти послѣднія, при прохожденіи солнечнаго свѣта черезъ пламя, содержащее пары изслѣдуемаго вещества, дѣлаются болѣе рѣзкими и болѣе темными.

Такъ какъ мы можемъ по желанію вызывать въ солнечномъ спектрѣ темныя линіи, подобныя фраунгоферовымъ, то, очевидно, объясненіе происхожденія этихъ послѣднихъ не представляетъ болѣе никакихъ затрудненій. Для этого мы должны принять согласное также и съ другими наблюденіями предположеніе, что раскаленное до-бѣла твердое или капельно-жидкое солнечное ядро окружено атмосферой, въ которой содержатся, вслѣдствіе высокой температуры солнца въ видѣ паровъ, различныя вещества, встрѣчающіяся у насъ на землѣ только въ твердомъ или капельножидкомъ состояніи. Ядро солнца само по себѣ даетъ непрерывный спектръ, а пары, содержащіеся въ солнечной атмосферѣ, поглощаютъ извѣстные цвѣтовые оттѣнки совершенно подобно тому, какъ пары натрія, содержащіеся въ пламени спиртовой лампочки, поглащаютъ желтые лучи, испускаемые раскаленнымъ кускомъ извести. Такимъ образомъ и объясняется происхожденіе фраунгоферовыхъ линій. Съ этой точки зрѣнія фраунгоферовы линіи даютъ намъ въ руки средство опредѣлять, какія вещества въ газообразномъ состояніи содержатся въ солнечной атмосферѣ.

Мы вовсе не должны удивляться огромному числу фраунгоферовыхъ линій, такъ какъ, съ одной стороны, въ составъ солнечной атмосферы входятъ, безъ сомнѣнія, весьма многіе элементы, отчасти, можетъ-быть, даже неизвѣстные у насъ на землѣ, а съ другой, очень немногія вещества характеризуются такимъ простымъ спектромъ, какъ спектръ натрія. Такъ, напр., спектръ титана состоитъ болѣе чѣмъ изъ 200 свѣтлыхъ линій; въ спектрѣ желѣза такихъ линій насчитываютъ даже до 500. По изслѣдованіямъ Ангстрёма и Талена въ спектрѣ солнца 118 фраунгоферовыхъ линій соотвѣтствуютъ линіямъ титана и 450—линіямъ желѣза. * На рисункѣ 80, на которомъ воспроизведенъ негативъ, снятый проф. Троубриджемъ въ Кэмбриджѣ, внизу изображенъ фіолетовый конецъ солнечнаго спектра, а наверху—спектръ паровъ желѣза. Въ виду того, что мы

имѣемъ дѣло съ негативомъ, свѣтлыя линіи, изъ которыхъ въ дѣйствительности состоитъ спектръ паровъ желѣза, на рисункѣ представлены черными линіями, и, наоборотъ, фраунгоферовы линіи солнечнаго спектра—свѣтлыми. Разсматривая рисунокъ 80, читатель самъ можетъ видѣть, съ какой огромной увѣренностью мы можемъ, на основаніи такой фотографіи, дѣлать заключенія о присутствіи паровъ желѣза въ солнечной атмосферѣ. * Вообще, до сихъ поръ приблизительно для 1000 фраунгоферовыхъ линій найдены соотвѣтствующія спектральныя линіи различныхъ элементовъ, встрѣчающихся на землѣ. Къ такимъ элементамъ принадлежатъ: натрій, титанъ, желѣзо, водородъ, кальцій, барій, магній, никель, кобальтъ, марганецъ, хромъ и т. д. На основаніи предыдущаго мы заключаемъ, что всѣ перечисленныя тѣла находятся въ солнечной атмосферѣ въ газообразномъ состояніи. Напротивъ того, въ солнечной атмосферѣ, повидимому, совсѣмъ нѣтъ золота, серебра, литія и т. п., такъ какъ спектральныя линіи этихъ тѣлъ не имѣютъ соотвѣтствующихъ фраунгоферовыхъ линій въ солнечномъ спектрѣ. Съ другой стороны, для нѣкоторыхъ наиболѣе рѣзкихъ фраунгоферовыхъ линій, каковы напр., линіи *A* и *B*, до сихъ поръ не удалось найти соотвѣтственныхъ свѣтлыхъ линій въ спектрахъ веществъ, съ которыми намъ приходится имѣть дѣло на землѣ. Поэтому, эти линіи принадлежатъ, вѣроятно, такимъ веществамъ, которыхъ на землѣ совсѣмъ нѣтъ.

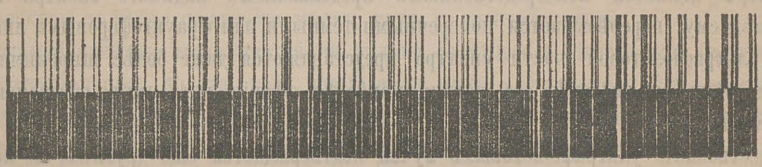


Рис. 80.

Придя такимъ образомъ къ весьма важнымъ заключеніямъ относительно физическаго строенія и химическаго состава солнца, астрономы малу-по-малу стали примѣнять спектральный анализъ также и къ изслѣдованію другихъ небесныхъ тѣлъ. Имѣющіе огромное значеніе результаты, добытые такимъ путемъ, будутъ изложены впослѣдствіи, въ своемъ мѣстѣ. Но уже и изъ того, что изложено выше, вполнѣ ясно, что благодаря спектральному анализу передъ нами открылась новая обширная и раньше совершенно неизвѣстная область для изслѣдованія. Кто, при видѣ радуги, могъ бы подумать, что, благодаря этому красивому сочетанію цвѣтовъ, явится возможность рѣшить многіе въ высшей степени важные вопросы! Благодаря спектральному анализу мы теперь не только открываемъ присутствіе весьма незначительныхъ количествъ того или другого вещества въ различныхъ тѣлахъ у насъ на землѣ, нотакже опредѣляемъ и химическій составъ небесныхъ тѣлъ, находящихся отъ насъ на безконечно огромныхъ разстояніяхъ; словомъ, съ тѣхъ поръ, какъ младшая сестра астрономіи, физика, нашла ключъ къ познанію тайнъ природы и передала его Ураніи, для насъ открылось то, что прежде представлялось недостижимымъ и недоступнымъ для изслѣдованія.

§ 9. **Невидимыя части спектра.** Но наука не ограничивается изслѣдованіемъ только того, что мы видимъ; она выработала способы, при помощи которыхъ мы можемъ изучать также и невидимое, и, такимъ образомъ, невидимое она сдѣлала доступнымъ для нашихъ чувствъ.

Если частицы эѳира совершаютъ въ теченіе секунды болѣе 770 билліоновъ колебаній, то эти послѣднія уже не производятъ на нашъ глазъ впечатлѣнія свѣта, совершенно подобно тому, какъ наше ухо не можетъ воспринимать въ видѣ звука такія колебанія воздуха, число которыхъ въ теченіе секунды превосходитъ 48 000. Однако, легко можно доказать, что солнце, дѣйствительно, испускаетъ также и такіе лучи, въ которыхъ колебанія совершаются быстрѣе, чѣмъ въ фіолетовыхъ, и которые, поэтому, въ сол-

нечномъ спектрѣ должны слѣдовать за фіолетовыми лучами. Въ этомъ мы можемъ убѣдиться при помощи слѣдующаго опыта.

Извѣстно, что свѣтъ обладаетъ способностью вызывать въ нѣкоторыхъ химическихъ соединеніяхъ извѣстные химическіе процессы; на этомъ основано искусство фотографированія. Если мы выставимъ на свѣтъ такое свѣточувствительное вещество, напр., бумагу, покрытую хлористымъ серебромъ, то это послѣднее разлагается, и на бумагѣ получается въ видѣ весьма тонкаго слоя черный осадокъ. Если мы подвергнемъ такую бумагу дѣйствію солнечнаго свѣта послѣ его разложенія на составные лучи, то на ней изобразится спектръ со всѣми фраунгоферовыми линіями; однако, выдѣленіе чернаго осадка въ томъ мѣстѣ бумаги, на которое дѣйствуютъ красные лучи, происходитъ весьма медленно, подъ дѣйствіемъ желтыхъ лучей этотъ осадокъ выдѣляется нѣсколько быстрѣе и т. д., и, наконецъ, быстрѣе и сильнѣе всего происходитъ выдѣленіе осадка въ томъ мѣстѣ бумаги, которое лежитъ за предѣломъ дѣйствія фіолетовыхъ лучей, и на хлористо-серебряной бумагѣ мы легко можемъ прослѣдить на довольно значительномъ протяженіи такъ называемую ультрафіолетовую часть спектра, которая сама по себѣ невидима. Изъ вышеизложеннаго ясно, что невидимые, ультрафіолетовые лучи обладаютъ наибольшей химической силой, поэтому ультрафіолетовую часть спектра обыкновенно называютъ химическимъ спектромъ. Химическій спектръ является непосредственнымъ продолженіемъ видимаго спектра и, подобно этому послѣднему, перерѣзывается поперечными темными или фраунгоферовыми линіями. Эти линіи въ ультрафіолетовой части спектра представляются даже болѣе широкими и болѣе красивыми, чѣмъ въ видимой его части; наиболѣе рѣзкія изъ нихъ обозначаются буквами I, K, L...

Существованіе ультрафіолетовыхъ лучей подтверждается еще другимъ, не менѣе интереснымъ явленіемъ. Именно, нѣкоторыя вещества обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ увеличивать продолжительность колебаній частицъ эѳира въ падающихъ на нихъ свѣтовыхъ лучахъ; вслѣдствіе этого лучи, при обыкновенныхъ условіяхъ невидимые для нашего глаза, дѣлаются видимыми. Если, напр., мы намочимъ листъ бѣлой бумаги растворомъ сѣрнокислаго хинина и затѣмъ помѣстимъ этотъ листъ на экранъ, на который проектируется спектръ, и именно въ томъ мѣстѣ экрана, гдѣ лежитъ ультрафіолетовая часть спектра, то бумага начинаетъ свѣтиться красивымъ голубымъ свѣтомъ, хотя, повидимому, на нее не падаютъ никакіе лучи. Такимъ образомъ, бумага, пропитанная растворомъ сѣрнокислаго хинина, отражая такіе лучи, которые сами по себѣ не воспринимаются нашимъ глазомъ, настолько замедляетъ колебанія въ нихъ, что они производятъ на нашъ глазъ такое-же впечатлѣніе, какъ и голубые лучи. Но въ тѣхъ мѣстахъ бумаги, гдѣ на нее, въ дѣйствительности, не падаютъ никакіе лучи, свойство сѣрнокислаго хинина увеличивать продолжительность колебаній не можетъ, конечно, вызвать никакихъ измѣненій, и эти мѣста остаются темными; поэтому, и въ этомъ опытѣ упомянутые выше фраунгоферовы линіи I, K, L... представляются во всей своей красѣ, выдѣляясь на голубомъ фонѣ. Кромѣ сѣрнокислаго хинина свойствомъ увеличивать продолжительность колебаній обладаютъ также нѣкоторыя другія вещества. Только что описанное нами явленіе извѣстно подъ названіемъ флуоресценціи.

Изслѣдованіемъ ультрафіолетовыхъ лучей главнымъ образомъ занимались Маскаръ, Эссельбахъ и Корню. Послѣдній изъ этихъ ученыхъ снялъ солнечный спектръ вплоть до такой фраунгоферовой линіи, послѣ которой, какъ показываютъ его изысканія, солнечные лучи уже не оказываютъ дѣйствія на химическія соединенія; эту линію онъ обозначилъ буквой U. Длины волнъ и числа колебаній въ теченіе секунды для главнѣйшихъ фраунгоферовыхъ линій въ ультрафіолетовой части спектра даны въ слѣдующей табличкѣ.

Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіе 1 секунды.	Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіе 1 секунды.
K	0,000393	763 биллiона	*R*	0,000318	943 биллiона
M	373	804 »	*T*	302	995 »
O	344	872 »	*U*	295	1040 »
P	336	893 »			

Такимъ образомъ, солнечный спектръ, такъ сказать, сразу обрывается около линіи *U*, между тѣмъ какъ спектры многихъ земныхъ элементовъ можно прослѣдить значительно дальше. Такъ, напр., Корню нашелъ, что въ спектрѣ кадмія еще замѣтной химической силой обладаютъ лучи, дающіе линію, для которой длина волны составляетъ 0,000219 миллиметра; въ спектрѣ паровъ цинка онъ же получилъ линію, положеніе которой опредѣляется длиной волны въ 0,000202 миллиметра. Наконецъ, Соре прослѣдилъ спектръ алюминія до линіи, для которой длина волны равна 0,000185 миллиметра. Въ лучѣ, дающемъ въ спектрѣ эту линію, частицы эѳира совершаютъ 1620 билліоновъ колебаній въ секунду! Причину того, что солнечный спектръ прекращается въ линіи *U*, слѣдуетъ искать въ полномъ поглощеніи нашей атмосферой всѣхъ тѣхъ лучей солнца, для которыхъ длина волны короче 0,000295 миллиметра. И дѣйствительно, такое объясненіе подтверждается изслѣдованіями Гуггинса относительно спектровъ неподвижныхъ звѣздъ: онъ могъ прослѣдить эти спектры лишь до такого-же мѣста, какъ и спектръ солнца.

Солнечный спектръ продолжается не только со стороны фіолетоваго, но также и со стороны краснаго конца; но эта, такъ называемая инфракрасная часть спектра опять-таки невидима для нашего глаза. О существованіи ея мы узнаемъ благодаря совершенно другимъ явленіямъ. Солнце не только посылаетъ намъ свѣтъ, его лучи не только являются причиной различныхъ химическихъ процессовъ, но они также доставляютъ намъ и теплоту. Если мы, для полученія спектра, заставимъ солнечный лучъ пройти черезъ призму изъ прозрачной каменной соли, которая, въ противоположность стеклянной призмѣ, вполнѣ пропускаетъ тепловые лучи, и если, затѣмъ, станемъ опредѣлять при помощи термометра согрѣвательную силу различныхъ лучей, на которые разложился бѣлый солнечный свѣтъ, то мы придемъ къ неожиданному результату, а именно, что самое теплое мѣсто спектра лежитъ за предѣлами краснаго его конца, тамъ, куда, повидимому, не падаютъ никакіе лучи. Слѣдовательно, это пространство также наполнено лучами, но только такими, которые, подобно ультрафіолетовымъ, не производятъ впечатлѣнія на глазъ, но которые зато воспринимаются нами въ видѣ теплоты. Совершенно подобнымъ же образомъ въ нашей ежедневной практикѣ мы получаемъ или ощущеніе вкуса или ощущеніе запаха, смотря по тому, достигаютъ ли частицы даннаго вещества нашихъ вкусовыхъ нервовъ, или нервовъ обонянія. Въ томъ и другомъ случаяхъ различіе въ ощущеніяхъ зависитъ отъ односторонности нашихъ органовъ чувствъ.

Инфракрасная часть спектра покрыта также многочисленными иногда весьма широкими линіями, въ которыхъ не происходитъ никакого нагрѣванія и которыя, такимъ образомъ, соотвѣтствуютъ фраунгоферовымъ линіямъ видимой части спектра. Первые изъ такихъ линій въ инфракрасной части спектра были найдены въ 1840 году Гершелемъ и въ 1842 году Дрэперомъ, а нѣсколько лѣтъ спустя, независимо отъ нихъ, французскими физиками Фуко и Физо. Болѣе подробнымъ знакомствомъ съ этой частью спектра, изслѣдованіе которой представляетъ необыкновенныя трудности, мы обязаны, главнымъ образомъ, Дрэперу, Беккерелю, Ланглею и Абнею. Воспользовавшись наблюденіями послѣдняго изъ этихъ ученыхъ, проф. Лангъ опредѣлилъ длины волнъ для цѣлаго ряда линій въ инфракрасной части спектра. Результаты, относящіеся къ важнѣйшимъ изъ этихъ линій, приведены въ нижеслѣдующей табличкѣ.

Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіе 1 секунды.	Линія.	Длина волны въ миллиметрахъ.	Число колебаній въ теченіе 1 секунды.
Z	0,000824	364 биллiона	φ	0,0001224	245 биллiоновъ
X	854	351 »	ψ	1546	194 »
σ	942	318 »	Ω	1800	160 »
τ	983	305 »			

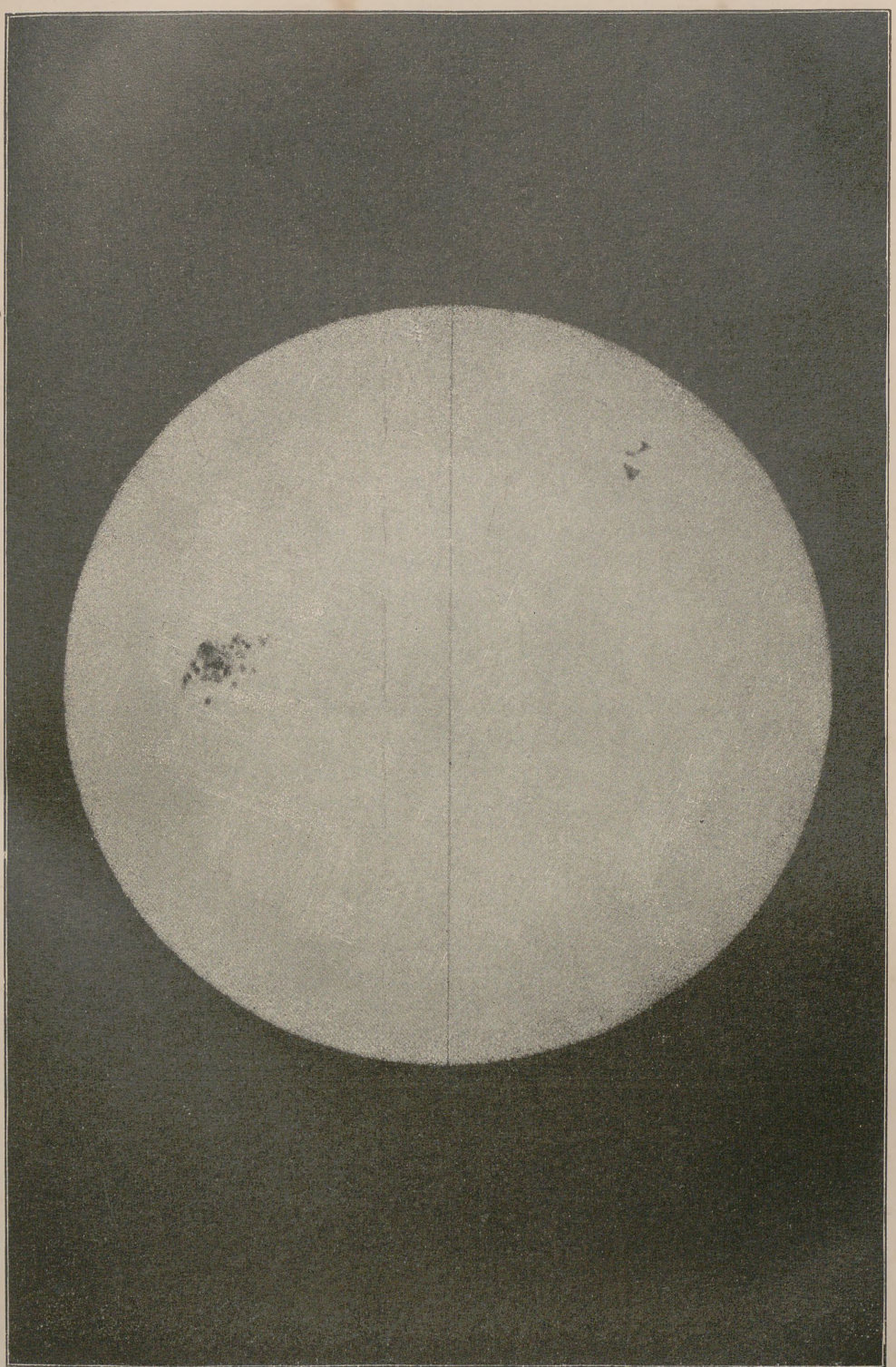
Впрочемъ, въ 1882 году Ланглею, при помощи особаго построеннаго для этой цѣли прибора, который называется болометромъ (часть IV), удалось прослѣдить инфракрасную часть солнечнаго спектра до такого мѣста, которому соотвѣтствуетъ длина волны, равная 0,003 миллиметра. По его мнѣнію, солнечный спектръ простирался бы еще значительно дальше, если бы наша земля не была окружена атмосферой, сильнѣе всего поглощающей всѣ тѣ лучи, которымъ соотвѣтствуютъ какъ весьма короткія, такъ и весьма длинныя волны. Ограничиваясь вышеприведенными предѣлами для длины волнъ, мы приходимъ къ заключенію, что въ солнечномъ спектрѣ изслѣдованы такіе лучи, для которыхъ длина волны измѣняется отъ 0,003 до 0,000295 миллиметра, иначе говоря,— такіе лучи, въ которыхъ частицы эѳира совершаютъ отъ 95 до 1040 биллiоновъ колебаній въ секунду. Если имѣть въ виду не только видимую, но также инфракрасную и ультрафіолетовую части спектра, то, заимствуя способъ выраженія изъ ученія о звукѣ, мы можемъ сказать, что солнечный спектръ охватываетъ приблизительно $3^1/_2$ октавы. При этомъ первая и вторая октавы состоятъ, главнымъ образомъ, изъ тепловыхъ лучей, третья — изъ видимыхъ и остающаяся часть четвертой — изъ химическихъ. Согласно съ этимъ Ланглей нашелъ, что изъ всей солнечной теплоты, постоянно оживляющей нашу землю, только $^1/_4$ заключается въ видимыхъ и ультрафіолетовыхъ лучахъ, а остальныя $^3/_4$ приходятся на долю инфракрасныхъ лучей.

Съ теченіемъ времени Ланглей довелъ болометръ до такой степени совершенства, что при помощи этого прибора явилась возможность опредѣлять температуру съ точностью до $\frac{1}{100000}$ доли градуса термометра Цельзія; благодаря этому онъ опредѣлилъ въ инфракрасной части спектра положеніе темныхъ или, вѣрнѣе, лишенныхъ теплоты полосъ съ такою точностью, какая при опредѣленіи положенія фраунгоферовыхъ линій въ видимой части спектра можетъ быть достигнута лишь съ помощью спектроскопа большой преломляющей силы (Часть IV). Такимъ образомъ ему удалось опредѣлить въ инфракрасной части спектра положеніе болѣе чѣмъ 2000 линій, большая часть которыхъ своимъ происхожденіемъ обязана, по его мнѣнію, поглощенію солнечныхъ лучей земной атмосферой.

Далѣе, Ланглей изслѣдовалъ тепловые лучи, испускаемые различными тѣлами на землѣ, причемъ при нѣкоторыхъ опытахъ онъ имѣлъ дѣло съ весьма низкой температурой. Этому ученому удалось наблюдать, между прочимъ, такой тепловой лучъ, которому соотвѣтствуетъ волна длиною въ 0,011 миллиметра. Однако, онъ полагаетъ, что это число еще не представляетъ предѣла для наибольшей длины волнъ; этотъ предѣлъ онъ оцѣниваетъ въ 0,03 миллиметра. При такой длинѣ волны частицы эѳира должны совершать въ теченіе секунды отъ 9 до 10 биллiоновъ колебаній *).

§ 10. **Видъ солнца въ зрительную трубу. Пятна и факелы.** Разсматривая солнце при помощи зрительной трубы, къ окуляру которой, для предохраненія глаза отъ вреда, слѣдуетъ въ этомъ случаѣ привинтить плоское цвѣтное стекло, мы обыкновенно замѣчаемъ на поверхности этого небеснаго тѣла нѣсколько рѣзко ограниченныхъ темныхъ мѣстъ или такъ называемыхъ пятенъ. Эти пятна по большей части имѣютъ неправильную форму. Наибольшія изъ нихъ почти всегда окружены пепельнаго цвѣта каймой, или такъ называемой полутѣнью, ширина которой со всѣхъ сторонъ бываетъ обыкновенно почти одна

*) Подробности, а равно и другіе результаты чрезвычайно важныхъ изслѣдованій Ланглея можно найти въ «Общемъ Землевѣдѣніи» Ганна («Библіотека Естествознанія»).



Фотографическій снимокъ солнца, сдѣланный 9 Февраля 1892 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ.

и таже. * Совершенно также, если мы будемъ фотографировать солнце ежедневно въ ясную погоду, то почти на каждомъ полученномъ такимъ образомъ снимкѣ мы можемъ замѣтить одно или нѣсколько пятенъ. Одинъ изъ такихъ снимковъ, сдѣланный 9 февраля 1892 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, изображенъ на прилагаемой при семъ таблицѣ. На этой фотографіи мы видимъ двѣ группы пятенъ. Прямая черная линія, проходящая черезъ весь дискъ солнца, не принадлежитъ солнцу, а представляетъ изображеніе нити, натянутой въ фокусѣ астрономической трубы. *

Кромѣ пятенъ мы часто замѣчаемъ на поверхности солнца, преимущественно на его краяхъ, другія образованія, которыя, въ противоположность пятнамъ, отличаются большею яркостью сравнительно съ окружающими ихъ частями солнечной поверхности и которыя поэтому называются факелами. Но и остальная часть солнца, на которой нѣтъ ни факеловъ, ни пятенъ, и которая въ слабую зрительную трубу представляется всюду одинаково яркой, при разсматриваніи ея въ болѣе сильный инструментъ принимаетъ совершенно особенный, почти не поддающійся описанію видъ. Въ общемъ наблюдателю представляется, что вся поверхность солнца какъ бы покрыта чешуйками, или, вѣрнѣе, что она состоитъ изъ свѣтящейся массы, которую по всѣмъ направленіямъ прорѣзываютъ безчисленныя жилы другого вещества, свѣтящагося менѣе ярко и усѣяннаго огромнымъ числомъ маленькихъ темныхъ точекъ. Довольно вѣрное представленіе объ этомъ видѣ солнечной поверхности или о такъ называемой грануляціи солнца даетъ намъ прилагаемая при семъ таблица, на которой изображенъ фотографическій снимокъ, полученный Жансеномъ 7 іюня 1878 г. на астрофизической обсерваторіи въ Медонѣ, около Парижа.

* Совокупность чешуекъ или гранулъ вышеупомянутой болѣе яркой массы солнечной поверхности называется фотосферой. Жансенъ замѣтилъ, что на лучшихъ фотографическихъ снимкахъ эти гранулы мѣстами выходятъ размытыми, мѣстами яркими. Онъ назвалъ это явленіе фотосферической сѣткой. * По изслѣдованіямъ Станоевича, эта фотосферическая сѣтка вызывается постоянными, въ высшей степени неправильными теченіями въ верхнихъ слояхъ газообразной оболочки солнца. * Впрочемъ, на основаніи позднѣйшихъ наблюденій слѣдуетъ думать, что это явленіе зависитъ отъ земныхъ условій фотографированія. *

§ 11. **Измѣненія формы пятенъ.** Если мы будемъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени слѣдить за однимъ и тѣмъ-же пятномъ, то мы замѣтимъ, что оно не только мѣняется по величинѣ, но и, вообще, принимаетъ различныя формы, нерѣдко раздѣляется на два или нѣсколько пятенъ, которыя снова могутъ соединиться въ одно, и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаетъ. Въ послѣднемъ случаѣ всегда сначала уменьшается постепенно темная центральная часть пятна, т. е. такъ называемая тѣнь или ядро, которое такимъ образомъ пропадаетъ задолго до исчезновенія полутѣни.

* Объ измѣненіяхъ формы пятенъ читатель можетъ составить себѣ наглядное представленіе по рисункамъ 81, 82 и 83, на которыхъ изображено одно и то-же пятно на основаніи фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ на Ликской обсерваторіи послѣдовательно 8 августа, 31 августа и 27 сентября 1893 года. *

Описанныя нами измѣненія формы пятенъ очень часто происходятъ съ удивительной быстротой. Нерѣдко приходилось наблюдать образованіе отдѣльныхъ пятенъ и даже цѣлыхъ группъ ихъ въ теченіе немногихъ часовъ; иногда они также быстро и исчезали. Но встрѣчаются и такія пятна, которыя сохраняютъ свой видъ безъ особенныхъ измѣненій въ теченіе довольно продолжительнаго времени. Въ этихъ случаяхъ обыкновенно наблюдаются слѣдующія явленія. Впервые пятно, имѣющее по большей части продолговатую форму, появляется на лѣвомъ или восточномъ краѣ солнца, затѣмъ оно медленно движется по направленію къ западному краю и достигаетъ этого послѣдняго лишь по прошествіи 13 дней послѣ своего перваго появленія; послѣ этого оно исчезаетъ, и мы не видимъ его въ

теченіе такого же промежутка времени. По истеченіи этого второго періода оно снова появляется на прежнемъ мѣстѣ восточнаго края. Чѣмъ ближе къ центру солнца подходитъ пятно, тѣмъ шире оно намъ кажется; на краяхъ же оно дѣлается весьма узкимъ.



Рис. 81.

* Кромѣ того, когда пятно находится вблизи отъ центра солнца, ядро занимаетъ приблизительно центральное положеніе; по мѣрѣ же передвиженія пятна къ западному краю солнца, ядро, видимымъ образомъ, все болѣе и болѣе приближается къ восточному краю пятна (рис. 84). Наоборотъ, ядро находится на западномъ краѣ пятна, когда это послѣднее появляется на восточномъ краѣ солнца.*

Во всякомъ случаѣ такія пятна, которыя сохраняютъ свой видъ въ теченіе весьма долгаго времени, принадлежатъ къ очень рѣдкимъ явленіямъ. Подобные примѣры представляютъ большое пятно 1779 года, которое было видимо въ теченіе шести мѣсяцевъ, затѣмъ пятно, которое Швабе наблюдалъ въ 1840 году въ теченіе 8 оборотовъ, и, наконецъ, группа пятенъ, за которой Швабе могъ слѣдить въ 1861 и 1862 годахъ въ теченіе 18 ся появленій.

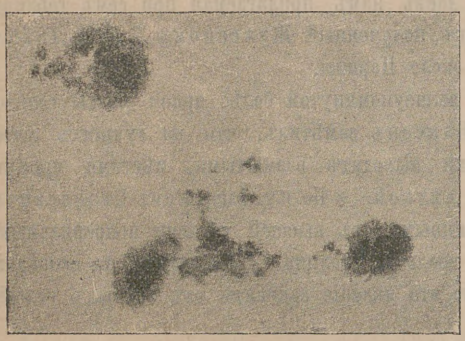


Рис. 82.

§ 12. **Размѣры пятенъ.** Вслѣдствіе огромнаго разстоянія, отдѣляющаго землю отъ солнца, длина въ 700 километровъ въ центральной части солнечнаго диска усматривается наблюдателемъ съ земли подъ весьма небольшимъ угломъ, равнымъ одной секундѣ. Поэтому, на поверхности солнца площадь круга, діаметръ котораго равенъ одной секундѣ, составляетъ 385000 квадратныхъ километровъ. Однако такія пятна, діаметръ которыхъ не превосходитъ одной секунды, представляются, даже въ астрономическія трубы съ значительнымъ увеличеніемъ, въ видѣ маленькихъ точекъ и потому обыкновенно называются порами. Такими порами поверхность солнца часто бываетъ, въ буквальномъ смыслѣ слова, усѣяна. Подъ пятнами же мы разумѣемъ собственно образованія гораздо большихъ размѣровъ, и нерѣдко приходилось наблюдать на поверхности солнца по истинѣ исполинскія пятна. Такъ, ревностный наблюдатель солнца Швабе въ Дессау 5 сентября 1850 года видѣлъ пятно, діаметръ котораго въ среднемъ равнялся 302″, т. е. 211400 километрамъ; слѣдовательно, поверхность этого пятна составляла 35100 милліоновъ квадратныхъ километровъ и была въ 69 разъ больше поверхности нашей земли. Изъ другихъ большихъ пятенъ, которыя во всякомъ случаѣ далеко не достигали размѣровъ только что упомянутаго пятна,

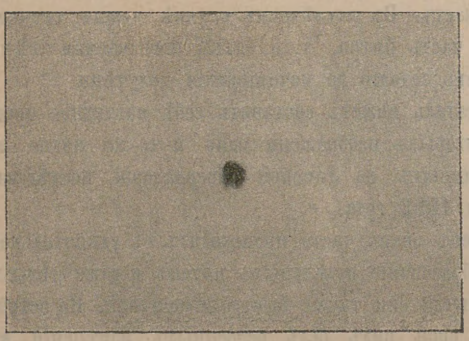
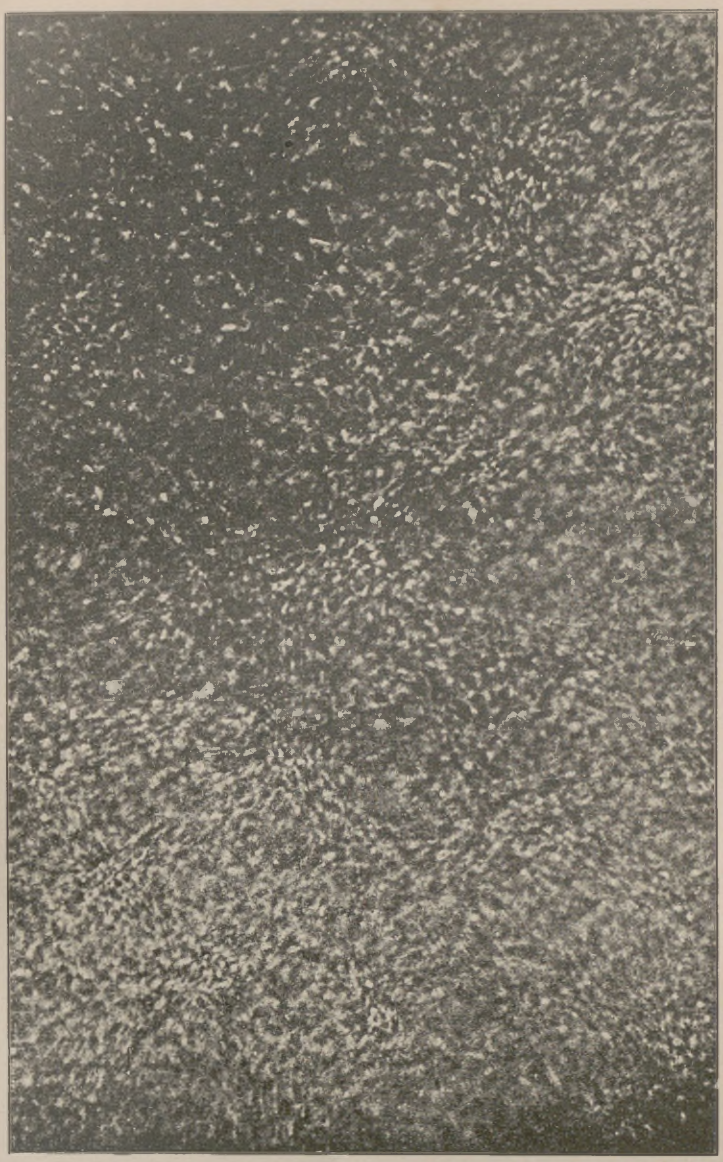
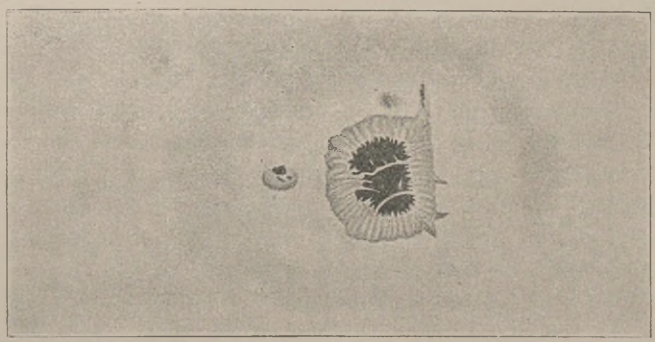


Рис. 83.



Солнечная грануляція.



Солнечное пятно, наблюдавшееся въ Неаполѣ 27 Сентября 1826 года.

особенно замѣчательны два: одно изъ нихъ было видимо 30 іюня 1842 года и имѣло діаметръ, равный 168″; діаметръ другого, которое наблюдалось 22 сентября 1848 года въ среднемъ равнялся 147″. Поверхность этого послѣдняго пятна въ 18 разъ превосходила поверхность нашей земли.

Еще большихъ размѣровъ достигаютъ такъ называемыя группы пятенъ, т. е. такія образованія, въ которыхъ нѣсколько пятенъ окружены общею полутѣнью. Наибольшая изъ такихъ группъ пятенъ была наблюдаема въ іюнѣ 1847 года; по измѣреніямъ Швабе, протяженіе этой группы съ востока на западъ составляло 668″ или приблизительно 468000 километровъ. Группы пятенъ подобныхъ размѣровъ появляются на поверхности солнца, вообще говоря, довольно часто.

Сопоставляя огромные размѣры пятенъ съ измѣненіемъ ихъ формы и имѣя при этомъ въ виду, что на поверхности солнца какъ образованіе новыхъ пятенъ, такъ и совершенное исчезновеніе ихъ происходитъ иногда въ весьма короткіе промежутки времени, мы получаемъ ясное представленіе о тѣхъ грандіозныхъ переворотахъ, которые совершаются на поверхности центральнаго тѣла нашей планетной системы.

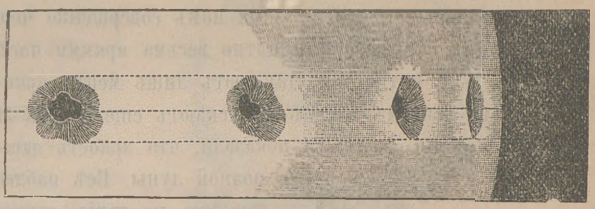


Рис. 84.

Весьма поучительный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ только что упомянутая большая группа пятенъ. Ея наибольшая длина въ направленіи съ востока на западъ въ теченіе двухъ дней, съ 14 по 15 іюня, уменьшилась съ 668″ до 474″, т. е. на 194″ или приблизительно на 136 000 километровъ. Слѣдовательно, восточный и западный края этой группы ежедневно сближались на 68000 километровъ, между тѣмъ какъ наибольшая скорость земного урагана едва достигаетъ 3000 километровъ въ сутки. Еще болѣе быстрыя измѣненія происходили въ упомянутомъ выше большомъ пятнѣ, которое наблюдалось въ 1850 году. Его діаметръ въ теченіе одного дня измѣнился съ 93″ до 302″, иначе говоря,—увеличился на 209″ или на 146000 километровъ; вмѣстѣ съ этимъ, поверхность пятна увеличилась отъ 3300 до 35100 милліоновъ квадратныхъ километровъ. Замѣчательно, что на другой день послѣ того, какъ это пятно достигло такихъ огромныхъ размѣровъ, діаметръ его снова уменьшился до своей прежней величины.

Есть основаніе думать, что пятна иногда могутъ достигать еще бо́льшихъ размѣровъ, чѣмъ вышеупомянутые. Такъ напр., Альбуфараджъ разсказываетъ въ своей «Historia Dynastica», что въ 535 году солнечный свѣтъ былъ помраченъ въ теченіе 14 дней, что въ 626 году половина солнечнаго диска въ теченіе продолжительнаго времени казалась черной и т. д. Хотя мы и не можемъ придавать буквальнаго значенія этимъ описаніямъ, относящимся къ первымъ столѣтіямъ нашего лѣтосчисленія, тѣмъ не менѣе, если только здѣсь рѣчь идетъ о солнечныхъ пятнахъ, мы должны допустить, что въ тѣ времена эти образованія достигали чудовищныхъ размѣровъ. Точно также, знаменитый врачъ Аверроэсъ изъ Кордовы, жившій въ XII-омъ столѣтіи, наблюдалъ одно большое солнечное пятно невооруженнымъ глазомъ; но на это наблюденіе въ то время не было обращено должнаго вниманія, и оно не привело ни къ какимъ важнымъ результатамъ, такъ какъ самъ наблюдатель неправильно принялъ это пятно за планету Меркурій. Замѣчательно, что въ ту-же самую ошибку впалъ также Кеплеръ, когда онъ 28 Мая 1607 года замѣтилъ на солнцѣ пятно. Впрочемъ, такія пятна или группы пятенъ, которыя могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ, вообще не представляютъ рѣдкости, и въ періоды наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца почти всегда появляются одно или два

такихъ пятна. Такъ, напр., упомянутому выше Швабе неоднократно удавалось видѣть пятна просто глазомъ, причемъ за нѣкоторыми изъ нихъ онъ могъ слѣдить такимъ образомъ въ теченіе нѣсколькихъ дней подрядъ. Въ слѣдующей табличкѣ даны числа, показывающія, сколько пятенъ видѣлъ Швабе невооруженнымъ глазомъ въ различные года.

Годъ.	Число пятенъ.	Годъ.	Число пятенъ.
1847	5	1859	4
1848	5	1860	9
1849	6		

По мнѣнію Швабе невооруженнымъ глазомъ можно видѣть всѣ такія пятна, діаметръ которыхъ больше 50″. Тиссо же полагаетъ, что для этого даже достаточно, чтобы діаметръ пятна былъ не меньше 30″.

§ 13. **Цвѣтъ и строеніе пятенъ.** На первый взглядъ солнечныя пятна и особенно ихъ центральныя части кажутся намъ совершенно черными, но это зависитъ только отъ контраста съ окружающими пятно весьма яркими частями солнечной поверхности. На самомъ же дѣлѣ пятна представляютъ лишь менѣе ярко свѣтящіяся мѣста этой поверхности, которыя во всякомъ случаѣ испускаютъ еще весьма значительное количество свѣта. Именно, изслѣдованія Ланглея показали, что яркость ядра въ 500 разъ превосходитъ яркость полной луны. Всѣ наблюдатели солнца довольно часто указываютъ на такіе случаи, когда пятно несомнѣнно имѣло краснобурый оттѣнокъ. Это особенно бросается въ глаза тогда, когда на солнечномъ дискѣ находится одновременно нѣсколько пятенъ, и въ однихъ изъ нихъ краснобурый цвѣтъ выступаетъ гораздо явственнѣе, чѣмъ въ другихъ, какъ это было, напримѣръ, 16 марта 1858 года. Подобный же случай наблюдалъ въ 1819 году Халлашка, причемъ ему казалось, что одно изъ двухъ рядомъ лежащихъ пятенъ отчасти покрывалось другимъ. Такое же точно явленіе было замѣчено въ 1816 году Рашигомъ въ Дрезденѣ, 12 марта 1864 года Э. Вейсомъ и 21 апрѣля 1869 года Хагомъ въ Вѣнѣ и, наконецъ, 6 и 7 мая 1871 года Бирмингамомъ въ Мильбрукѣ. Впрочемъ, краснобурый цвѣтъ пятенъ бываетъ замѣтенъ также тогда, когда, при спокойномъ воздухѣ, солнце проглядываетъ сквозь густой туманъ, такъ что его можно наблюдать, не пользуясь цвѣтнымъ стекломъ. Наконецъ, мы и во всякое время можемъ легко убѣдиться въ томъ, что солнечныя пятна въ дѣйствительности не представляютъ совершенно черныхъ мѣстъ солнечной поверхности. Для этого стоитъ только къ окулярному концу астрономической трубы, служащей для наблюденій солнца, прикрѣпить экранъ изъ бѣлой бумаги, какъ показано на рисункѣ 85. При одномъ взглядѣ на изображеніе солнца, полученное такимъ образомъ на этомъ экранѣ, мы приходимъ къ заключенію, что цвѣтъ пятенъ краснобурый.

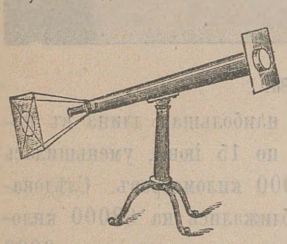


Рис. 85.

Солнечныя пятна могутъ принимать самую разнообразную форму. Не слишкомъ большія пятна въ среднюю эпоху своего существованія обыкновенно имѣютъ довольно правильную круглую форму. Часто пятна располагаются, какъ мы видѣли выше, группами. Въ такомъ случаѣ нерѣдко общая полутѣнь окружаетъ нѣсколько ядеръ. Наибольшее изъ нихъ, или такъ называемая голова, находится на западномъ краѣ пятна и, при движеніи этого послѣдняго, идетъ впереди, меньшія ядра слѣдуютъ за нимъ.

Полутѣнь пятна лишь въ рѣдкихъ случаяхъ во всѣхъ своихъ частяхъ бываетъ одного и того-же сѣраго цвѣта; обыкновенно же тѣ части, которыя лежатъ ближе къ ядру, представляются болѣе яркими, чѣмъ внѣшніе края полутѣни. Кромѣ того, по изслѣдованіямъ Ланглея, какъ тѣнь, такъ и ядро солнечнаго пятна представляютъ спиральное строеніе. Такое спиральное строеніе, вообще, можетъ быть наблюдаемо только при помощи

сильныхъ астрономическихъ трубъ, и лишь въ исключительныхъ случаяхъ оно совершенно ясно выступаетъ также и при наблюденіяхъ небольшими инструментами. На рисункѣ 86 изображено замѣчательное солнечное пятно съ спиральнымъ строеніемъ, наблюдавшееся итальянскимъ астрономомъ Секки 5 мая 1854 года. На этомъ пятнѣ, между прочимъ, весьма ясно видны болѣе темныя мѣста внутри ядра, на существованіе которыхъ, вообще, впервые указалъ Довесъ (Dawes) въ 1852 году.

§ 14. **Періодическія измѣненія числа солнечныхъ пятенъ.** Въ теченіе болѣе чѣмъ 200 лѣтъ со времени открытія солнечныхъ пятенъ не было подмѣчено никакой законности въ пятнообразовательной дѣятельности солнца; было извѣстно только, что иногда въ теченіе цѣлыхъ дней и даже цѣлыхъ недѣль на поверхности солнца или вовсе не бываетъ пятенъ или же число ихъ очень невелико; по временамъ же, наоборотъ, солнце во многихъ мѣстахъ своей поверхности бываетъ покрыто пятнами. Еще въ концѣ XVIII столѣтія Христіанъ Хорребовъ подозрѣвалъ, что указанныя явленія періодически повторяются, но онъ ничего не опубликовалъ относительно этого вопроса; впрочемъ, періодичность этихъ явленій оставалась въ теченіе долгаго времени неизвѣстной, безъ сомнѣнія, только потому, что раньше никому изъ наблюдателей не приходила въ голову мысль систематически слѣдить за пятнообразовательною дѣятельностью солнца. Подобнаго рода наблюденія впервые предпринялъ Швабе, который съ 1826 года до самой своей смерти, въ теченіе болѣе чѣмъ 40 лѣтъ, неутомимо слѣдилъ за всѣми измѣненіями, происходившими на поверхности солнца, и зато, уже въ 1843 году, его труды увѣнчались открытіемъ, весьма важнымъ въ смыслѣ расширенія нашихъ знаній о физическихъ свойствахъ солнца; именно, онъ нашелъ, что число солнечныхъ пятенъ подлежитъ правильному періодическому колебанію. Это въ высшей степени замѣчательное открытіе, составляющее въ наукѣ эпоху, явилось плодомъ его 16-тилѣтнихъ наблюденій и было опубликовано имъ въ журналѣ «Astronomische Nachrichten». Продолжительность періода, въ теченіе котораго пятнообразовательная дѣятельность солнца отъ минимума доходитъ до максимума и снова понижается до минимума, составляетъ, по его изслѣдованіямъ, приблизительно, 10 лѣтъ. Изъ нижеслѣдующей таблицы, въ которой приведены результаты весьма обстоятельныхъ наблюденій Швабе, читатель легко можетъ видѣть самъ, какимъ образомъ мѣнялась изъ года въ годъ пятнообразовательная дѣятельность солнца въ теченіе времени съ 1826 до 1868 года.



Рис. 86.

Годъ.	Число наблюдательныхъ дней.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ которые на солнцѣ вовсе не было пятенъ.	Годъ.	Число наблюдательныхъ дней.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ которые на солнцѣ вовсе не было пятенъ.
1826	277	118	22	1833	267	33	139
1827	273	161	2	1834	273	51	120
1828	282	225	0	1835	244	173	18
1829	244	199	0	1836	200	272	0
1830	217	190	1	1837	168	333	0
1831	239	149	3	1838	202	282	0
1832	270	84	49	1839	205	162	0

Годъ.	Число наблюдательныхъ дней.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ которые на солнцѣ вовсе не было пятенъ.	Годъ.	Число наблюдательныхъ дней.	Общее число пятенъ.	Число дней, въ которые на солнцѣ вовсе не было пятенъ.
1840	263	152	3	1855	313	38	146
1841	283	102	15	1856	321	34	193
1842	307	68	64	1857	324	98	52
1843	324	34	149	1858	335	202	0
1844	320	52	111	1859	343	205	0
1845	332	114	29	1860	332	211	0
1846	314	157	1	1861	322	204	0
1847	276	257	0	1862	317	160	3
1848	278	330	0	1863	330	124	2
1849	285	238	0	1864	325	130	4
1850	308	186	2	1865	307	93	26
1851	308	151	0	1866	349	45	76
1852	337	125	2	1867	312	25	195
1853	299	91	4	1868	301	101	23
1854	334	67	65				

Уже одного взгляда на числа этой таблицы достаточно, чтобы убѣдиться въ періодичности разсматриваемаго нами явленія. Къ этому необходимо еще прибавить, что въ тѣ годы, когда пятнообразовательная дѣятельность солнца проявляется весьма слабо, на его поверхности не только наблюдается меньшее число пятенъ, но и, вообще, тѣ пятна, которыя появляются въ это время, отличаются небольшими размѣрами и не представляютъ ничего замѣчательнаго; въ годы же наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, наоборотъ, преобладаютъ огромныя пятна, такъ что періодическій ходъ чиселъ предыдущей таблицы выступилъ бы еще явственнѣе, если бы мы общее число пятенъ, видимыхъ на солнцѣ въ теченіе года, замѣнили суммой площадей, занимаемыхъ этими пятнами на его поверхности.

Но въ теченіе цѣлыхъ десяти лѣтъ ученые не обращали никакого вниманія на открытіе Швабе; мало того, нѣкоторые изъ нихъ даже горячо возставали противъ этого открытія. Это продолжалось до тѣхъ поръ, пока не предпринялъ своихъ изслѣдованій относительно солнечныхъ пятенъ Р. Вольфъ, находившійся въ то время въ Бернѣ и позже занявшій постъ директора Цюрихской обсерваторіи.

Воспользовавшись старыми наблюденіями, которыя онъ самымъ тщательнымъ образомъ собралъ изъ различныхъ источниковъ, онъ установилъ продолжительность періода въ $11^1/_9$ лѣтъ; послѣ продолжительной и весьма нелегкой работы ему, наконецъ, удалось съ удовлетворительною точностью указать, начиная со времени открытія солнечныхъ пятенъ, тѣ эпохи, которымъ соотвѣтствовало какъ наибольшее, такъ и наименьшее развитіе пятнообразовательной дѣятельности солнца. Полученные имъ результаты приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Наибольшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наибольшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.	
Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка выражен. въ годахъ.
1615,5	$\pm$1,5	1610,8	$\pm$0,4	1660,0	2,0	1655,0	2,0
1626,0	1,0	1619,0	1,5	1675,0	2,0	1666,0	2,0
1639,5	1,0	1634,0	1,0	1685,0	1,5	1679,5	2,0
1649,0	1,5	1645,0	1,0	1693,0	2,0	1689,5	2,0



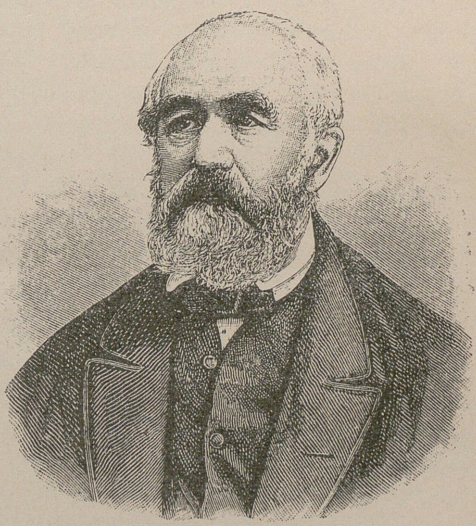
Гюйгенсъ (1629—1695).



Ньютонъ (1642—1727).



Фраунгоферъ (1787—1826).



Р. Вольфъ (1816—1893).

Наибольшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наибольшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.		Наименьшее развитіе пятнообраз. дѣятельности солнца.	
Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.	Эпоха.	Возможная ошибка, выражен. въ годахъ.
1705,5	±1,0	1698,9	±2,0	1804,0	±1,0	1798,3	±0,5
1718,2	1,0	1712,0	1,0	1816,4	0,5	1810,6	0,5
1727,5	1,0	1723,5	1,0	1829,9	1,0	1823,3	0,5
1738,7	1,0	1734,0	1,0	1837,2	0,5	1833,9	0,2
1750,3	1,0	1745,0	1,0	1848,1	0,5	1843,5	0,2
1761,5	0,5	1755,2	0,5	1860,1	0,2	1856,0	0,2
1769,7	0,5	1766,5	0,5	1870,6	0,1	1867,2	0,1
1778,4	0,5	1775,5	0,5	1883,9	0,1	1878,9	0,1
1788,1	0,5	1784,7	0,5			1889,6	0,1

Разсматривая числа этой таблицы, мы тотчасъ же замѣчаемъ, что продолжительность періода не есть величина постоянная, но что она колеблется около своего средняго значенія равнаго $11^1/_9$ годамъ и можетъ довольно сильно уклоняться отъ него въ ту и другую сторону. Далѣе, на основаніи той-же самой таблицы, мы легко убѣждаемся въ томъ, что промежутокъ времени, протекающій отъ эпохи наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца до ближайшей эпохи наименьшаго ея развитія, значительно короче, чѣмъ промежутокъ, протекающій отъ этой послѣдней эпохи до слѣдующей эпохи наибольшаго развитія. Именно, первый изъ этихъ промежутковъ, въ среднемъ, составляетъ 4,6, а второй—6,5 лѣтъ.

Кромѣ того, изъ обстоятельныхъ изслѣдованій Вольфа былъ выведенъ еще другой весьма замѣчательный результатъ, а именно, что спустя два года послѣ главной эпохи наибольшаго числа пятенъ наступаетъ еще вторичная подобная же эпоха, хотя и менѣе ясно выраженная, и что, при бо́льшей продолжительности промежутка между двумя слѣдующими другъ за другомъ эпохами наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, на поверхности этого послѣдняго замѣчается меньшее число пятенъ, чѣмъ въ случаѣ болѣе короткаго промежутка между упомянутыми эпохами, другими словами,—что болѣе короткіе періоды обусловливаются болѣе сильнымъ развитіемъ дѣятельности солнца, болѣе сильнымъ проявленіемъ его энергіи.

* При своихъ изслѣдованіяхъ Вольфъ ввелъ въ разсмотрѣніе такъ называемыя относительныя числа, которыя составляются нѣсколько произвольнымъ образомъ на основаніи данныхъ, получаемыхъ непосредственно изъ наблюденій. Относительное число r выражается слѣдующей простой формулой

$$r = k(10g + f).$$

Здѣсь g есть число группъ пятенъ, наблюдавшихся на солнцѣ въ теченіе нѣкотораго промежутка времени, причемъ въ этомъ случаѣ каждое отдѣльное пятно также считается за группу; далѣе, f выражаетъ полное число пятенъ, какъ самостоятельныхъ, такъ и входящихъ въ составъ группъ; наконецъ, k есть численный коэффиціентъ, различный для каждаго наблюдателя и для каждаго инструмента: чѣмъ меньше инструментъ, тѣмъ больше этотъ коэффиціентъ k. Изъ сравненія одновременныхъ наблюденій нѣсколькихъ наблюдателей легко найти отношеніе между различными коэффиціентами k. Если коэффиціентъ k для какого-нибудь одного наблюдателя и для опредѣленнаго инструмента принять за единицу, то относительныя числа, соотвѣтствующія различнымъ наблюдателямъ, могутъ быть выражены въ одинаковыхъ единицахъ, такъ что въ этомъ случаѣ получается однородная система чиселъ. При помощи такихъ относительныхъ чиселъ, которыя оказываются

пропорціональными общей площади, занимаемой пятнами въ разсматриваемый промежутокъ времени, является возможность опредѣлять напряженность пятнообразовательной дѣятельности солнца.* Вольфъ вычислилъ 1440 такихъ относительныхъ чиселъ для каждаго мѣсяца съ 1751 по 1870 г. включительно, т. е. за 120-лѣтній промежутокъ времени. Эти вычисленія стоили ему весьма большого труда, но за то на основаніи ихъ ему удалось сдѣлать весьма интересные выводы. Именно, онъ задался цѣлью изслѣдовать, не существуетъ ли, кромѣ главнаго 11-лѣтняго періода, еще другой второстепенный. Для этого онъ послѣдовательно располагалъ вышеупомянутыя относительныя числа по періодамъ, продолжительность которыхъ онъ принималъ соотвѣтственно равною 8 годамъ 6 мѣсяцамъ, 8 годамъ 8 мѣсяцамъ, 8 годамъ 10 мѣсяцамъ и т. д. до $12^1/_2$ лѣтъ. Затѣмъ онъ составлялъ среднія ариѳметическія изъ чиселъ, полученныхъ для каждаго такого періода. Такимъ образомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что, кромѣ главнаго періода, существуетъ, дѣйствительно, еще два второстепенныхъ, изъ которыхъ одинъ охватываетъ $8^1/_3$ лѣтъ, а другой—почти ровно 10 лѣтъ. Существованіемъ этихъ второстепенныхъ періодовъ и объясняются значительныя уклоненія продолжительности главнаго періода въ ту и другую сторону отъ средняго значенія, равнаго $11^1/_9$ годамъ. Но вычисленія Вольфа не дали никакого указанія на существованіе четвертаго, 12-лѣтняго періода, о которомъ говорятъ многіе изслѣдователи; зато онъ пришелъ къ заключенію, что существуетъ еще одинъ второстепенный періодъ весьма большой продолжительности, которая, однако, не могла быть опредѣлена съ удовлетворительною точностью по недостатку подходящихъ для этой цѣли наблюденій. Почти съ одинаковою вѣроятностью можно было принять, что эта продолжительность составляетъ 67, 80 или 100 лѣтъ.

* Въ заключеніе этого параграфа считаемъ нелишнимъ указать, что въ ближайшемъ будущемъ наибольшее развитіе пятнообразовательной дѣятельности солнца должно имѣть мѣсто въ 1904, 1915 и 1926 годахъ; напротивъ того, 1911 и 1922 годы будутъ эпохами наиболѣе слабаго развитія этой дѣятельности. *

§ 15. **Распредѣленіе солнечныхъ пятенъ.** Еще Шейнеръ, одинъ изъ первыхъ наблюдателей солнечныхъ пятенъ, замѣтилъ, что эти послѣднія образуются только въ двухъ зонахъ солнечной поверхности, простирающихся приблизительно до 30^0 или 40^0 въ обѣ стороны отъ солнечнаго экватора. За предѣлами же этихъ зонъ пятна появляются весьма рѣдко. Наибольшее удаленіе отъ солнечнаго экватора, иначе говоря,—наибольшая геліографическая широта, на которой до сихъ поръ наблюдались пятна, составляетъ 51^0. Именно, на такомъ разстояніи къ сѣверу отъ экватора наблюдалъ группу пятенъ въ серединѣ іюня 1846 года Петерсъ, работавшій въ то время въ Неаполѣ и впослѣдствіи занявшій мѣсто директора обсерваторіи въ Клинтонѣ, въ Соединенныхъ Штатахъ.

До середины XIX столѣтія этимъ и ограничивались свѣдѣнія астрономовъ относительно распредѣленія пятенъ по поверхности солнца. Только Каррингтонъ, обработавшій большой рядъ наблюденій, которыя онъ производилъ надъ солнечными пятнами въ теченіе семи лѣтъ, съ 1854 по 1861 г., пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что до эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, т. е. до 1856 года, всѣ пятна появлялись въ двухъ зонахъ солнечной поверхности, простирающихся до 20^0 въ обѣ стороны отъ экватора; немного же спустя послѣ упомянутой эпохи картина совершенно измѣнилась: пятнообразовательная дѣятельность солнца перешла въ двѣ другія зоны, лежащія какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріяхъ солнечной поверхности между 20^0 и 40^0 геліографической широты, между тѣмъ какъ экваторіальныя зоны вдругъ сдѣлались свободными отъ пятенъ. Однако, уже въ слѣдующіе годы обѣ вышеупомянутыя зоны, въ которыхъ сосредоточилась пятнообразовательная дѣятельность солнца, стали замѣтнымъ образомъ приближаться къ экватору; по изслѣдованіямъ Шпёрера, который началъ свои наблюденія надъ солнечными пятнами въ 1861 году,

это продолжалось вплоть до 1867 года, т. е. до новой эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, такъ что около этого времени образованіе пятенъ снова наблюдалось въ двухъ зонахъ, лежащихъ на 20° къ сѣверу и къ югу отъ солнечнаго экватора. Но въ скоромъ времени въ этихъ зонахъ дѣятельность солнца совершенно потухла, съ тѣмъ, чтобы снова разгорѣться въ зонахъ, заключающихся между 20° и 40° сѣверной и южной геліографической широты. Такъ какъ Каррингтонъ изъ наблюденій Петерса и Вольфъ изъ наблюдсній Бема вывели, что около двухъ предшествующихъ эпохъ наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, т. е. около 1844 года и около 1833 года, области появленія пятенъ перемѣщались на поверхности солнца по тому же самому закону, и такъ какъ то же самое подтверждается новѣйшими наблюденіями, то отсюда слѣдуетъ заключить, что это явленіе правильнымъ образомъ повторяется въ теченіе каждаго 11-лѣтняго періода. Еще въ 1861 году Вольфъ объяснялъ такое перемѣщеніе области образованія пятенъ періодическими теченіями внутри солнца, направленными отъ полюсовъ къ экватору. Такія теченія, зарождаясь вскорѣ послѣ эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, обусловливаютъ изверженія на поверхности этого послѣдняго, слѣдствіемъ чего, въ свою очередь, являются наблюдаемые нами пятна и факелы. На нѣкоторомъ разстояніи отъ экватора, приблизительно въ зонахъ между 10° и 20° сѣверной и южной широты, явленіе это достигаетъ наибольшаго развитія. По мѣрѣ дальнѣйшаго приближенія къ экватору тѣхъ зонъ, въ которыхъ образуются пятна, пятнообразовательная дѣятельность солнца постепенно замираетъ, и около новой эпохи наименьшаго числа пятенъ въ нѣкоторомъ слоѣ внутри солнца зарождаются новыя теченія, направленныя отъ полюсовъ къ экватору.

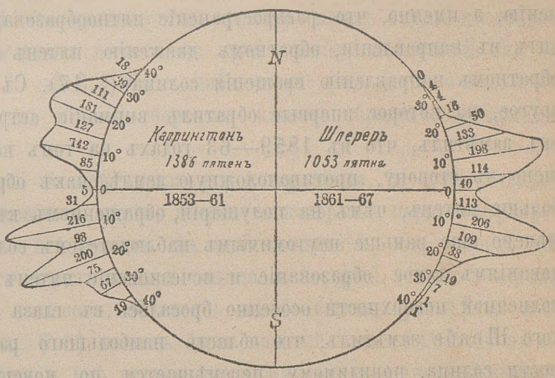


Рис. 87.

На основаніи этого взгляда, пятна, наблюдаемыя незадолго до эпохи полнаго замиранія пятнообразовательной дѣятельности солнца, суть ни что иное, какъ послѣдніе слѣды старыхъ, уже оканчивающихъ свое существованіе пятенъ; напротивъ того, тѣ пятна, которыя мы видимъ на поверхности солнца послѣ этой эпохи, представляютъ результатъ дѣйствія новыхъ, только что получившихъ свое начало теченій.

* Распредѣленіе пятенъ по поверхности солнца, на основаніи наблюденій Каррингтона и Шперера, представлено схематически на рисункѣ 87. Черезъ каждые пять градусовъ геліографической широты, на продолженіяхъ радіусовъ круга, изображающаго поверхность солнца, отложены длины, пропорціональныя числу пятенъ, наблюдавшихся каждымъ изъ наблюдателей на соотвѣтственныхъ параллеляхъ солнечной поверхности. Кривыя линіи, проведенныя черезъ полученныя такимъ образомъ точки, и даютъ намъ наглядное представленіе о распредѣленіи пятенъ. Изъ этого рисунка мы, между прочимъ, усматриваемъ, что подъ самымъ экваторомъ солнечной поверхности пятна появляются весьма рѣдко. *

§ 16. **Законы образованія пятенъ.** Швабе еще въ 1840 году замѣтилъ, что какъ образованіе солнечныхъ пятенъ, такъ и ихъ исчезновеніе подчинены нѣкоторымъ законамъ, которые онъ точнѣе формулировалъ въ 1842 году. Петерсъ на основаніи своихъ наблюденій надъ солнечными пятнами, которыя онъ производилъ въ Неаполѣ въ 1845 и 1846 годахъ, пришелъ въ 1862 году къ заключеніямъ, вполнѣ подтверждающимъ результаты,

найденные Швабе. Оба эти ученые вывели изъ своихъ наблюденій слѣдующіе законы образованія и разложенія солнечныхъ пятенъ.

1. Образованіе новаго пятна вблизи другого, уже существующаго, происходитъ обыкновенно съ восточной стороны отъ этого послѣдняго. Точно также, при увеличеніи размѣровъ какой-нибудь группы пятенъ, новыя пятна образуются въ той ея части, которая обращена къ востоку. Но такъ какъ пятна, появляясь на восточномъ краѣ солнечнаго диска, медленно перемѣщаются къ западному (§ 11), то, очевидно, восточная часть пятна въ то же время есть часть, идущая позади. Поэтому мы можемъ также сказать, что новыя пятна, образуясь вблизи существующихъ, слѣдуютъ за этими послѣдними.

2. Въ группѣ пятенъ первыми исчезаютъ тѣ пятна, которыя находятся на ея западной сторонѣ, иначе говоря—тѣ, которыя идутъ впереди. При этомъ нерѣдко, въ то время какъ на западной сторонѣ группы размѣры пятенъ уменьшаются, размѣры пятенъ, находящихся на восточной ея сторонѣ, увеличиваются.

3. Большое пятно весьма часто сопровождается пятнами меньшихъ размѣровъ, которыя по большей части слѣдуютъ за главнымъ пятномъ.

Сопоставляя все вышесказанное, мы приходимъ къ весьма замѣчательному заключенію, а именно, что распространеніе пятнообразовательной дѣятельности солнца происходитъ въ направленіи, обратномъ движенію пятенъ или, иначе говоря, въ направленіи, обратномъ направленію вращенія солнца (§ 17). Съ этимъ явленіемъ находится въ связи другое, на которое впервые обратилъ вниманіе астрономъ Карлъ въ Мюнхенѣ. Именно, онъ замѣтилъ, что въ 1859—63 годахъ на томъ полушаріи солнца, которое было обращено въ сторону, противоположную землѣ, какъ образовывалось, такъ и исчезало гораздо больше пятенъ, чѣмъ на полушаріи, обращенномъ къ землѣ. Подобное же явленіе было замѣчено еще раньше неутомимымъ наблюдателемъ солнечныхъ пятенъ Швабе; по его изслѣдованіямъ такое образованіе и исчезновеніе пятенъ преимущественно на одной сторонѣ солнечной поверхности особенно бросалось въ глаза около 1828 и 1848 годовъ. Кромѣ того Швабе замѣтилъ, что область наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, повидимому, перемѣщается по поверхности этого послѣдняго параллельно солнечному экватору, и, если принять во вниманіе, что отношеніе пятенъ, образующихся на видимомъ полушаріи солнца къ числу всѣхъ вообще наблюдаемыхъ пятенъ, по вычисленіямъ Карла, къ концу вышеупомянутой эпохи значительно увеличилось, то съ большой вѣроятностью можно допустить, что явленіе, состоящее въ образованіи пятенъ преимущественно на одной сторонѣ солнечной поверхности, находится въ связи съ періодичностью ихъ числа. Именно, эта связь выражается тѣмъ, что въ эпохи наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца на обращенномъ къ намъ полушаріи солнечной поверхности какъ образуется, такъ и исчезаетъ меньшее число пятенъ, чѣмъ на другомъ его полушаріи.

Далѣе, Швабе замѣтилъ, что небольшія пятна обыкновенно появляются парами: онъ же неоднократно указывалъ на то, что весьма часто въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени на одномъ полушаріи солнца, сѣверномъ или южномъ, наблюдается бо́льшее число пятенъ, чѣмъ на другомъ. Такъ, напр., въ 1858 году бо́льшимъ богатствомъ пятенъ отличалось южное полушаріе. Кромѣ того, Шпёреръ показалъ, что въ 1856 и 1867 годахъ въ южномъ полушаріи пятнообразовательная дѣятельность затихла раньше, чѣмъ въ сѣверномъ. Точно также въ 1860 и 1873 годахъ въ южномъ полушаріи опять раньше, чѣмъ въ сѣверномъ, наблюдался наибольшій разгаръ пятнообразовательной дѣятельности солнца. Наконецъ, Де-ля-Рю, Леви и Стюартъ нашли, что въ теченіе одного и того же періода пятна нерѣдко образуются на противоположныхъ концахъ одного и того же діаметра солнечнаго диска.

§ 17. **Вращеніе солнца.** Уже выше (§ 11) было замѣчено, что всѣ пятна, держащіяся на поверхности солнца въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени без-

особенно сильныхъ измѣненій, медленно перемѣщаются по солнечному диску отъ восточнаго его края къ западному. Это объясняется вращеніемъ самаго солнца въ направленіи съ запада на востокъ, т. е. въ томъ же направленіи, въ какомъ совершается вращеніе земли около оси (Часть I, глава II); поэтому наблюденіями надъ солнечными пятнами можно съ большимъ удобствомъ воспользоваться для опредѣленія времени вращенія солнца около оси и, вмѣстѣ съ тѣмъ, для опредѣленія положенія этой оси въ пространствѣ. Попытки опредѣленія времени вращенія солнца по наблюденіямъ солнечныхъ пятенъ дѣлались уже вскорѣ послѣ открытія этихъ послѣднихъ: изъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ солнце было первымъ, вращеніе котораго было изслѣдовано такимъ способомъ.

Уже давно было замѣчено, что пути, описываемые пятнами на солнечномъ дискѣ, въ различныя времена года имѣютъ различный видъ. Именно, 10-го іюня и 10-го декабря эти пути представляются намъ въ видѣ прямыхъ линій; въ остальное же время года пятна описываютъ на солнечномъ дискѣ кривыя линія, которыя въ теченіе одной половины года обращены выпуклостью къ сѣверу, или вверхъ, въ теченіе другой — къ югу, или внизъ. Наибольшей кривизной обладаютъ эти криволинейные пути пятенъ въ августѣ и въ февралѣ, причемъ въ первомъ случаѣ они обращены выпуклостью вверхъ, а во второмъ — внизъ. Наконецъ, еще было замѣчено, что промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями пятна черезъ одинъ и тотъ же край солнца, восточный или западный, составляетъ приблизительно 27 дней. Этихъ наблюденій уже достаточно, чтобы представить себѣ, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, какимъ образомъ происходитъ вращеніе солнца около оси.

Если солнце вращается около оси, то всѣ точки его поверхности, а, слѣдовательно, также и солнечныя пятна должны описывать круги, плоскости которыхъ перпендикулярны къ оси вращенія, и центры которыхъ всѣ лежатъ на этой послѣдней. Окружность того изъ этихъ круговъ, который проходитъ черезъ центръ солнца и который отстоитъ на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ обоихъ полюсовъ, обладаетъ наибольшими размѣрами и по аналогіи съ земнымъ экваторомъ (Введ., § 5) можетъ быть названа солнечнымъ экваторомъ. Какъ солнечный экваторъ, такъ и всѣ остальныя параллели солнечной поверхности, по которымъ, при вращеніи солнца, движутся пятна, могутъ представляться наблюдателю, находящемуся на землѣ или 1) въ видѣ прямыхъ линій, если плоскость солнечнаго экватора совпадаетъ съ плоскостью эклиптики (Введ., § 11), или 2) въ видѣ окружностей круговъ, если линія зрѣнія перпендикулярна къ плоскости солнечнаго экватора, т. е., если эта послѣдняя плоскость составляетъ съ плоскостью эклиптики прямой уголъ, или, наконецъ, 3) въ видѣ эллиптическихъ кривыхъ (Часть I, § 75), если плоскость солнечнаго экватора наклонена къ плоскости эклиптики подъ нѣкоторымъ угломъ, заключающимся между 0^0 и 90^0.

Третій изъ этихъ случаевъ имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности. Пути, описываемые солнечными пятнами, представляются намъ, вообще, въ видѣ эллиптическихъ кривыхъ. Слѣдовательно плоскости этихъ путей, равно какъ и параллельная этимъ плоскостямъ плоскость солнечнаго экватора, составляютъ съ линіей зрѣнія нѣкоторый уголъ, отличный отъ 0^0 и отъ 90^0. Но такъ какъ наблюдатель вмѣстѣ съ землею движется около солнца (Часть I, глава III), то уголъ, составляемый линіей зрѣнія съ плоскостью солнечнаго экватора, съ теченіемъ времени долженъ мѣняться, хотя бы эта плоскость и сохраняла, въ дѣйствительности, все время неизмѣнное положеніе относительно плоскости эклиптики. Такъ какъ, далѣе, плоскость солнечнаго экватора не совпадаетъ съ плоскостью эклиптики, въ которой происходитъ движеніе земли, то эта послѣдняя въ теченіе одной половины года, при своемъ движеніи около солнца, находится надъ плоскостью солнечнаго экватора, а въ теченіе другой — подъ этой плоскостью, и только два раза въ году она проходитъ черезъ эту плоскость. Въ эти то моменты пути, описываемые солнечными пятнами и должны

представляться намъ въ видѣ прямыхъ линій, и такъ какъ это случается, какъ мы видѣли, 10-го іюня и 10-го декабря, когда геліоцентрическая (Часть I, § 79) долгота земли составляетъ 260° и 80°, то этими же долготами опредѣляется также положеніе линіи узловъ (Часть I, § 80) солнечнаго экватора, иначе говоря,—положеніе линіи, по которой плоскость солнечнаго экватора пересѣкается съ плоскостью эклиптики. Зная же положеніе линіи пересѣченія обѣихъ этихъ плоскостей, мы можемъ, съ помощью несложныхъ геометрическихъ соображеній, опредѣлить также уголъ взаимнаго наклоненія этихъ плоскостей. Ясно, что для этой цѣли наиболѣе пригодны февральскія и августовскія наблюденія надъ солнечными пятнами, такъ какъ въ февралѣ и въ августѣ криволинейные пути пятенъ имѣютъ наибольшую кривизну. Такимъ образомъ было найдено, что долгота восходящаго узла плоскости солнечнаго экватора относительно плоскости эклиптики равняется 80°, а взаимное наклоненіе этихъ двухъ плоскостей составляетъ 7°. Этимъ вполнѣ опредѣляется положеніе солнечнаго экватора въ пространствѣ.

Намъ остается еще найти продолжительность того промежутка, въ теченіе котораго солнце совершаетъ полный оборотъ около оси.

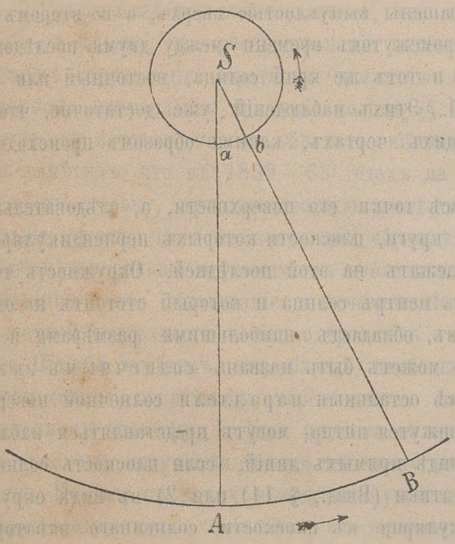


Рис. 88.

Выше было упомянуто, что приблизительно черезъ 27 дней пятна занимаютъ прежнее положеніе на солнечной поверхности. Но этотъ промежутокъ не представляетъ еще истиннаго времени вращенія солнца. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ земля, вслѣдствіе своего годичнаго движенія, совершающагося въ томъ-же направленіи, въ какомъ происходитъ и вращеніе солнца, проходитъ въ 27 дней дугу AB, равную приблизительно 27° (рис. 88), то въ этотъ промежутокъ времени пятно a, которое вначалѣ, когда земля была въ точкѣ A, казалось наблюдателю находящимся въ центрѣ солнечнаго диска, не только опишетъ на поверхности солнца полную окружность, но еще, сверхъ того, пройдетъ дугу въ 27° и займетъ положеніе b; наблюдателю же, перемѣстившемуся въ точку B, будетъ казаться, что оно снова находится въ центрѣ солнечнаго диска. Такимъ образомъ, обозначая буквой x промежутокъ, въ теченіе котораго солнце совершаетъ полный оборотъ около оси, мы для опредѣленія этого промежутка должны составить слѣдующую пропорцію:

$$387^0 : 360^0 = 27 \text{ дней} : x \text{ дней}.$$

Отсюда слѣдуетъ, что время вращенія солнца приблизительно равно 25 днямъ.

§ 18. **Собственное движеніе пятенъ.** Впрочемъ, мы должны замѣтить, что какъ положеніе солнечнаго экватора, такъ и время вращенія солнца до сихъ поръ еще неизвѣстны съ достаточною точностью, такъ какъ солнечныя пятна, помимо того, что они мѣняются по виду, имѣютъ еще значительное собственное движеніе, совершающееся по нѣкоторому опредѣленному закону. Такъ, уже Шейнеръ, а послѣ него Гевелій, Зильбершлагъ, Шретеръ, Бемъ и другіе указывали на то, что пятна, находящіяся вблизи экватора, даютъ для солнца болѣе короткое время вращенія, чѣмъ пятна, наблюдаемыя въ болѣе высокихъ широтахъ. Однако наблюденія этихъ лицъ вскорѣ были совершенно забыты, такъ какъ прежде, вообще, полагали, что солнечныя пятна могутъ обладать только неправильными движеніями. Надлежащее же вниманіе было обращено на это замѣчательное

явленіе лишь тогда, когда Петерсъ и вскорѣ послѣ него Каррингтонъ, на основаніи своихъ наблюденій, снова показали, что различныя зоны солнечной поверхности вращаются неодинаковымъ образомъ. Вскорѣ также обработка другихъ наблюденій блестящимъ образомъ подтвердила это открытіе. Именно, Шпёреръ, занявшись обстоятельнымъ изслѣдованіемъ движенія солнечныхъ пятенъ на основаніи своихъ 11-лѣтнихъ наблюденій (1861—1871), пришелъ къ результату, что угловая суточная скорость вращенія пятна, которую мы обозначимъ буквой ξ, выражается слѣдующей простой формулой:

$$\xi = 8{,}548^0 + 5{,}798^0 \cos b,$$

гдѣ b есть геліографическая широта пятна. Почти тождественную съ этой формулу получилъ Петерсъ на основаніи своихъ наблюденій, которыя онъ производилъ въ 1845 и 1846 годахъ. Формула Петерса имѣетъ такой видъ:

$$\xi = 8{,}582^0 + 5{,}912^0 \cos b.$$

Фай изъ наблюденій Каррингтона вывелъ нѣсколько другую формулу, а именно:

$$\xi = 11{,}672^0 + 2{,}622^0 \cos^2 b.$$

Надо замѣтить что Фай предварительно ввелъ въ наблюденія нѣкоторыя поправки. Впрочемъ, его формула для точекъ, лежащихъ на солнечномъ экваторѣ, даетъ приблизительно то-же самое время вращенія, какъ и обѣ предыдущія формулы; по мѣрѣ же приближенія точекъ солнечной поверхности къ полюсамъ, продолжительность ихъ періода вращенія, по формулѣ Фая, уменьшается гораздо медленнѣе, чѣмъ по другимъ формуламъ.

На основаніи вышеприведенной формулы Шпёрера вычислена нижеслѣдующая табличка, дающая суточныя угловыя скорости, а также времена вращенія точекъ солнечной поверхности, лежащихъ подъ различными геліографическими широтами.

Геліографическая широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.	Геліографическая широта.	Суточная угловая скорость вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.
0^0	$14{,}346^0$	25,09	25^0	$13{,}803^0$	26,08
5	14,324	25,13	30	13,569	26,53
10	14,258	25,25	35	13,297	27,07
15	14,148	25,44	40	12,989	27,72
20	13,996	25,72			

Числа этой таблицы относятся одинаково къ точкамъ какъ сѣвернаго, такъ и южнаго полушарій солнечной поверхности. Хотя эта таблица охватываетъ только тѣ зоны, въ которыхъ обыкновенно наблюдаются солнечныя пятна, однако, увеличеніе продолжительности періода вращенія съ возрастаніемъ геліографической широты простирается также и за предѣлы этихъ зонъ, какъ это вытекаетъ изъ наблюденій надъ такими пятнами, которыя изрѣдка появляются подъ большими геліографическими широтами. Такъ, напр., группа пятенъ, которую Петерсъ наблюдалъ въ іюнѣ 1846 года подъ 51^0 сѣверной широты, даетъ для времени вращенія солнца 28,25 дней.

Солнечныя пятна очень часто имѣютъ, помимо вышеописанныхъ правильныхъ, еще весьма значительныя неправильныя движенія, что нерѣдко можетъ быть легко замѣчено по быстрому сближенію двухъ рядомъ лежащихъ пятенъ. По изслѣдованіямъ Сскки и Шпёрера, такія неправильныя движенія часто наблюдаются тогда, когда пятна испытываютъ сильныя измѣненія въ формѣ, и особенно значительными бываютъ эти движенія во время образованія пятна или группы пятенъ, а также при ихъ разложеніи и исчезновеніи. Шпёреру мы, кромѣ того, обязаны еще интереснымъ открытіемъ, состоящимъ въ томъ, что собственное движеніе пятенъ въ теченіе уже извѣстнаго намъ 11-лѣтняго промежутка времени, повидимому, періодически измѣняется. Такъ, напр., въ 1866 году, который предшествовалъ эпохѣ наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца, вовсе нельзя было вывести изъ наблюденій зависимости угловыхъ скоростей вращенія отъ геліографической широты.

Кромѣ разсмотрѣнныхъ выше движеній, которыя происходятъ приблизительно по окружностямъ, параллельнымъ солнечному экватору, пятна имѣютъ также движенія по широтѣ; однако до сихъ поръ еще не удалось окончательно установить законы, по которымъ такія движенія совершаются. Повидимому, пятна, лежащія вблизи солнечнаго экватора, то приближаются къ нему, то удаляются отъ него, между тѣмъ какъ пятна, образующіяся въ высшихъ широтахъ, почти всѣ безъ исключенія выказываютъ стремленіе приближаться къ полюсамъ. Впрочемъ, движенія пятенъ по широтѣ обыкновенно бываютъ весьма незначительны.

До сихъ поръ рѣчь шла о поступательныхъ движеніяхъ пятенъ; однако слѣдуетъ замѣтить, что въ нѣкоторыхъ, правда, весьма рѣдкихъ случаяхъ было подмѣчено несомнѣнное вращеніе пятна. Наиболѣе замѣчательный примѣръ въ этомъ отношеніи представляетъ пятно, которое Довесъ наблюдалъ отъ 17 до 23 января 1852 года. Въ этотъ промежутокъ времени пятно, не измѣнившись въ формѣ, повернулось на 180° около небольшого чернаго ядра (рис. 89 и 90). Такое-же вращеніе пятенъ, хотя и на меньшій уголъ, неоднократно наблюдалъ Фламмаріонъ въ іюлѣ и августѣ 1894 года. Иногда въ этомъ вращеніи принимала участіе также и полутѣнь пятна. Какъ вращеніе пятенъ, такъ и ихъ спиральное строеніе (§ 13) указываютъ на существованіе вихревыхъ движеній въ той области солнечной поверхности, гдѣ образуются пятна.

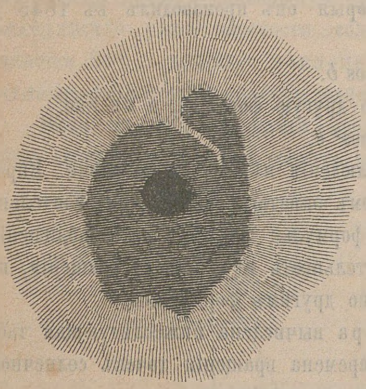


Рис. 89.



Рис. 90.

§ 19. **Опредѣленіе вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ.** Въ предыдущемъ параграфѣ мы видѣли, что изъ наблюденій надъ пятнами для различныхъ точекъ солнечной поверхности получаются различныя времена вращенія, мѣняющіяся по извѣстному закону въ зависимости отъ геліографической широты точекъ. Этотъ результатъ настолько важенъ и интересенъ, что является весьма желательнымъ провѣрить его, если возможно, какимъ-нибудь другимъ способомъ. Оказывается, что въ этомъ отношеніи большую пользу можетъ намъ принести изслѣдованіе солнечнаго спектра. Но предварительно мы должны познакомить нашихъ читателей съ такъ называемымъ принципомъ Доплера.

Доплеръ первый указалъ на то, что если источникъ свѣта быстро удаляется отъ насъ или же приближается къ намъ, то, вслѣдствіе такого его движенія по лучу зрѣнія, длина свѣтовыхъ волнъ для нашего глаза въ первомъ случаѣ увеличивается, а во второмъ уменьшается. Но извѣстно, что длиною свѣтовыхъ волнъ обусловливается цвѣтъ (§ 5). Вслѣдствіе этого, при удаленіи источника свѣта, его цвѣтъ долженъ болѣе приближаться къ красному, а при движеніи къ намъ—къ фіолетовому. Но что сказано выше о цвѣтѣ, то относится, конечно, также и къ спектральнымъ линіямъ: при приближеніи къ намъ свѣтящагося предмета, эти линіи должны смѣщаться къ фіолетовому концу спектра, а при удаленіи отънасъ, наоборотъ,—къ красному.

* Въ этомъ и заключается принципъ Доплера. Этотъ принципъ относится не только къ свѣтовому, но также и къ звуковому источнику, находящемуся въ движеніи. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ, какъ всѣмъ извѣстно, мѣняется высота тона звука. Свой принципъ Доплеръ опубликовалъ въ 1842 году. Вскорѣ затѣмъ, въ примѣненіи къ свѣту, этотъ принципъ болѣе подробно былъ разработанъ знаменитымъ физикомъ Физо, вслѣдствіе чего онъ часто называется принципомъ Доплера-Физо. Теоретически, при помощи

высшей математики, этотъ принципъ былъ доказанъ Кетелеромъ. Но нѣкоторые ученые старались убѣдиться въ справедливости этого принципа опытнымъ путемъ. Извѣстны многіе удачные опыты, блестящимъ образомъ подтвердившіе принципъ Доплера въ примѣненіи къ звуковымъ волнамъ. Достаточно упомянуть о произведенныхъ въ 1845 году знаменитыхъ опытахъ съ движущимся локомотивомъ, на которомъ помѣщались музыканты съ духовыми инструментами. Въ разныхъ мѣстахъ на пути помѣщались другіе музыканты, которые сравнивали звуки, раздававшіеся съ локомотива, со звуками своихъ инструментовъ. При этомъ получились результаты, вообще согласные съ вычисленіями на основаніи принципа Доплера. Въ опытахъ же со свѣтомъ долгое время не удавалось получить результатовъ, даже ка-

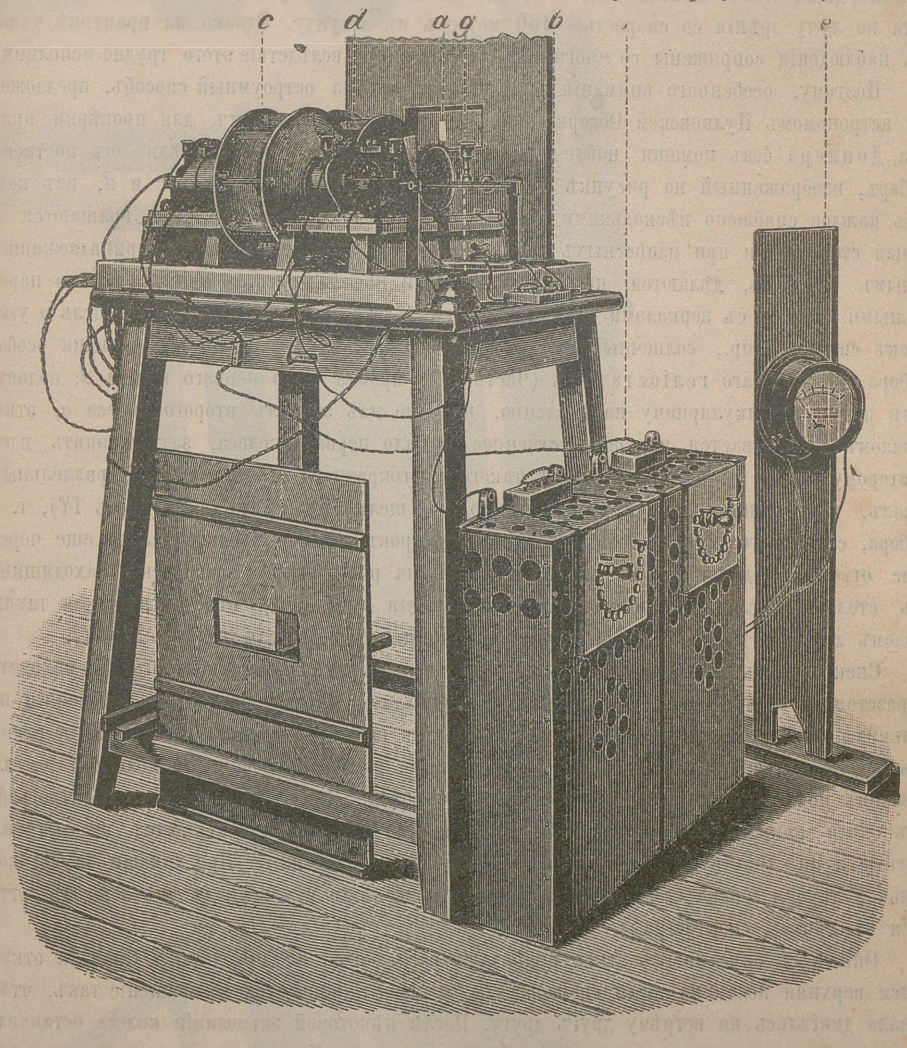


Рис. 91.

чественно подтверждавшихъ этотъ принципъ. Какъ на главную причину такой неудачи слѣдуетъ указать на огромную скорость свѣта (Часть I, § 46), въ сравненіи съ которой всякія другія скорости представляются почти исчезающими. Впрочемъ, послѣ 1876 года, принципъ Доплера было неоднократно провѣряемъ на основаніи спектральнаго изслѣдованія движеній небесныхъ тѣлъ, и въ этомъ отношеніи на первомъ планѣ стоитъ опредѣленіе вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спекрѣ, о чемъ подробнѣе будетъ сказано ниже, въ этомъ-же параграфѣ.

Но во всякомъ случаѣ было весьма желательно произвести опыты на землѣ съ источниками свѣта, обладающими завѣдомо извѣстною скоростью. Для этого, конечно, можно было бы воспользоваться вращеніемъ земли. Линейная скорость вращенія точекъ земного экватора составляетъ 460 метровъ въ секунду (Часть I, § 31), и еслибы мы могли сфотографировать спектръ какого-нибудь свѣтила—одинъ разъ при его восходѣ, когда наблюдатель, вслѣдствіе вращенія земли, движется прямо на свѣтило, другой разъ при его заходѣ, когда наблюдатель движется опять по лучу зрѣнія, но только удаляясь отъ свѣтила, то черезъ сравненіе этихъ спектровъ мы опредѣлили бы двойное смѣщеніе линій, обусловливаемое движеніемъ наблюдателя, или, что сводится къ тому-же, движеніемъ источника свѣта по лучу зрѣнія со скоростью 460 метровъ въ секунду. Однако на практикѣ такого рода наблюденія сопряжены со многими неудобствами и вслѣдствіе этого трудно исполнимы.

Поэтому, особеннаго вниманія заслуживаетъ весьма остроумный способъ, предложенный астрономомъ Пулковской Обсерваторіи А. А. Бѣлопольскимъ для провѣрки принципа Доплера безъ помощи наблюденій небесныхъ тѣлъ. Для этой цѣли онъ построилъ приборъ, изображенный на рисункѣ 91 и состоящій изъ двухъ колесъ *c* и *d*, изъ которыхъ каждое снабжено нѣсколькими плоскими зеркалами. Колеса быстро вращаются въ разныя стороны, и при извѣстныхъ ихъ положеніяхъ два изъ зеркалъ, принадлежащихъ разнымъ колесамъ, дѣлаются, на весьма короткій промежутокъ времени, взаимно параллельными. Колеса съ зеркалами расположены такъ, что пропущенный черезъ щель *a* узкій пучокъ свѣта, напр., солнечный лучъ, направленный на эту щель при помощи особаго прибора, называемаго гліостатомъ (Часть IV), пройдя мимо перваго колеса *d*, падаетъ, почти по перпендикулярному направленію, на одно изъ зеркалъ второго колеса *c*, этимъ зеркаломъ отбрасывается на соотвѣтственное зеркало перваго колеса, затѣмъ опять идетъ ко второму колесу и, наконецъ, послѣ такого многократнаго отраженія отъ параллельныхъ зеркалъ, направляется, минуя второе колесо, въ щель спектрографа (Часть IV), т. е. прибора, служащаго для фотографированія спектровъ, пройдя предварительно еще черезъ узкое отверстіе, сдѣланное въ щитѣ, который на рисункѣ 91 изображенъ находящимся подъ столомъ. Вслѣдствіе многократнаго отраженія луча свѣта отъ движущихся такимъ образомъ зеркалъ длина свѣтовой волны измѣняется уже на замѣтную величину.

Спектрографъ изображенъ отдѣльно на рисункѣ 92. Щель спектрографа находится на разстояніи одного метра отъ колесъ съ зеркалами. Передъ щелью, на разстояніи нѣсколькихъ сантиметровъ, находится на отдѣльномъ штативѣ затворъ, позволяющій открывать любую половину щели, верхнюю или нижнюю. Между приборомъ съ колесами и этимъ затворомъ помѣщается стекло, собирающее лучи свѣта. Пройдя черезъ щель спектрографа, лучъ свѣта направляется къ коробкѣ съ призмами, гдѣ онъ и разлагается на составные цвѣтные лучи, дѣйствующіе уже на фотографическую пластинку. При помощи особой контрольной трубки можно слѣдить за яркостью отраженнаго отъ зеркалъ свѣта до его вступленія въ призмы спектрографа.

Опытъ съ описаннымъ выше приборомъ распадается на двѣ части. Сначала открывается верхняя половина щели спектрографа, и колеса приводятся во вращеніе такъ, чтобы зеркала двигались на встрѣчу другъ другу. Послѣ нѣкоторой экспозиціи колеса останавливаются, и первая половина опыта этимъ заканчивается. Послѣ этого, закрывъ верхнюю половину щели спектрографа, пропускаютъ лучъ свѣта черезъ нижнюю ея половину и, пользуясь коммутаторами *b* и *g* (рис. 91), заставляютъ колеса вращаться въ обратную сторону, т. е. такъ, чтобы зеркала при движеніи расходились. Вслѣдствіе этого, на одной и той-же фотографической пластинкѣ получаются два спектра; линіи одного изъ нихъ, въ зависимости отъ направленія движенія, смѣщены къ одному концу спектра (напр., красному), а линіи другого на такую-же величину — къ другому. Приэтомъ, конечно, предполагается, что скорости вращенія въ обоихъ случаяхъ были одинаковыми. Такимъ образомъ,

относительное смѣщеніе спектральныхъ линій въ этихъ двухъ спектрахъ равно двойному смѣщенію, соотвѣтствующему скорости движенія зеркалъ. Замѣтимъ, что на той-же самой

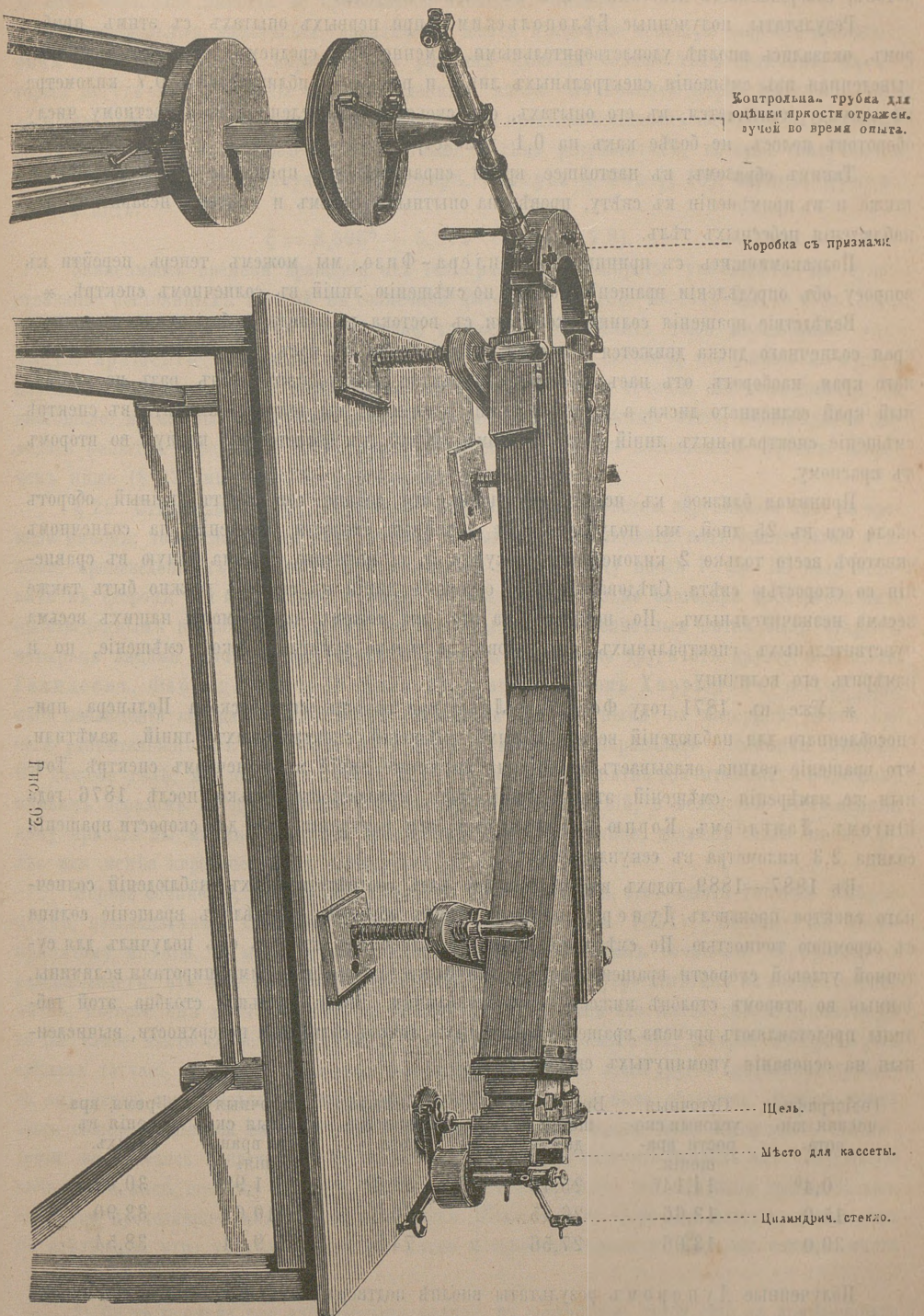


Рис. 92.

пластинкѣ фотографируется также спектръ, получающійся при условіи неподвижности зеркалъ. Это необходимо, между прочимъ, для сужденія о томъ, не произошло ли ка-

какъ-нибудь измѣненій въ спектрографѣ во время опыта. Само собой разумѣется, что вышеописанный приборъ снабженъ особымъ приспособленіемъ для опредѣленія числа оборотовъ, совершаемыхъ колесами *c* и *d* въ теченіе секунды.

Результаты, полученные Бѣлопольскимъ при первыхъ опытахъ съ этимъ приборомъ, оказались вполнѣ удовлетворительными. Именно, въ среднемъ, скорость движенія, выведенная изъ смѣщенія спектральныхъ линій и равная приблизительно 0,7 километра въ секунду, отличается, въ его опытахъ, отъ скорости, вычисленной по извѣстному числу оборотовъ колесъ, не болѣе какъ на 0,1 километра.

Такимъ образомъ, въ настоящее время справедливость принципа Доплера-Физо, также и въ примѣненіи къ свѣту, провѣрена опытнымъ путемъ и притомъ независимо отъ наблюденія небесныхъ тѣлъ.

Познакомившись съ принципомъ Доплера-Физо, мы можемъ теперь перейти къ вопросу объ опредѣленіи вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ. *

Вслѣдствіе вращенія солнца около оси съ востока на западъ любая точка восточнаго края солнечнаго диска движется по лучу зрѣнія прямо на насъ, всякая же точка западнаго края, наоборотъ, отъ насъ. Поэтому, направляя спектроскопъ одинъ разъ на восточный край солнечнаго диска, а другой разъ на западный, мы должны замѣтить въ спектрѣ смѣщеніе спектральныхъ линій — въ первомъ случаѣ къ фіолетовому концу, во второмъ къ красному.

Принимая близкое къ истинѣ допущеніе, что солнце совершаетъ полный оборотъ около оси въ 25 дней, мы получаемъ для линейной скорости вращенія на солнечномъ экваторѣ всего только 2 километра въ секунду, т. е. величину, весьма малую въ сравненіи со скоростью свѣта. Слѣдовательно, и смѣщеніе линій въ спектрѣ должно быть также весьма незначительнымъ. Но, несмотря на это, мы можемъ при помощи нашихъ весьма чувствительныхъ спектральныхъ аппаратовъ не только замѣтить такое смѣщеніе, но и измѣрить его величину.

* Уже въ 1871 году Фогель и Лозе, при помощи спектроскопа Цельнера, приспособленнаго для наблюденій весьма малыхъ смѣщеній спектральныхъ линій, замѣтили, что вращеніе солнца оказываетъ вліяніе на положеніе линій въ солнечномъ спектрѣ. Точныя же измѣренія смѣщеній этихъ линій были произведены только послѣ 1876 года Юнгомъ, Ланглеемъ, Корню и Толлономъ; эти измѣренія дали для скорости вращенія солнца 2,3 километра въ секунду. *

Въ 1887—1889 годахъ весьма большой рядъ соотвѣтственныхъ наблюденій солнечнаго спектра произвелъ Дунеръ, который такимъ образомъ опредѣлилъ вращеніе солнца съ огромною точностью. По смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ онъ получилъ для суточной угловой скорости вращенія подъ различными геліографическими широтами величины, данныя во второмъ столбцѣ нижеслѣдующей таблички. Числа третьяго столбца этой таблицы представляютъ времена вращенія различныхъ точекъ солнечной поверхности, вычисленныя на основаніи упомянутыхъ скоростей.

Геліографическая широта.	Суточныя угловыя скорости вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.	Геліографическая широта.	Суточныя угловыя скорости вращенія.	Время вращенія въ дняхъ.
0,4°	14,14°	25,46	45,0°	11,99°	30,02
15,0	13,66	26,35	60,0	10,62	33,90
30,0	13,06	27,56	74,8	9,34	38,54

Полученные Дунеромъ результаты вполнѣ подтверждаютъ выведенный изъ наблюденій надъ пятнами законъ, по которому скорость вращенія верхнихъ слоевъ солнечной поверхности постепенно уменьшается при переходѣ отъ экватора къ полюсамъ. Эти изслѣ-

дованія солнечнаго спектра особенно важны по тому, что, благодаря имъ, упомянутый законъ вращенія удалось распространить также и на такія зоны солнечной поверхности, гдѣ до сихъ поръ еще никогда не приходилось наблюдать пятенъ.

Спектральныя наблюденія, повидимому, даютъ нѣсколько меньшую скорость вращенія, чѣмъ наблюденія пятенъ; впрочемъ эта разность едва ли больше тѣхъ величинъ, на которыя могутъ быть невѣрны вышеприведенныя числа. По крайней мѣрѣ Дунеру удалось одной и той же формулой удовлетворить, въ предѣлахъ ошибокъ наблюденій, не только своимъ собственнымъ наблюденіямъ, но также и тѣмъ результатамъ, которые получаются по вышеприведеннымъ формуламъ Шперера, Петерса и Фая (§ 18). Формула Дунера имѣетъ видъ:

$$\xi = 8{,}596^0 + 5{,}574^0 \cos (b - 7{,}8).$$

Зависимость времени вращенія отъ геліографической широты указываетъ на существованіе постоянныхъ теченій въ солнечной фотосферѣ (§ 10). Поэтому мы до тѣхъ поръ не будемъ въ состояніи съ достаточною точностью опредѣлить такъ называемые элементы вращенія центральнаго тѣла нашей планетной системы, пока намъ не будетъ извѣстно что-нибудь болѣе опредѣленное относительно этихъ теченій. Но такъ какъ и по настоящее время мы знаемъ объ нихъ очень мало, то, вслѣдствіе этого, неоднократно дѣлались попытки опредѣлить время вращенія солнца около оси косвеннымъ путемъ. Впрочемъ ниже (§ 22) мы подробно разсмотримъ этотъ вопросъ.

§ 20. **Открытіе пятенъ.** Солнечныя пятна уже были извѣстны перуанцамъ еще во времена инковъ; точно также до насъ дошелъ цѣлый рядъ наблюденій надъ солнечными пятнами, произведенныхъ въ Китаѣ и относящихся къ 188 году послѣ Р. Хр. Но если оставить въ сторонѣ эти наблюденія, о которыхъ мы узнали только благодаря изслѣдованіямъ, произведеннымъ въ новѣйшее время, то оказывается, что солнечныя пятна были открыты четырьмя лицами почти одновременно и притомъ независимо другъ отъ друга, а именно: Галилеемъ, Фабриціусомъ, Шейнеромъ и англичаниномъ Харріотомъ, весьма цѣнныя наблюденія котораго долгое время оставались неизвѣстными на материкѣ. Нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что честь этого открытія оспаривалась столькими лицами. Въ самомъ дѣлѣ, мы видѣли выше (§ 12), что солнечныя пятна значительныхъ размѣровъ никоимъ образомъ не принадлежатъ къ числу рѣдкихъ явленій, и вслѣдствіе этого всякій, кому пришла бы мысль направить зрительную трубу на солнце, долженъ былъ бы въ болѣе или менѣе короткое время наткнуться на это открытіе.

Первое сочиненіе, которое появилось объ этомъ предметѣ, это—книга Іоанна Фабриціуса, озаглавленная: «Narratio de maculis in sole observatis, 1611». Поэтому, по общепринятому мнѣнію, за нимъ и признается пріоритетъ. Въ этомъ сочиненіи Фабриціусъ разсказываетъ, что онъ въ 1610 году въ одно декабрьское утро замѣтилъ на солнцѣ черное пятно, которое онъ вначалѣ счелъ за облако. Но такъ какъ это пятно проектировалось на то же самое мѣсто солнечнаго диска и при вторичномъ наблюденіи, которое Фабриціусъ сдѣлалъ тотчасъ вслѣдъ за первымъ, воспользовавшись для этого другой зрительной трубой, то онъ сталъ сомнѣваться въ томъ, чтобы это пятно могло быть облакомъ. Вскорѣ послѣ этого солнце поднялось на небѣ слишкомъ высоко, чтобы можно было продолжать наблюденія, не опасаясь повредить себѣ глаза *). Въ сильномъ волненіи провелъ онъ слѣдующую ночь, такъ какъ все еще не могъ отдѣлаться отъ подозрѣнія, что это было только облако, случайно проходившее мимо солнечнаго диска. Тѣмъ больше была его радость, когда онъ на слѣдующее утро увидѣлъ опять это пятно и приблизительно въ томъ-же самомъ мѣстѣ

*) Въ тѣ времена при наблюденіяхъ солнца въ зрительную трубу еще не привинчивали къ окуляру цвѣтныхъ стеколъ для предохраненія глаза отъ порчи, какъ это дѣлаютъ теперь (§ 10), хотя при наблюденіяхъ невооруженнымъ глазомъ такія стекла уже давно служили для

солнечнаго диска. Тогда онъ пропустилъ солнечные лучи черезъ небольшое отверстіе оконнаго ставня въ темную комнату и на ихъ пути помѣстилъ бѣлый экранъ, на которомъ такимъ образомъ получилось изображеніе солнца, такъ что онъ могъ наблюдать открытое имъ пятно въ теченіе цѣлаго дня. Онъ скоро замѣтилъ, что пятно медленно движется отъ восточнаго края солнечнаго диска къ западному. Въ слѣдующіе дни на солнцѣ появилось еще нѣсколько пятенъ, и всѣ они двигались подобнымъ же образомъ. Нѣсколько времени спустя, первое пятно исчезло на западномъ краѣ солнца, но приблизительно черезъ двѣ недѣли оно снова появилось на его восточномъ краѣ. Отсюда онъ заключилъ, что пятна вращаются около центра солнца. Радость его по поводу этого открытія была нѣсколько омрачена, когда онъ замѣтилъ, что видъ пятна сталъ мѣняться, и оно,

---

указанной цѣли. Такъ, мы знаемъ, что Д. Фабриціусъ, отецъ І. Фабриціуса, наблюдалъ въ 1590 году затмѣніе солнца черезъ цвѣтное стекло, и что еще за 50 лѣтъ до него Аніанъ упоминалъ о такихъ стеклахъ. Точно также Гюйгенсъ при своихъ наблюденіяхъ солнца пользовался стекломъ, закопченнымъ съ одной стороны; это стекло онъ покрывалъ другимъ, чтобы при прикосновеніи руками къ закопченной сторонѣ перваго стекла, съ него не сошла сажа. Весьма удобенъ также способъ наблюденій, все болѣе и болѣе распространяющійся въ послѣднее время и состоящій въ томъ, что изображеніе солнца, полученное при помощи зрительной трубы, проектируютъ на экранъ (§ 13). Хотя при этомъ весьма ясно выступаютъ на экранѣ факелы, тѣмъ не менѣе этотъ способъ не пригоденъ въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно изучить весьма мелкія подробности въ строеніи пятенъ. Такое изученіе оказывается возможнымъ только при непосредственномъ разсматриваніи солнечныхъ пятенъ съ помощью зрительной трубы, обладающей сильнымъ увеличеніемъ, для чего объективъ трубы долженъ имѣть значительные размѣры. Но вслѣдствіе этого нагрѣваніе предохранительнаго цвѣтного стекла, привинчиваемаго къ окуляру, можетъ быть настолько велико, что оно нерѣдко лопается, и, вообще, продолжительное разсматриваніе поверхности солнца, необходимое для изученія подробностей въ строеніи пятенъ, становится небезопаснымъ. Поэтому-то въ новѣйшее время при наблюденіяхъ солнца весьма часто помѣщаютъ между объективомъ и окуляромъ трубы поляризаціонный приборчикъ, и такое приспособленіе, называемое геліоскопическимъ окуляромъ (рис. 93), теперь входитъ все болѣе и болѣе во всеобщее употребленіе. * Въ такомъ окулярѣ лучъ свѣта A, дважды отразившись отъ плоскихъ поверхностей призмъ, помѣщаемыхъ въ нижней коробкѣ,

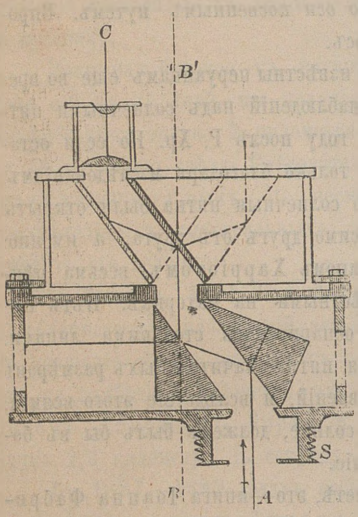


Рис. 93.

дѣлается вполнѣ поляризованнымъ (§ 6) и послѣ этого падаетъ на систему двухъ зеркалъ, находящихся въ верхней коробкѣ. Если верхняя пара зеркалъ занимаетъ одно изъ двухъ положеній, указанныхъ на рисункѣ 93 (второе положеніе отмѣчено пунктирной линіей), то въ глазъ *C* попадаетъ настолько яркій пучокъ свѣта, что глазъ не въ состояніи выдержать этой яркости. Вращеніемъ же коробки съ верхними зеркалами на четверть оборота около линіи BB′, какъ около оси, этотъ свѣтъ можетъ быть совершенно потушенъ. Отсюда ясно, что повернувъ призму около линіи BB′ на соотвѣтственный уголъ, мы можемъ ослабить яркость солнечнаго свѣта на столько, что будетъ возможно производить наблюденія, не пользуясь для предохраненія глаза цвѣтнымъ стекломъ.* При помощи подобнаго геліоскопическаго окуляра Довесъ замѣтилъ въ 1852 году вышеупомянутыя темныя мѣста въ ядрѣ солнечныхъ пятенъ (§ 13). Шейнеръ пользовался для своихъ наблюденій солнца зрительной трубой, у которой объективъ и окуляръ были сдѣланы изъ цвѣтного стекла. Съ другой стороны Фуко, въ серединѣ XIX-го столѣтія, предложилъ покрывать переднюю поверхность объектива тонкимъ слоемъ серебра; вслѣдствіе этого солнечный дискъ представляется окрашеннымъ въ темноголубой цвѣтъ. Но само собой разумѣется, что такого рода трубы, равно какъ и труба Шейнера, пригодны исключительно для наблюденій солнца.

достигнувъ середины солнечнаго диска наконецъ совершенно исчезло. Несмотря на это, онъ вывелъ изъ своихъ наблюденій справедливое заключеніе, что солнце вращается около оси, какъ это утверждали уже раньше Іорданъ Бруно, сожженный живымъ въ 1600 году за свои свободныя религіозныя воззрѣнія, а послѣ него Кеплеръ.

Іезуитъ Христофоръ Шейнеръ изъ Швабіи старался приписать честь открытія солнечныхъ пятенъ себѣ. Онъ видѣлъ первое солнечное пятно въ мартѣ 1611 года въ Ингольштадтѣ, гдѣ онъ былъ профессоромъ, и даже показывалъ его своимъ слушателямъ. Извѣстіе объ этомъ распространилось, какъ онъ говоритъ, весьма быстро, и многіе изъ его друзей настаивали на томъ, чтобы онъ опубликовалъ свое открытіе. Однако онъ долгое время воздерживался отъ этого, такъ какъ это открытіе не согласовалось съ основными положеніями современной ему философіи, которая учила, что солнце есть символъ наивысшей чистоты, и потому на немъ не можетъ быть никакихъ пятенъ или недостатковъ. Тѣмъ не менѣе онъ, наконецъ, уже совсѣмъ было рѣшился обнародовать свои наблюденія; но его удержалъ его землякъ, Ѳедоръ Бузей, который говорилъ: «я ничего не читалъ объ этомъ у Аристотеля: это не болѣе какъ воображеніе или недостатокъ твоего глаза или твоихъ стеколъ, и ты лучше всего сдѣлаешь, если оставишь это открытіе при себѣ». Не смотря на это, Шейнеръ не могъ дольше молчать и въ декабрѣ 1611 года написалъ своему другу Фельзеру, который былъ бургомистромъ въ Аугсбургѣ, три письма съ извѣстіемъ о своемъ открытіи. Фельзеръ напечаталъ эти письма въ январѣ 1612 года подъ названіемъ «Apelles post tabulam».

По изслѣдованіямъ Плана Галилей открылъ солнечныя пятна еще въ серединѣ 1610 года, а въ апрѣлѣ 1611 года онъ показывалъ ихъ въ Римѣ. Однако онъ ничего не опубликовалъ объ этомъ открытіи и даже не составилъ анаграммы, какъ онъ это вообще дѣлалъ при всѣхъ своихъ болѣе важныхъ открытіяхъ. Онъ выступилъ съ притязаніемъ на первенство въ этомъ открытіи только спустя много времени послѣ того, какъ были напечатаны письма Шейнера. По этому поводу между Галилеемъ и Шейнеромъ возгорѣлся сильный споръ о пріоритетѣ, продолжавшійся въ теченіе многихъ лѣтъ, причемъ они обвиняли другъ друга въ плагіатѣ: но самое замѣчательное въ ихъ спорѣ это то, что они оба совершенно позабыли о Фабриціусѣ, который, безъ всякаго сомнѣнія, открылъ солнечныя пятна по крайней мѣрѣ раньше Шейнера. Но даже если допустить, что Галилей замѣтилъ пятна на солнцѣ нѣсколькими недѣлями раньше Фабриціуса, то все-же за этимъ послѣднимъ, а особенно за Шейнеромъ остается величайшая слава благодаря тому, что они систематически наблюдали солнечныя пятна въ теченіе многихъ лѣтъ. Именно, Шейнеръ наблюдалъ солнечныя пятна непрерывно до 1627 года съ цѣлію опредѣлить на основаніи этихъ наблюденій элементы вращенія солнца. Кромѣ того ему были извѣстны, какъ мы выше (§ 18) видѣли, правильныя собственныя движенія пятенъ, совершающіяся по опредѣленнымъ законамъ. Его наблюденія составили томъ въ 774 страницы in folio. Этотъ трудъ его, озаглавленный «Rosa Ursina», появился въ Италіи въ 1630 году.

§ 21. **Связь между солнечными пятнами и другими явленіями.** Такъ какъ солнце является главнымъ источникомъ свѣта и теплоты для нашей земли, то самъ собою напрашивается вопросъ, не могутъ ли измѣненія, происходящія на поверхности солнца, оказать вліяніе на количество свѣта и теплоты, получаемыхъ нами отъ него, и вслѣдствіе этого также на погоду, урожаи хлѣбовъ и т. д., словомъ—на все то, что находится въ прямой зависимости отъ солнечнаго свѣта и теплоты. В. Гершель объяснялъ образованіе пятенъ на солнечной поверхности бурными движеніями матеріи въ оболочкѣ, окружающей солнечное ядро, и такъ какъ излученіе свѣта и теплоты онъ разсматривалъ какъ результатъ извѣстныхъ химическихъ процессовъ, которые должны совершаться тѣмъ энергичнѣе, чѣмъ сильнѣе перевороты на поверхности солнца, то онъ заключилъ, что тѣ годы, когда пятнообразовательная дѣятельность солнца достигаетъ наибольшаго или наименьшаго развитія, должны характеризоваться у насъ на землѣ соотвѣтственно болѣе высокой или болѣе низкой тем-

пературой. Такъ какъ въ его распоряженіи не было необходимыхъ для этой цѣли наблюденій надъ температурой, то онъ сравнилъ цѣны на хлѣбъ за послѣднее десятилѣтіе XVIII столѣтія въ Англіи съ соотвѣтствующими числами пятенъ на солнцѣ и нашелъ, что годы, богатые пятнами, въ общемъ отличаются болѣе обильными жатвами, чѣмъ годы, бѣдные пятнами; въ этомъ онъ видѣлъ подтвержденіе своего заключенія, такъ какъ, по его мнѣнію, болѣе высокая температура обусловливаетъ и болѣе богатый урожай. Однако противъ этого взгляда возстали Араго, Секки и Готье, которые полагали, что большое число пятенъ на солнечномъ дискѣ служитъ причиною уменьшенія количества свѣта и теплоты, получаемыхъ нами отъ солнца, а этимъ, въ свою очередь, обусловливается пониженіе средней годовой температуры (Часть I, § 36) на землѣ, причемъ Секки для подтвержденія такого мнѣнія ссылался на свои собственныя наблюденія, показывающія, что пятна, въ дѣйствительности, излучаютъ меньше теплоты, чѣмъ окружающія ихъ болѣе свѣтлыя части солнечной поверхности. Для доказательства направляютъ на термоэлектрическій столбикъ, при помощи геліоскопическаго окуляра (§ 20), сначала лучи, идущіе отъ солнечнаго пятна, а потомъ отъ окружающихъ свѣтлыхъ частей солнечной поверхности. Готье сдѣлалъ попытку подтвердить свой взглядъ также числовыми результатами; именно, онъ обработалъ 11-лѣтній рядъ наблюденій, произведенныхъ на 62 метеорологическихъ станціяхъ Европы и Америки, и нашелъ, что времени наиболѣе слабаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца соотвѣтствовала нѣсколько болѣе высокая средняя годовая температура. Подобныя изслѣдованія снова предпринялъ Вольфъ въ 1859 году, для чего онъ сравнилъ состояніе пятнообразовательной дѣятельности солнца съ средними годовыми температурами въ Берлинѣ; при этомъ онъ нашелъ, что наблюденія XVIII столѣтія подтверждаютъ результатъ, найденный Гершелемъ, а наблюденія XIX столѣтія—результатъ, полученный Готье. Но во всякомъ случаѣ среднія температуры для различныхъ лѣтъ, послужившія основаніемъ для выведенныхъ имъ заключеній, отличаются одна отъ другой на такія малыя величины, что можно сомнѣваться въ реальности ихъ значенія.

Въ такомъ положеніи находился этотъ вопросъ до 1872 года, когда Мельдрумъ въ собраніи Британской Ассоціаціи въ Брайтонѣ снова обратилъ вниманіе на тотъ же самый предметъ. Именно, онъ старался доказать, что какъ въ появленіи циклоновъ въ Индійскомъ океанѣ, такъ и въ количествѣ осадковъ въ тропическихъ странахъ (Часть I, § 34) существуетъ 11-лѣтній періодъ, причемъ эпохи наибольшаго и наименьшаго числа циклоновъ и дождей совпадаютъ съ эпохами соотвѣтственно наибольшаго и наименьшаго числа солнечныхъ пятенъ. Впослѣдствіи Мельдрумъ пополнилъ свои изслѣдованія, распространивъ ихъ на весьма большой промежутокъ времени и принявъ во вниманіе количество осадковъ также въ нѣкоторыхъ мѣстахъ умѣреннаго пояса (Часть I, § 34). Результаты этой обширной его работы подтвердили, повидимому, всѣ его прежнія заключенія. Кеппенъ, вскорѣ послѣ того какъ были опубликованы первыя изслѣдованія Мельдрума, подвергъ обработкѣ наблюденія надъ температурой, произведенныя на весьма многочисленныхъ станціяхъ, разсѣянныхъ по всей поверхности земного шара, и пришелъ при этомъ къ весьма интересному результату. Именно, онъ построилъ кривую солнечныхъ пятенъ и кривую температуръ; для этой цѣли на нѣкоторой произвольной прямой линіи онъ откладывалъ въ обоихъ случаяхъ длины, пропорціональныя промежуткамъ между эпохами, извѣстнымъ образомъ выбранными, а на перпендикулярахъ къ этой линіи длины, пропорціональныя въ первомъ случаѣ числу солнечныхъ пятенъ, а во второмъ—средней температурѣ соотвѣтственной эпохи. Соединяя отмѣченныя такимъ образомъ точки, онъ и получилъ вышеупомянутыя кривыя. Замѣчательно, что для промежутка времени съ 1816 года по 1854 годъ кривая температуръ и кривая солнечныхъ пятенъ оказались параллельными одна другой; для конца же XVIII столѣтія расположеніе обѣихъ кривыхъ получилось совершенно иное, а именно возвышенію одной изъ нихъ соотвѣтствовало углубленіе другой и наоборотъ. Это

побудило Вольфа снова разсмотрѣть свои прежнія вычисленія, касающіяся этого вопроса; новыя его изслѣдованія, вообще, подтвердили результаты, найденные имъ раньше. Но кромѣ того онъ замѣтилъ, что подобное же соотношеніе существуетъ также между числомъ солнечныхъ пятенъ и количествомъ осадковъ на землѣ. Именно, съ 1723 года по 1766 годъ минимуму солнечныхъ пятенъ соотвѣтствовало меньшее количество осадковъ, чѣмъ максимуму, между тѣмъ какъ до 1723 года и послѣ 1766 года имѣло мѣсто обратное явленіе. Впрочемъ на основаніи изслѣдованій Вольфа оказывается, что въ тѣхъ случаяхъ, когда кривая солнечныхъ пятенъ и кривая количества осадковъ, вообще, параллельны между собою, все же существуетъ значительная разница въ подъемахъ и въ спускахъ обѣихъ кривыхъ, а именно: минимумы количества осадковъ случаются приблизительно на $1^1/_2$ года раньше, чѣмъ минимумы солнечныхъ пятенъ, максимумы же, напротивъ того, настолько же позже.

Чтобы дать полную картину различныхъ земныхъ явленій, которыя, вообще, ставились въ связь съ 11-лѣтнимъ періодомъ пятнообразовательной дѣятельности солнца, слѣдуетъ еще упомянуть, что по изслѣдованіямъ Вольфа въ теченіе ста лѣтъ съ 1754 года по 1853 годъ въ годы, обильные солнечными пятнами, въ Нижней Австріи виноградъ созрѣвалъ обыкновенно нѣсколько позже, чѣмъ въ годы, бѣдные пятнами. Далѣе Фрицъ нашелъ, что періодическія варіаціи глетчеровъ, повидимому, также находятся въ связи съ числомъ солнечныхъ пятенъ. По изслѣдованіямъ Клейна число перистыхъ облаковъ увеличивается и уменьшается одновременно съ числомъ солнечныхъ пятенъ. Наконецъ, по изслѣдованіямъ Феррари, Крульса и Фая—бури, по изслѣдованіямъ Бальфура Стюарта — высота воды въ рѣкахъ и по изслѣдованіямъ Стенлея Джевонса неурожаи также находятся въ зависимости отъ числа солнечныхъ пятенъ.

Хотя всѣ эти изслѣдованія и не привели ни къ какимъ положительнымъ результатамъ, тѣмъ не менѣе они заслуживаютъ извѣстной доли вниманія, такъ какъ и въ другихъ наблюдаемыхъ на нашемъ земномъ шарѣ явленіяхъ подмѣчена тѣсная связь съ періодичностью числа солнечныхъ пятенъ. Именно, въ 1852 году Сэбинъ, Готье и Вольфъ, почти одновременно и притомъ независимо другъ отъ друга, нашли, что въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ наблюдается тотъ же самый 11-лѣтній періодъ, какъ и въ измѣненіяхъ числа солнечныхъ пятенъ, и что не только продолжительности обоихъ этихъ періодовъ равны между собою, но что также наибольшія отклоненія магнитныхъ элементовъ въ ту и другую сторону отъ ихъ среднихъ величинъ имѣютъ мѣсто въ эпохи наибольшаго и наименьшаго числа солнечныхъ пятенъ. Но чтобы строго доказать существованіе связи между двумя этими явленіями, необходимо было убѣдиться въ томъ, что замѣченное названными учеными соотвѣтствіе не есть дѣло простого случая, но что подобная же зависимость имѣла мѣсто и всегда. Эта работа оказалась весьма трудной вслѣдствіе недостатка подходящаго для такой цѣли матеріала. Тѣмъ не менѣе Вольфъ съ полной очевидностью показалъ, что въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ всегда существовалъ 11-лѣтній періодъ, и что, кромѣ того, каждый бурный переворотъ на поверхности солнца обыкновенно сопровождался возмущеніемъ магнитныхъ элементовъ на землѣ. Вольфъ распространилъ свои изслѣдованія также и на сѣверныя сіянія и въ этихъ явленіяхъ тоже подмѣтилъ 11-лѣтній періодъ, вполнѣ соотвѣтствующій періоду измѣненій числа пятенъ.

Новое изслѣдованіе того же самаго предмета предпринялъ въ 1892 году Лицнаръ который обработалъ наблюденія отдѣльныхъ магнитныхъ элементовъ, произведенныя на обсерваторіяхъ въ Петербургѣ и Павловскѣ и охватывающія промежутокъ времени съ 1870 по 1883 годъ. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно что магнитная стрѣлка, служащая для опредѣленія склоненія, въ промежутокъ времени отъ эпохи наибольшаго числа пятенъ до слѣдующей эпохи наименьшаго ихъ числа перемѣщается постоянно къ востоку; начиная же съ этой послѣдней эпохи до слѣдующей эпохи

наибольшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца передвиженіе стрѣлки совершается по направленію къ западу. Что же касается наклоненія магнитной стрѣлки, то около времени наибольшаго числа пятенъ оно достигало наибольшей своей величины, а въ эпоху наиболѣе слабаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца — наименьшей.

Неоднократно также замѣчали, что образованіе новой группы пятенъ и быстрыя измѣненія формы уже существующаго пятна сопровождались сильными магнитными бурями. Такой случай наблюдали, между прочимъ, въ апрѣлѣ 1882 года. Именно, 11 апрѣля на восточномъ краю солнечнаго диска появилась большая группа пятенъ, впереди которой двигалась другая, обладавшая вначалѣ гораздо меньшими размѣрами. На фотографическихъ снимкахъ, полученныхъ на астрономической обсерваторіи въ Гринвичѣ, были измѣрены площади, занимаемыя этими группами въ различные дни въ промежуткѣ отъ 14 до 23 апрѣля. Эти площади, выраженныя въ милліонахъ квадратныхъ километровъ, даны въ нижеслѣдующей табличкѣ. Для болѣе яснаго представленія о громадныхъ размѣрахъ этихъ группъ пятенъ считаемъ необходимымъ напомнить, что поверхность всего земного шара составляетъ только 511 милліоновъ квадратныхъ километровъ.

	Предшествующая группа.		Послѣдующая группа.	
1882 г.	Ядро.	Вся группа.	Ядро.	Вся группа.
Апрѣля 14	121	816	1060	6700
» 16	73	471	722	6301
» 17	616	2658	1186	5981
» 18	737	4138	1405	6132
» 20	888	5476	1027	5788
» 21	1329	7129	1290	6359
» 23	505	3184	807	5395

Числа этой таблички показываютъ, что, при сравнительно небольшихъ измѣненіяхъ размѣровъ послѣдующей группы, въ группѣ, идущей впереди, произошелъ весьма сильный переворотъ въ промежутокъ времени съ 16 по 18 апрѣля; вторичное значительное увеличеніе размѣровъ произошло съ 20 на 21 апрѣля. Соотвѣтственно этому, при помощи магнитныхъ приборовъ наблюдались магнитныя бури: одна — между 16 и 17 апрѣля и другая, болѣе продолжительная, отъ 19 до 21 апрѣля.

Нѣчто подобное произошло также 17 ноября 1882 года, когда достигла своего наибольшаго развитія огромная группа пятенъ, которую можно было ясно видѣть невооруженнымъ глазомъ и которая по своимъ размѣрамъ превосходила всѣ пятна, наблюдавшіяся послѣ 1871 года.

Въ этотъ день во всей Европѣ и въ Америкѣ наступила такая магнитная буря, что ничего подобнаго не приходилось наблюдать въ теченіе 30 предшествующихъ лѣтъ. Эта буря сопровождалась весьма сильнымъ сѣвернымъ сіяніемъ, которое было видимо во всей Европѣ до южной оконечности Италіи и въ сѣверной Америкѣ.

Кромѣ того, также и другіе процессы, развивающіеся на поверхности солнца, повидимому, находятся въ связи съ магнитными явленіями на земномъ шарѣ. Такъ, напр., относительно протуберанцевъ, о которыхъ рѣчь будетъ впереди (§ 26), также неоднократно замѣчали, что наиболѣе энергичныя изверженія газа на поверхности солнца сопровождаются магнитными бурями на землѣ. Точно также, когда 1 сентября 1859 года образовались на поверхности солнца два огромныхъ факела (§23), замѣченные Каррингтономъ и Ходгсономъ, на обсерваторіи въ Кью съ помощью магнитныхъ инструментовъ были замѣчены значительныя магнитныя возмущенія, перешедшія въ теченіе слѣдующей ночи въ сильную магнитную бурю, распространившуюся по всему земному шару. Но во всякомъ случаѣ

нельзя пройти молчаніемъ также и того обстоятельства, что неоднократно сильныя изверженія на поверхности солнца не оказывали никакого замѣтнаго вліянія на земной магнитизмъ, такъ что вышеупомянутое совпаденіе магнитныхъ бурь съ явленіями на поверхности солнца, можетъ быть, было простою случайностью.

Нѣкоторые ученые не ограничились отыскиваніемъ связи тѣхъ или другихъ земныхъ явленій съ солнечными пятнами, но пошли еще дальше. Такъ, напр., Секки въ 1873 г. высказалъ предположеніе, что діаметръ солнечнаго диска періодически мѣняется, и что наибольшей величины онъ достигаетъ въ эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца. Хотя изъ весьма обстоятельныхъ изслѣдованій Ауверса вытекаетъ, что тотъ матеріалъ, которымъ воспользовался Секки, былъ далеко недостаточенъ для установленія такого замѣчательнаго соотношенія, тѣмъ не менѣе Вольфъ на основаніи опредѣленій солнечнаго діаметра, произведенныхъ Маскелиномъ, и Роза на основаніи наблюденій другихъ астрономовъ снова вывели заключеніе, что діаметръ солнечнаго диска періодически мѣняется въ теченіе 11 лѣтъ. Это побудило Ауверса въ 1886 году, въ дополненіе къ своимъ прежнимъ изслѣдованіямъ, обработать огромное число наблюденій, охватывающихъ промежутокъ времени въ 120 лѣтъ. Но при этомъ онъ опять пришелъ къ прежнему результату, что подобнаго рода измѣненій солнечнаго діаметра вовсе не существуетъ.

Наконецъ, періодичность числа солнечныхъ пятенъ ставилась въ зависимость также и отъ космическихъ явленій, именно отъ положенія планетъ относительно солнца. Исходнымъ пунктомъ въ этихъ изслѣдованіяхъ служило то обстоятельство, что періодъ обращенія Юпитера около солнца приблизительно равенъ продолжительности періода измѣненія числа пятенъ. Отсюда вытекала мысль, что все явленіе можетъ быть разсматриваемо какъ своего рода приливы и отливы, которые достигаютъ наибольшей или наименьшей величины въ зависимости отъ положенія различныхъ планетъ на ихъ орбитахъ. Первый высказалъ такую мысль Вольфъ, имя котораго уже неоднократно упоминалось въ предыдущемъ изложеніи. И дѣйствительно, онъ нашелъ, что кривая солнечныхъ пятенъ имѣетъ нѣсколько второстепенныхъ максимумовъ и минимумовъ, которые, повидимому, находятся въ извѣстной зависимости отъ временъ обращенія Венеры, Земли и Сатурна около солнца. Отсюда онъ заключилъ, что Юпитеръ опредѣляетъ общій характеръ кривой солнечныхъ пятенъ, благодаря Сатурну получаются нѣкоторыя измѣненія въ высотѣ и въ длинѣ волны этой кривой, а Земля и Венера обусловливаютъ второстепенные максимумы и минимумы ея. Подобныя изслѣдованія съ большими подробностями были повторены Де-ля-Рю, Стюартомъ, Лева, Фрицомъ, Кирквудомъ, Сельмейеромъ и другими. При этомъ Фрицъ въ основу своихъ изслѣдованій положилъ синодическія обращенія (Часть I, § 86) планетъ и, кромѣ того, весьма значительную роль приписалъ Меркурію, вслѣдствіе его близости къ солнцу и вслѣдствіе большого эксцентриситета (Часть I, § 75) его орбиты. Еще большее значеніе придалъ дѣйствію Меркурія Кирквудъ, который, кромѣ того, ввелъ еще новое предположеніе, а именно, что нѣкоторый опредѣленный меридіанъ солнечной поверхности наиболѣе всѣхъ остальныхъ доступенъ дѣйствію планетъ, и потому на этомъ меридіанѣ пятна образуются чаще, чѣмъ на другихъ. Допустивъ, что время вращенія этого меридіана составляетъ 24,826 дней, онъ не только среднюю продолжительность періода измѣненій пятнообразовательной дѣятельности солнца, равную $11^1/_9$ годамъ, вывелъ какъ результатъ дѣйствія Меркурія, но также и всѣ наблюдаемыя неправильности въ продолжительности этого періода объяснилъ, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, возмущающимъ дѣйствіемъ остальныхъ планетъ и особенно Венеры и Земли. Сельмейеръ, напротивъ того, не придаетъ никакого значенія Меркурію и главное участіе въ образованіи пятенъ приписываетъ тремъ планетамъ: Венерѣ, Землѣ и Юпитеру, которыя въ среднемъ каждыя 11,07 лѣтъ должны усматриваться изъ центра солнца приблизительно по направленію одной прямой

линіи. При этомъ въ теченіе цикла, равнаго 77,54 годамъ, довольно правильнымъ образомъ чередуются между собою болѣе короткій періодъ въ 10,38 лѣтъ и болѣе продолжительный, равный 12,00 годамъ. Такъ какъ всѣ эти изслѣдованія въ концѣ концовъ не привели ни къ какому положительному результату, то мы и ограничимся только этими указаніями, не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности. Но во всякомъ случаѣ послѣ всего сказаннаго въ этомъ параграфѣ является вполнѣ естественнымъ переходъ къ изложенію различныхъ косвенныхъ способовъ опредѣленія времени вращенія солнца.

§ 22. **Опредѣленіе времени вращенія солнца косвеннымъ путемъ.** Въ 1845 году Нервандеръ впервые замѣтилъ въ измѣненіяхъ средней суточной температуры Инсбрука и Парижа слѣды періода въ $27^1/_4$ дней и объяснилъ это явленіе связью съ вращеніемъ солнца. Подобные же результаты получилъ Карлини на основаніи обработки многолѣтнихъ метеорологическихъ наблюденій въ Миланѣ. Точно также Бейсъ-Балло, предпринявшій обширное изслѣдованіе среднихъ температуръ въ Гаарлемѣ, Цваненбергѣ и Данцигѣ, пришелъ къ заключенію, что въ измѣненіяхъ этихъ температуръ существуетъ періодичность, обусловливаемая вращеніемъ солнца; величину періода онъ нашелъ равною 27,682 днямъ. Для объясненія этого явленія онъ допустилъ, что на различныхъ меридіанахъ солнца теплоиспускательная способность неодинакова и что синодическое (Часть I, § 86) время вращенія меридіана, на которомъ тепловая энергія достигаетъ наибольшей величины, составляетъ 27,682 дня. Нетрудно понять, что при помощи такихъ косвенныхъ способовъ опредѣляется періодъ вращенія внутреннихъ слоевъ солнца, всей массы его, а не одной только наружной оболочки этого тѣла Впослѣдствіи подобной же обработкѣ были подвергнуты весьма большіе ряды наблюденій надъ температурой въ различныхъ мѣстахъ земного шара. Такъ, напр., Фрицъ воспользовался для этой цѣли, между прочимъ, наблюденіями, произведенными какъ въ тропическихъ странахъ, такъ и на крайнемъ сѣверѣ во время зимовокъ различныхъ экспедицій. Всѣ эти изслѣдованія подтвердили результатъ, къ которому раньше пришелъ Бейсъ-Балло. Кромѣ того Фрицъ, построивъ кривую солнечныхъ пятенъ для 1870 года, также и въ измѣненіяхъ числа пятенъ замѣтилъ періодъ, равный 27,697 днямъ, причемъ наибольшему числу пятенъ на солнцѣ соотвѣтствовали также и болѣе высокія температуры на землѣ. На основаніи этихъ изслѣдованій, допустивъ, что на томъ меридіанѣ солнечной поверхности, на которомъ тепловая энергія достигаетъ наибольшей величины, также и пятнообразовательная дѣятельность солнца проявляется наиболѣе энергичнымъ образомъ онъ получилъ второе опредѣленіе синодическаго времени вращенія солнца. Такимъ образомъ, онъ нашелъ, что продолжительность синодическаго оборота солнца около оси составляетъ въ среднемъ 27,689 дней, откуда для истиннаго времени вращенія солнца около оси получается 25,74 дня.

То обстоятельство, что въ ходѣ температуры была замѣчена указанная выше періодичность, побудило въ 1871 году Горнштейна заняться изслѣдованіемъ, не существуетъ ли подобной же періодичности также въ колебаніяхъ высоты барометра, и ему, дѣйствительно, посчастливилось открыть ясные слѣды періода въ 25,82 дней въ суточныхъ колебаніяхъ барометра въ Прагѣ за 1870 годъ. Это могло быть объяснено только тѣмъ, что на земныя явленія оказываютъ неодинаковое вліяніе различные меридіаны солнечной поверхности, и потому у насъ опять получается возможность опредѣлить время вращенія солнца около оси. Совершенно такой же результатъ получилъ Броунъ на основаніи барометрическихъ наблюденій, произведенныхъ въ Сингапурѣ съ 1841 г. до 1845 года. Его вычисленія для продолжительности періода дали 25,83 дней. Такимъ образомъ, на основаніи суточныхъ колебаній высоты барометра истинное время вращенія солнца получается равнымъ 24,12 днямъ. Само собой разумѣется, что при этомъ предполагается, что тотъ меридіанъ, который оказываетъ наибольшее вліяніе на земныя явленія, не мѣняетъ своего положенія на поверхности солнца.

То обстоятельство, что суточныя измѣненія въ положеніи магнитной стрѣлки находятся въ тѣсной связи съ явленіемъ солнечныхъ пятенъ, уже въ 1855 году побудило Лангберга, для объясненія годового хода въ суточныхъ измѣненіяхъ склоненія магнитной стрѣлки, принять гипотезу, что солнце и земля въ ихъ взаимномъ дѣйствіи другъ на друга могутъ быть разсматриваемы какъ два большихъ магнита; при этомъ онъ высказалъ предположеніе, что въ упомянутыхъ измѣненіяхъ склоненія магнитной стрѣлки долженъ быть замѣченъ періодъ, равный синодическому времени вращенія солнца, если только магнитная ось солнца не совпадаетъ съ его осью вращенія, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто и для земли. Это предположеніе было подтверждено въ 1871 году Горнштейномъ, который, на основаніи обработки магнитныхъ наблюденій, произведенныхъ въ теченіе 1870 года въ Прагѣ, Вѣнѣ и Петербургѣ, доказалъ, что въ ходѣ всѣхъ магнитныхъ элементовъ существуетъ періодъ въ 26,34 дней. За нѣсколько времени передъ этимъ Броунъ нашелъ слѣды періода въ 25,88 дней въ измѣненіяхъ магнитныхъ элементовъ по наблюденіямъ, произведеннымъ въ Маркерстаунѣ и Гринвичѣ. Болѣе точную величину продолжительности этого періода вывели въ концѣ XIX-го столѣтія Мюллеръ и Лицнаръ. Первый, воспользовавшись наблюденіями, произведенными въ Павловскѣ, въ среднемъ получилъ для продолжительности этого періода 25,77 дней; второй, на основаніи наблюденій, произведенныхъ въ Вѣнѣ и на многихъ сѣверныхъ станціяхъ, гдѣ измѣненія магнитныхъ элементовъ гораздо значительнѣе, чѣмъ въ среднихъ широтахъ, даетъ для этой продолжительности, круглымъ числомъ, 26 дней. Еще болѣе обширное изслѣдованіе по этому вопросу предпринялъ въ 1893 году Бигелоя. Изъ наблюденій, произведенныхъ на весьма многихъ магнитныхъ обсерваторіяхъ Европы и Америки, онъ получилъ для продолжительности этого періода 26,68 дней. Считая эту величину за синодическое время вращенія солнца, онъ нашелъ, что истинное время его вращенія составляетъ 24,86 дней. Подтвержденіе найденнаго имъ результата онъ видитъ въ томъ, что пятна, близкія къ солнечному экватору, даютъ для времени вращенія солнца приблизительно такую-же величину (§ 18), и что, на основаніи теоретическихъ изслѣдованій Ферреля, Гельмгольца, Обербека, Жуковскаго и другихъ, вращеніе какого-нибудь тѣла, окруженнаго подвижной оболочкой, вызываетъ въ этой послѣдней теченія въ направленіи отъ экватора къ обоимъ полюсамъ, причемъ частицы оболочки, близкія къ экватору, пріобрѣтаютъ угловую скорость, равную скорости вращенія ядра. Эти теоретическія соображенія въ общемъ были подтверждены опытами, Бѣлопольскаго, который приводилъ во вращеніе стеклянный баллонъ, наполненный жидкостью съ плавающими въ ней твердыми частицами.

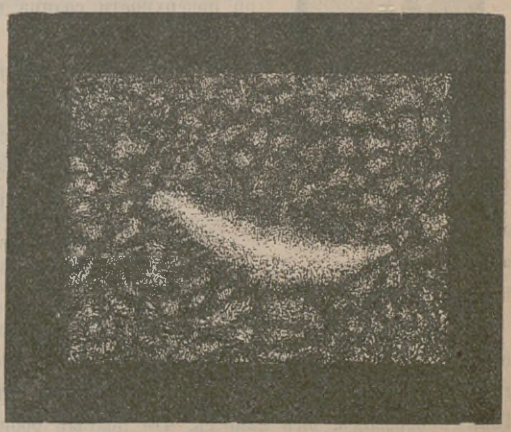


Рис. 94.

§ 23. **Факелы.** Мы уже выше (§ 10) упоминали, что при разсматриваніи солнца въ зрительную трубу съ сильнымъ увеличеніемъ также и свободныя отъ пятенъ части солнечной поверхности далеко не представляются повсюду одинаково яркими. Солнечная поверхность, на которой, вообще, болѣе яркія крупинки чередуются съ менѣе яркими, имѣетъ такой видъ, какъ будто она сдѣлана изъ мрамора. Но кромѣ того большія пятна и группы пятенъ почти всегда бываютъ окружены особыми образованіями, благодаря своей яркости рѣзко выступающими на солнечной поверхности, которую они прорѣзываютъ по разнымъ

направленіямъ въ видѣ жилъ. Эти образованія называются солнечными факелами. Одинъ такой факелъ изображенъ на рис. 94. Легче всего наблюдаются факелы вблизи солнечнаго края. Обыкновенно они имѣютъ форму весьма свѣтлыхъ волнообразныхъ полосъ, нерѣдко выходящихъ въ видѣ развѣтвленій изъ какого-нибудь одного мѣста солнечной поверхности, какъ это ясно видно на рис. 95, который представляетъ наблюдавшееся 19 мая 1866 года итальянскимъ астрономомъ Таккини пятно съ окружающими его факелами. По серединѣ факела нерѣдко находится весьма темное пятно, и, вообще, факелы весьма часто являются предшественниками пятенъ.

* Факелы обыкновенно появляются въ тѣхъ же самыхъ зонахъ, въ которыхъ наблюдаются и пятна (§ 15); но изрѣдка они встрѣчаются, впрочемъ, и подъ болѣе высокими широтами. *

Въ факелахъ и, вообще, въ огненной оболочкѣ солнца происходятъ такіе же грандіозные перевороты, какъ и въ пятнахъ, но только эти перевороты, какъ менѣе бросающіеся въ глаза, до сихъ поръ не такъ хорошо изучены. Особенно поразительный примѣръ внезапнаго образованія весьма яркихъ факеловъ наблюдалъ Каррингтонъ 1 сентября 1859 года, когда въ одной группѣ пятенъ, обладавшей огромными размѣрами, въ $11^h\ 18^m$ Гринвичскаго времени вдругъ появились двѣ блестящія точки, яркость которыхъ далеко превосходила яркость остальной окружавшей ихъ солнечной поверхности. Яркость этихъ факеловъ въ теченіе нѣсколькихъ секундъ послѣ ихъ появленія продолжала еще увеличиваться, но уже въ слѣдующія минуты она стала весьма быстро убывать, такъ что въ $11^h\ 23^m$, т. е. всего только черезъ 5 минутъ, отъ этого явленія не осталось никакого слѣда. Замѣчательно, что въ теченіе такого короткаго промежутка времени, эти блестящіе точки перемѣстились по поверхности солнца на 56000 километровъ. Не смотря на это, въ самой группѣ пятенъ не произошло никакихъ замѣтныхъ измѣненій, такъ что описанное явленіе развилось, повидимому, на значительной высотѣ подъ этой группой. Интересно, что этотъ удивительный переворотъ на солнечной поверхности, не смотря на весьма небольшую продолжительность его, былъ замѣченъ также еще другимъ астрономомъ, именно Ходгсономъ въ Кью, описавшимъ это явленіе почти совершенно такимъ же образомъ, какъ и Каррингтонъ. Выше (§ 21) мы уже упоминали, что около этого времени на всемъ земномъ шарѣ наблюдалась сильная магнитная буря.

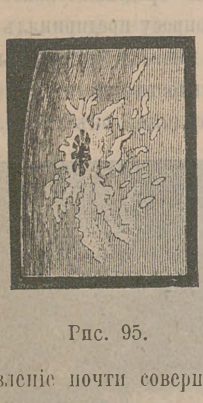


Рис. 95.

На основаніи весьма большого числа фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ въ теченіе 1884 года на астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, Вильсингъ изучилъ движеніе факеловъ, что дало ему возможность опредѣлить время вращенія солнца около оси. Такимъ образомъ, онъ нашелъ, что полный оборотъ около оси солнце совершаетъ въ 25,23 дней. Этотъ результатъ согласуется съ результатомъ, выводимымъ изъ наблюденій надъ пятнами, близкими къ солнечному экватору. Однако, Вильсингъ по наблюденіямъ факеловъ не могъ замѣтить зависимости времени вращенія различныхъ точекъ солнечной поверхности отъ геліографической широты, но для всѣхъ точекъ получилъ одну и ту же постоянную величину.

* Впрочемъ позже астрофизикъ Ташкентской обсерваторіи Стратоновъ показалъ, что и факелы, подобно пятнамъ, подъ экваторомъ движутся быстрѣе, чѣмъ въ болѣе высокихъ широтахъ. Такъ, подъ экваторомъ суточная угловая скорость факеловъ равна 14,62°, между тѣмъ какъ подъ широтами 30°—40° она составляетъ только 13,61°. *

§ 24. **Солнечная атмосфера.** Вскорѣ послѣ открытія солнечныхъ пятенъ Лукка Валеріо замѣтилъ, что лежащія около краевъ части солнечнаго диска по яркости уступаютъ центральнымъ частямъ. Это мнѣніе однако оспаривалось Галилеемъ, между тѣмъ

какъ Шейнеръ, напротивъ того, защищалъ его. Впрочемъ, справедливость такого мнѣнія дѣлается вполнѣ очевидной, если мы будемъ проектировать изображеніе солнца на бѣлый экранъ (§ 13); но при этомъ мы, кромѣ того, замѣчаемъ, что край солнца имѣетъ красноватый оттѣнокъ. Собственно точныя измѣренія уменьшенія яркости солнечнаго свѣта при переходѣ отъ центра солнечнаго диска къ его краямъ были впервые произведены Бугеромъ; впрочемъ онъ пользовался для этой цѣли весьма несовершенными приборами. Затѣмъ этотъ вопросъ на долгое время былъ совершенно забытъ, пока, наконецъ, Шакорнакъ не занялся снова подобными же изслѣдованіями. Этотъ ученый нашелъ, согласно съ результатомъ, полученнымъ Бугеромъ, что яркость центральныхъ частей солнечнаго диска на разстояніи $0{,}3r$ отъ центра, гдѣ r есть видимый радіусъ солнца, приблизительно одинакова; затѣмъ эта яркость уменьшается, сначала медленно, а потомъ все быстрѣе и быстрѣе, и, наконецъ, яркость краевъ солнечнаго диска почти въ два раза меньше яркости центральныхъ частей. При этомъ Шакорнакъ замѣтилъ, что на краяхъ солнечнаго диска яркость свѣта весьма неравномѣрна вслѣдствіе присутствія факеловъ, и что, кромѣ того, полутѣнь пятенъ, когда эти послѣднія находятся вблизи центра солнечнаго диска, излучаетъ нѣсколько больше свѣта, чѣмъ фотосфера (§ 10) на краяхъ диска. Къ подобнымъ же результатамъ пришли и всѣ позднѣйшіе изслѣдователи, которые занимались этимъ вопросомъ; только яркость краевъ солнечнаго диска оцѣнивалась различными наблюдателями неодинаковымъ образомъ. Такъ, отношеніе этой яркости къ яркости центральныхъ частей Лиэ, подобно Шакорнаку, выражаетъ дробью $^1/_2$; Пикерингъ для того-же отношенія принимаетъ дробь $^1/_3$; Секки считаетъ, что это отношеніе заключается между $^1/_3$ и $^1/_4$ наконецъ Фогель принялъ, что это отношеніе равно только $^1/_5$.

Фогель и послѣ него Толлонъ не ограничились общимъ изслѣдованіемъ ослабленія яркости солнечнаго свѣта при переходѣ отъ центра солнечнаго диска къ его краямъ, но произвели подобныя же изысканія для каждаго отдѣльнаго цвѣта особо. Наиболѣе подробныя изслѣдованія произведены Фогелемъ. Полученные имъ результаты читатель найдетъ въ нижеслѣдующей табличкѣ, въ которой числа, стоящія подъ названіемъ каждаго цвѣта, представляютъ длины соотвѣтственныхъ свѣтовыхъ волнъ, выраженныя въ милліонныхъ доляхъ миллиметра (§ 5). Разстоянія, помѣщенныя въ первомъ столбцѣ, выражены въ десятыхъ доляхъ солнечнаго радіуса, такъ что числа 1,0 соотвѣтствуютъ самому краю.

Разстояніе отъ центра.	Красный 662.	Желтый 589.	Зеленый 512.	Голубой 470.	Фіолетовый 408.
0,0	100	100	100	100	100
0,3	99	98	97	97	96
0,6	95	91	86	87	82
0,7	91	85	80	81	74
0,8	84	75	71	72	64
0,9	71	59	57	58	48
1,0	30	25	18	16	13

* Числа этой таблички выражаютъ яркость цвѣтныхъ лучей для точекъ, находящихся на различныхъ разстояніяхъ отъ центра солнечнаго диска, причемъ яркость центральныхъ лучей для всѣхъ цвѣтовъ принята равною 100. * При одномъ взглядѣ на эту табличку мы убѣждаемся, что фіолетовый конецъ спектра ослабляется гораздо сильнѣе, чѣмъ красный. Этимъ и объясняется тотъ красноватый оттѣнокъ краевъ солнца, который замѣчается при проектированіи солнца на экранъ. Съ другой стороны, такой результатъ вполнѣ подтверждаетъ предположеніе Ланглея, что солнце собственно есть свѣтило голубоватаго цвѣта (Часть I, § 111).

Лиэ занимался также изслѣдованіемъ яркости пятенъ и факеловъ и нашелъ, что яркость центральныхъ частей пятна составляетъ около 0,01 яркости фотосферы (§ 10).

Это согласуется съ результатомъ, полученнымъ Гершелемъ, который оцѣниваетъ указанное отношеніе яркости ядра пятна къ яркости фотосферы въ 0,007. Яркость полутѣни по изслѣдованіямъ Ліэ составляетъ приблизительно половину яркости фотосферы, что согласуется съ вышеупомянутымъ выводомъ Шакорнака. Наконецъ, что касается факеловъ, то Ліэ, приравниваетъ яркость факела, находящагося въ разстояніи 1′ отъ солнечнаго края, яркости центральныхъ частей солнечнаго диска.

По измѣненію чиселъ предыдущей таблички мы, между прочимъ, заключаемъ, что также и напряженность химическихъ и тепловыхъ лучей въ центрѣ солнечнаго диска больше, чѣмъ на краяхъ. Для тепловыхъ лучей это было доказано непосредственными изслѣдованіями Эриксона и Ланглея. Эриксонъ нашелъ, что количество теплоты, излучаемой нѣкоторой опредѣленной площадью на краяхъ солнечнаго диска, относится къ количеству теплоты, излучаемой такою-же площадью въ центрѣ диска, какъ 7 къ 11; по Ланглею же это отношеніе приблизительно въ 2 раза меньше.

Всѣ вышеописанные факты могутъ быть объяснены только существованіемъ около солнца атмосферы, которая поглощаетъ какъ свѣтъ, такъ и теплоту. При этомъ непосредственное сравненіе вышеприведенныхъ результатовъ приводитъ насъ къ заключенію, что свѣтъ поглощается сильнѣе, чѣмъ теплота.

Поглощеніе теплоты Ланглей относитъ главнымъ образомъ на счетъ тонкой красной оболочки, окружающей солнце и называемой хромосферой (§ 26). Ліэ принимаетъ такое же положеніе и относительно поглощенія свѣта, причемъ слою, поглощающему свѣтъ, онъ приписываетъ толщину всего только отъ 4″ до 8″. Ланглей, кромѣ того, полагаетъ, что возможныя незначительныя измѣненія поглощательной способности этого слоя должны оказывать огромное вліяніе на климатическія условія нашей земли. Не вдаваясь въ подробности относительно этого предмета, укажемъ еще, что Эриксонъ на основаніи своихъ вышеупомянутыхъ изслѣдованій пришелъ къ заключенію, что солнечная атмосфера поглощаетъ приблизительно $^1/_7$ всей теплоты, излучаемой солнцемъ.

Изслѣдованія, предпринятыя въ мартѣ и сентябрѣ 1852 года итальянскимъ астрономомъ Секки относительно поглощенія солнечной теплоты атмосферой, окружающей солнце, показали, что экваторіальныя страны солнечной поверхности жарче полярныхъ. Въ 1874 году подобные опыты были повторены Ланглеемъ, который воспользовался для этой цѣли болѣе усовершенствованными вспомогательными средствами. Однако этотъ ученый не могъ замѣтить никакой разницы въ температурѣ тѣхъ и другихъ странъ. Напротивъ того, въ 1878 году Крульсъ и Лакайль снова нашли, что опредѣленныя площади, расположенныя по направленію экваторіальнаго діаметра солнечнаго диска, излучаютъ больше теплоты, чѣмъ такія же площади, лежащія по направленію полярнаго діаметра. Такіе противорѣчивые другъ другу результаты могутъ объясняться дѣйствительными перемѣнами, происходящими на самомъ солнцѣ, какъ это подозрѣвалъ уже Секки. Поэтому весьма желательно, чтобы подобныя наблюденія систематически производились въ теченіе возможно болѣе продолжительнаго времени.

Далѣе, Крульсъ и Лакайль въ январѣ 1878 года въ Ріо-Жанейро сравнили количество теплоты, излучаемой опредѣленными площадями въ сѣверномъ полушаріи солнечной поверхности, съ количествомъ теплоты, излучаемой такими же площадями въ южномъ. Для этой цѣли изображеніе солнца, полученное на экранѣ, было раздѣлено окружностями концентрическихъ круговъ на зоны, шириною въ 0,1 солнечнаго радіуса, и каждая такая зона испытывалась относительно теплопропускательной способности при помощи термоэлектрическаго столбика. Если мы количество теплоты, излучаемой нѣкоторою площадью въ центральной зонѣ, примемъ равнымъ 100, то количество теплоты, излучаемой такою же площадью въ другихъ зонахъ, выразится числами, приведенными въ нижеслѣдующей табличкѣ.

Радіусъ зоны.	Южное полушаріе.	Сѣверное полушаріе.	Радіусъ зоны.	Южное полушаріе.	Сѣверное полушаріе.
0,2	80,0	97,5	0,6	55,1	77,4
0,3	63,9	91,7	0,7	52,1	67,4
0,4	60,7	88,8	0,8	47,6	64,2
0,5	57,6	82,3	0,9	39,9	50,5

Отсюда ясно, что въ январѣ 1878 года сѣверное полушаріе солнца посылало намъ гораздо больше теплоты, чѣмъ южное.

Въ серединѣ 1890 года Савельевъ въ Кіевѣ занялся весьма подробнымъ изслѣдованіемъ общаго лучеиспусканія солнца при помощи особаго прибора, называемаго актинометромъ (Часть IV). При этомъ онъ пришелъ къ неожиданному результату, а именно, что въ дни, богатые пятнами, лучеиспусканіе солнца сильнѣе, чѣмъ въ дни, бѣдные пятнами. Этимъ, повидимому, подтверждается принятое уже В. Гершелемъ положеніе, что большое число пятенъ на поверхности солнца служитъ признакомъ повышенной дѣятельности этого послѣдняго. Въ 1845 году Анри и 30 лѣтъ спустя Ланглей доказали, что солнечныя пятна посылаютъ намъ меньше теплоты, чѣмъ окружающая ихъ фотосфера. Еще болѣе обстоятельныя изслѣдованія, касающіяся этого вопроса, произвелъ въ 1893 году Вильсонъ. Онъ нашелъ, что количество теплоты, посылаемой намъ солнечнымъ пятномъ, въ среднемъ выражается числомъ 35,6, если за 100 принять количество теплоты посылаемой такой частью фотосферы, площадь которой равна площади этого пятна. Кромѣ того онъ убѣдился, что уменьшеніе теплоиспускательной способности съ приближеніемъ къ краю солнечнаго диска для пятенъ происходитъ медленнѣе, чѣмъ для фотосферы, такъ что теплоиспускательная способность фотосферы на краяхъ диска составляетъ всего только $^3/_7$ теплоиспускательной способности пятна, находящагося въ центрѣ диска. Отсюда вытекаетъ, согласно съ изслѣдованіями Савельева, что при обиліи пятенъ лучеиспусканіе солнца бываетъ сильнѣе, чѣмъ въ дни, бѣдные пятнами.

§ 25. **Явленія, наблюдаемыя во время полныхъ солнечныхъ затмѣній.** Впослѣдствіи мы увидимъ, что у луны вовсе нѣтъ атмосферы или же, если она и окружена атмосферой, то во всякомъ случаѣ настолько разрѣженной, что лучи свѣта, проходя въ весьма близкомъ разстояніи отъ луннаго края, совершенно не отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія. Поэтому естественно было бы ожидать, что во время солнечныхъ затмѣній въ моментъ наступленія полной фазы должна распространиться совершенная темнота, и что по крайней мѣрѣ то мѣсто небесной сферы, гдѣ въ этотъ моментъ находится солнце, покрытое луною, должно, благодаря своей абсолютной темнотѣ, особенно выдѣляться среди остальныхъ частей небосклона. Однако въ дѣйствительности наблюдается нѣчто другое. О томъ огромномъ впечатлѣніи, которое полное солнечное затмѣніе производитъ на людей и, вообще, на всѣхъ животныхъ, мы уже говорили раньше (Часть I, § 103). Поэтому, теперь займемся описаніемъ тѣхъ явленій, которыя во время затмѣнія происходятъ на самомъ солнцѣ.

Задолго до наступленія полной фазы, когда слѣдовательно еще болѣе или менѣе значительный солнечный серпъ остается не покрытымъ луной, мы можемъ прослѣдить при помощи зрительной трубы темный край луны на довольно большомъ протяженіи внѣ солнечнаго диска. Это объясняется тѣмъ, что фонъ, на который проектируется лунный край, не представляется совершенно темнымъ: онъ въ дѣйствительности значительно свѣтлѣе чернаго диска луны. Еще яснѣе выступаетъ это явленіе во время полной фазы, когда луна представляется окруженной свѣтлымъ лучеобразнымъ сіяніемъ, такъ называемой короной, которая наибольшею яркостью отличается въ частяхъ, непосредственно прилегающихъ къ лунному краю; по мѣрѣ же удаленія отъ этого края, свѣтъ ея постепенно сла-

бѣетъ, пока, наконецъ, не исчезнетъ совершенно среди окружающей ее темноты небеснаго свода. Цвѣтъ короны по отзывамъ большей части наблюдателей бѣлый; впрочемъ иногда отмѣчался желтоватый оттѣнокъ. Размѣры короны и ея строеніе мѣняются отъ одного затмѣнія до другого и, повидимому, находятся въ извѣстной зависимости отъ состоянія пятнообразовательной дѣятельности солнца. Для наблюденій короны лучше всего пользоваться зрительной трубой съ слабымъ увеличеніемъ и большимъ полемъ зрѣнія, напр., такъ называемымъ кометоискателемъ. При помощи такой трубы легко замѣтить, что корона не обладаетъ одинаковою яркостью во всѣхъ своихъ частяхъ, прилегающихъ къ лунному краю. Въ самомъ дѣлѣ, въ этомъ случаѣ наблюдателю бросаются въ глаза отдѣльные болѣе свѣт-

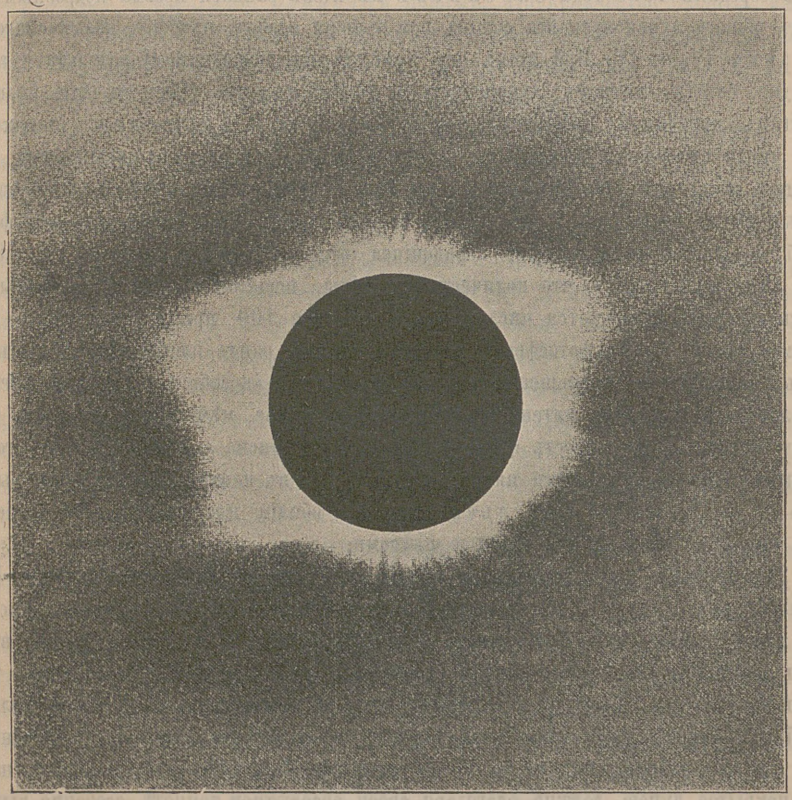


Рис. 96.

лые лучи, идущіе отъ самаго края луны и простирающіеся далеко за предѣлы общихъ очертаній короны; эти лучи весьма часто не имѣютъ формы прямыхъ линій, но на концѣ искривляются въ видѣ крючка. Рис. 96 представляетъ солнечную корону во время полнаго затмѣнія 1 января 1899 года по фотографіи Барнарда.

Первыя свѣдѣнія о наблюденіяхъ солнечной короны во время полныхъ затмѣній, если не считать указанія, встрѣчающагося у Плутарха, относятся къ началу XVIII-го столѣтія, когда объ этомъ явленіи упоминали Плантадъ, Галлей, Маральди и др. Это не должно насъ удивлять, такъ какъ корона, дѣйствительно, доступна также и для невооруженнаго глаза, и безъ помощи зрительной трубы мы можемъ прослѣдить ее на довольно значительномъ разстояніи отъ луннаго края. Встрѣчаются указанія на солнечныя затмѣнія съ короткою продолжительностью полной фазы, во время которыхъ это сіяніе достигало такой яркости, что зрители даже сомнѣвались въ томъ, дѣйствительно ли данное затмѣніе было полнымъ. Но такъ какъ наблюденія короны были очень немногочисленны, то объ нихъ

отъ одного затмѣнія до другого обыкновенно забывали, тѣмъ болѣе, что для даннаго мѣста земного шара полное солнечное затмѣніе случается приблизительно одинъ разъ въ 200 лѣтъ (часть I, § 102); кромѣ того, въ прежнія времена на солнечныя затмѣнія смотрѣли, вообще, только какъ на средство для опредѣленія разности долготъ, а потому ихъ и наблюдали исключительно съ этою цѣлью. Но вотъ наступило солнечное затмѣніе 8 іюля 1842 года. Во время этого затмѣнія полоса полной фазы была расположена очень благопріятно для Европы, именно она проходила черезъ Испанію, южную Францію, Сардинію, Австро-Венгрію и южную Россію. Это затмѣніе составляетъ въ наукѣ эпоху, и только съ этихъ поръ ученые стали совершенно иначе относиться къ полнымъ солнечнымъ затмѣніямъ. Астрономы, отправившіеся для наблюденія этого затмѣнія въ полосу полной фазы, въ моментъ исчезновенія послѣдняго луча солнца не только съ удивленіемъ увидѣли корону вокругъ темнаго луннаго диска, но еще болѣе были поражены внезапнымъ появленіемъ изъ-за луннаго края красныхъ выступовъ, которые теперь обыкновенно называются протуберанцами. Впослѣдствіи въ различныхъ журналахъ отыскали, что о протуберанцахъ наблюдатели неоднократно упоминали еще съ начала XVIII столѣтія; но всѣ эти свѣдѣнія

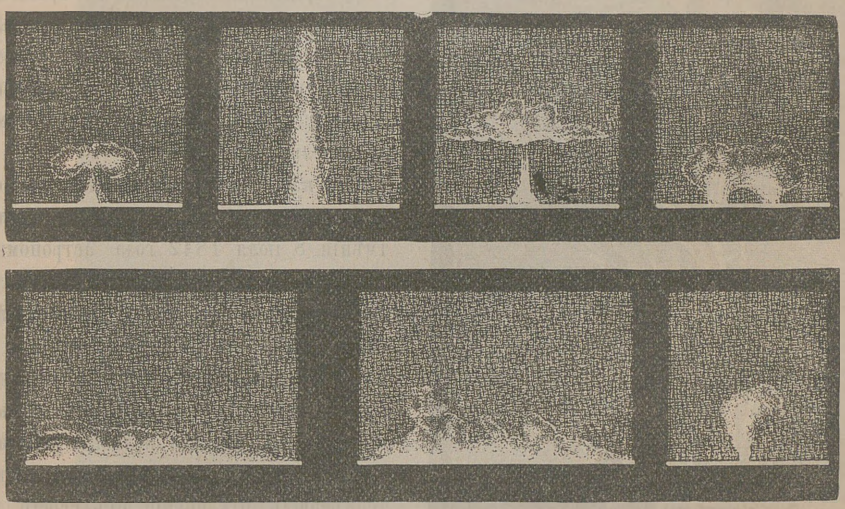


Рис. 97.

потомъ были совершенно забыты, такъ что только послѣ 1842 года при всѣхъ послѣдующихъ полныхъ солнечныхъ затмѣніяхъ стали обращать весьма большое вниманіе на изслѣдованіе этихъ замѣчательныхъ свѣтовыхъ явленій на поверхности солнца.

Относительно внѣшняго вида и цвѣта протуберанцевъ мы находимъ самыя разнообразныя свѣдѣнія не только въ отчетахъ о различныхъ затмѣніяхъ, но даже въ отчетахъ отдѣльныхъ наблюдателей объ одномъ и томъ же затмѣніи. По большей части протуберанцы бываютъ свѣтло-малиноваго цвѣта; но многимъ наблюдателямъ цвѣтъ ихъ представлялся фіолетовымъ, желтоватымъ и бѣлымъ. Наконецъ, нѣкоторые астрономы говорятъ, что протуберанцы бываютъ иногда окаймлены черной полоской. Замѣчательно при этомъ еще то, что протуберанцы весьма рѣдко имѣютъ одинаковую окраску во всѣхъ своихъ частяхъ Протуберанцы по большей части обладаютъ волокнистымъ строеніемъ, причемъ волокна обыкновенно бываютъ другого цвѣта, чѣмъ общая масса протуберанца. Нерѣдко нѣсколько протуберанцевъ соединяются въ одну группу, и въ этомъ случаѣ ясно можно различить, какъ одинъ протуберанцъ проектируется на другой. Далѣе, нѣкоторые наблюдатели замѣчали, что впродолженіе затмѣнія цвѣтъ этихъ образованій мѣнялъ свой оттѣнокъ. Наконецъ, надъ протуберанцемъ иногда наблюдались свободно плавающія облака того же самаго цвѣта и

строенія. Разнообразныя формы протуберанцевъ изображены на рис. 97. Возвышеніе протуберанцевъ надъ луннымъ краемъ рѣдко составляетъ болѣе 2′ или $2^1/_2$′, хотя въ отдѣльныхъ случаяхъ это возвышеніе можетъ достигать 4′ и даже больше, такъ что истинное возвышеніе протуберанцевъ надъ солнечной фотосферой обыкновенно не превосходитъ, круглымъ числомъ, 100000 километровъ; въ видѣ же исключенія наблюдаются исполинскіе протуберанцы, возвышающіеся надъ луннымъ краемъ на 173000 километровъ, а иной разъ и значительно больше.

* На рис. 98 изображенъ такой протуберанцъ—гигантъ, наблюдавшійся 11 іюля 1892 года. Его возвышеніе надъ луннымъ краемъ доходило до 427000 километровъ. Наглядное представленіе о величинѣ обыкновенныхъ протуберанцевъ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 99, на которомъ даны сравнительные размѣры протуберанца и нашей земли. *



Рис. 98.

Число протуберанцевъ при различныхъ затмѣніяхъ бываетъ весьма неодинаково. Въ этомъ отношеніи наиболѣе красивую картину представляло солнце во время затмѣнія 18 іюля 1860 года, когда, по выраженію Секки, солнечный край по всей окружности былъ какъ бы усѣянъ огненными языками, возвышавшимися надъ нимъ на значительную высоту

Что касается происхожденія короны и протуберанцевъ, то тотчасъ же послѣ затмѣнія 8 іюля 1842 года астрономы раздѣлились на два лагеря: одни разсматривали протуберанцы какъ принадлежность солнца, а корону какъ его атмосферу; другіе же, наоборотъ, считали всѣ эти явленія чисто оптическими и объясняли ихъ тѣмъ, что лучи солнца, проходя вблизи луннаго края и въ особенности мимо лунныхъ горъ, претерпѣваютъ отклоненіе отъ своего первоначальнаго направленія. Однако, никто не могъ привести рѣшительныхъ доказательствъ въ защиту своего мнѣнія, такъ какъ вышеописанныя явленія во время этого затмѣнія были совершенною неожиданностью для наблюдателей, и потому заранѣе не было сдѣлано никакихъ приготовленій для болѣе точнаго наблюденія этихъ явленій. При такихъ обстоятельствахъ съ большимъ нетерпѣніемъ ожидали 28 іюля 1851 года, когда должно было произойти новое полное солнечное затмѣніе, видимое въ Европѣ. Во время этого затмѣнія корона представилась во всемъ своемъ величіи, а протуберанцы были наблюдаемы въ достаточномъ числѣ. И хотя благодаря произведеннымъ наблюденіямъ съ большою вѣроятностью была установлена связь протуберанцевъ и короны съ солнцемъ, но тѣмъ не менѣе этотъ вопросъ еще не получилъ окончательнаго рѣшенія. Это объясняется тѣмъ, что весьма короткая продолжительность полной фазы, рѣдко превосходящая 3 или 4 минуты, служитъ значительнымъ препятствіемъ для производства точныхъ наблюденій надъ короной и протуберанцами.

Уже въ 1842 году многими наблюдателями и, между прочимъ, К. Литровымъ, было обращено вниманіе на то, что протуберанцы, правда, безъ замѣтной окраски, могутъ быть видимы какъ до наступленія полной фазы затмѣнія, такъ и послѣ нея, когда мы полу-

часмъ свѣтъ еще отъ довольно значительной части солнечнаго диска. Это обстоятельство было замѣчено весьма многими наблюдателями также и въ 1851 году, но только во время затмѣнія 18 іюля 1860 года благодаря такимъ наблюденіямъ вопросъ о происхожденіи протуберанцевъ былъ рѣшенъ окончательно. Именно, во время этого затмѣнія Брунсу въ Тарацонѣ (въ Испаніи) посчастливилось замѣтить одинъ протуберанцъ со стороны нижней части луннаго края за 2 минуты до наступленія полной фазы, и онъ могъ слѣдить за нимъ затѣмъ еще въ теченіе $6^1/_3$ минутъ по окончаніи полной фазы, такъ какъ этотъ протуберанцъ находился въ направленіи перпендикулярномъ къ движенію луны, и, кромѣ того, Тарацона лежала ближе къ сѣверной границѣ полосы полной фазы, чѣмъ къ южной, вслѣдствіе чего сѣверный край луны не слишкомъ много возвышался надъ соотвѣтственнымъ краемъ солнца. Такъ какъ въ Тарацонѣ продолжительность полной фазы составляла $3^1/_3$ минуты, то въ общей сложности Брунсъ наблюдалъ этотъ протуберанцъ приблизительно въ теченіе 12 минутъ. Это было первое такое продолжительное наблюденіе протуберанца.

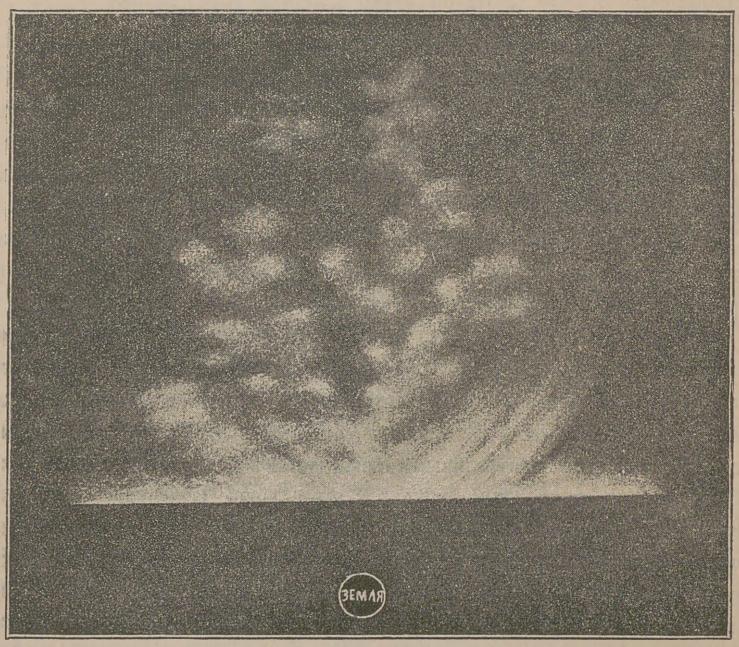


Рис. 99.

Наблюденіе этого протуберанца представляло особенную важность для рѣшенія вопроса о природѣ этихъ образованій, главнымъ образомъ по той причинѣ, что онъ находился приблизительно въ направленіи перпендикулярномъ къ видимому движенію луны, вслѣдствіе чего въ этомъ мѣстѣ въ каждый слѣдующій моментъ новая точка луннаго края приходила въ соприкосновеніе съ солнечнымъ краемъ. Поэтому можно было легко рѣшить, мѣняетъ ли протуберанцъ съ теченіемъ времени свое положеніе относительно солнечной поверхности или относительно лунной. Наблюденія показали, что въ дѣйствительности имѣлъ мѣсто второй изъ этихъ случаевъ, а это служило вѣрнымъ признакомъ, что протуберанцъ принадлежитъ солнцу; въ самомъ дѣлѣ, если эти образованія находятся въ тѣсной связи съ самимъ солнцемъ, то ихъ положеніе относительно опредѣленной точки солнечной поверхности не можетъ измѣниться замѣтнымъ образомъ въ теченіе того короткаго промежутка времени, пока они доступны для наблюденія. А если бы протуберанцы представляли собою только оптическое явленіе, въ зависимости отъ неровностей луннаго края, то при дви-

женіи луны они должны были бы перемѣщаться вмѣстѣ съ нею и такимъ образомъ сохраняли бы неизмѣнное положеніе относительно опредѣленной точки лунной поверхности.

Слѣдующія затмѣнія, и особенно затмѣніе 6 марта 1867 года, доставили новыя доказательства связи протуберанцевъ съ солнцемъ. Поэтому, когда приближалось затмѣніе 18 августа 1868 года, для наблюденія котораго, вслѣдствіе необыкновенно большой продолжительности полной фазы, были снаряжены многочисленныя экспедиціи въ далекія страны, всѣ астрономы заботились не о томъ, чтобы добыть новыя доказательства относительно связи протуберанцевъ съ солнцемъ, а о томъ, чтобы опредѣлить ихъ физическое строеніе при помощи спектральныхъ наблюденій, которыя во время этого затмѣнія впервые получили широкое распространеніе. И въ этомъ отношеніи приготовленія астрономовъ увѣнчались полнымъ успѣхомъ; именно, въ различныхъ мѣстахъ, лежащихъ въ полосѣ полной фазы, многимъ удалось наблюдать спектръ протуберанцевъ, и онъ оказался прерывистымъ, состоящимъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій, чѣмъ характеризуются, какъ извѣстно, спектры раскаленныхъ газовъ. Яркость нѣкоторыхъ изъ этихъ линій навела Жансена, наблюдавшаго въ Гунторѣ, на мысль, что эти линіи могутъ быть видимы въ спектроскопъ не только во время полныхъ затмѣній, но и вообще ежедневно. И дѣйствительно, ему на слѣдующій же день удалось опять видѣть эти линіи.

Благодаря этому замѣчательному открытію наблюденія полныхъ солнечныхъ затмѣній отчасти потеряли свое значеніе, такъ какъ теперь явилась возможность видѣть протуберанцы во всякое время. Вслѣдствіе этого изученіе природы протуберанцевъ существеннымъ образомъ подвинулось впередъ, такъ какъ съ этихъ поръ сдѣлалось возможнымъ подробное изслѣдованіе этихъ образованій. Результаты, которые такимъ образомъ удалось добыть относительно природы протуберанцевъ, мы изложимъ въ слѣдующемъ параграфѣ, а теперь вернемся опять къ разсмотрѣнію солнечной короны.

Въ дополненіе къ тому, что было выше сказано о коронѣ, слѣдуетъ прибавить, что уже въ 1851 году Эдлундъ и въ 1860 году Пражмовскій показали, что свѣтъ ея поляризованъ (§ 6) въ направленіи соотвѣтственнаго солнечнаго или, что въ данномъ случаѣ то же самое, луннаго радіуса. Уже одно это обстоятельство указываетъ на связь короны съ солнцемъ, благодаря же спектральнымъ наблюденіямъ эта связь была поставлена внѣ всякаго сомнѣнія еще во время затмѣнія 1868 года, когда выяснилось, что корона даетъ слабый непрерывный спектръ. Изслѣдованія короны во время слѣдующихъ полныхъ затмѣній при помощи болѣе сильныхъ спектральныхъ приборовъ показали, что ея спектръ пересѣченъ многими свѣтлыми линіями, изъ которыхъ самая яркая находится въ зеленомъ цвѣтѣ и, повидимому, соотвѣтствуетъ самой яркой линіи спектра зодіакальнаго свѣта (часть I, § 113). Вначалѣ эту линію считали тождественной съ одной изъ линій желѣза. Но Юнгъ, помощью спектроскопа, обладающаго весьма большой свѣторазсѣивающей силой, доказалъ, что линія, находящаяся на соотвѣтственномъ мѣстѣ солнечнаго спектра, не простая, а весьма узкая двойная; изъ этихъ двухъ линій та, которая лежитъ дальше отъ краснаго конца спектра, принадлежитъ желѣзу, а другая, которую онъ отождествилъ съ спектральной линіей короны, не была найдена въ спектрѣ никакого химическаго элемента на землѣ. * Неизвѣстное вещество, входящее въ составъ короны и характеризуемое упомянутой линіей въ зеленомъ цвѣтѣ спектра, было названо короніемъ. Вѣроятно, короній есть газъ, гораздо болѣе легкій, чѣмъ водородъ. Впослѣдствіи было установлено, что зеленая линія короніи и спектральная линія зодіакальнаго свѣта различны между собою. * Во время полныхъ солнечныхъ затмѣній 1871 и 1874 годовъ нѣкоторые наблюдатели замѣтили въ спектрѣ короны также отдѣльныя темныя линіи. Однако этими наблюденіями, правда, трудно объяснимыми, не могли быть измѣнены результаты, добытые раньше. Въ главныхъ чертахъ корона представляетъ собою ничто иное, какъ солнечную атмосферу, которая, вслѣдствіе своего слабаго свѣта, дѣлается видимой только тогда, когда луна совершенно покрываетъ

яркій солнечный дискъ. Но тѣмъ не менѣе только что упомянутыя наблюденія показываютъ, что мы здѣсь имѣемъ дѣло, вообще, съ весьма сложнымъ явленіемъ, и что многое, наблюдаемое въ коронѣ, зависитъ отъ различныхъ причинъ. Такъ, напр., мерцаніе короны, о которомъ, между прочимъ, часто упоминаютъ наблюдатели, должно быть отнесено на счетъ нашей атмосферы и никоимъ образомъ не можетъ быть разсматриваемо какъ свойство короны.

Фотографіи спектра короны, снятыя Шустеромъ во время затмѣнія 17 мая 1882 года, показали, что наибольшею яркостью обладаетъ та часть спектра, которая расположена между линіями *C* и *H*. Это навело Гуггинса на мысль, что, пользуясь нѣкоторой средой, поглощающей всѣ лучи свѣта за исключеніемъ тѣхъ, которые лежатъ въ упомянутой части спектра, можно получить фотографію короны также и не во время полнаго солнечнаго затмѣнія. Для этой цѣли онъ воспользовался свѣжимъ растворомъ марганцовокислаго кали, и ему, дѣйствительно, удалось получить изображеніе, по общему очертанію и характеру напоминающее корону. Точно также Лозе въ Потсдамѣ уже въ 1878 году старался достичь той же цѣли помощью фотографическихъ пластинокъ, чувствительныхъ только для вышеупомянутыхъ лучей. Однако, какъ попытки этихъ ученыхъ, такъ и позднѣйшія попытки Абнея, Деландра, Хэля и др., которые пользовались для этой цѣли различными способами, до сихъ поръ не привели ни къ какому положительному результату.

Во время полнаго солнечнаго затмѣнія 16 апрѣля 1893 года Деландру удалось сфотографировать спектръ короны до такихъ предѣловъ, которые соотвѣтствуютъ ультрафіолетовой части обыкновеннаго солнечнаго спектра, и черезъ сравненіе фотографій восточнаго и западнаго краевъ солнца онъ опредѣлилъ смѣщеніе спектральныхъ линій (§ 19), которыя указали на то, что корона совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ то же самое время, какъ и самое солнце.

Заслуживаетъ интереса также то обстоятельство, что при изученіи фотографическихъ снимковъ короны, сдѣланныхъ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній, уже два раза въ лучахъ короны была найдена комета. Это относится къ затмѣніямъ 17 мая 1882 года и 16 апрѣля 1893 года. Тутъ же слѣдуетъ упомянуть о древнемъ, дошедшемъ до насъ извѣстіи, что во время полнаго солнечнаго затмѣнія 19 іюля 418 года также была видима комета.

Наконецъ, ко всему сказанному прибавимъ еще, что уже въ 1851 году Берковскимъ въ Кенигсбергѣ была сдѣлана попытка фотографировать явленіе полнаго солнечнаго затмѣнія. Затѣмъ удачныя фотографіи полнаго солнечнаго затмѣнія были получены въ 1860 году въ Испаніи въ Ривабеллозѣ (Де-ля-Рю) и въ Дезіерто-де-ласъ-Пальмасъ (Секки), въ 1868 году въ Аравіи (нѣмецкая экспедиція) и въ Индіи (Теннантъ). Послѣ этого во время каждаго полнаго солнечнаго затмѣнія дѣлались многочисленные фотографическіе снимки.

§ 26. **Спектральныя наблюденія протуберанцевъ, хромосферы и солнечныхъ пятенъ.** Выше было сказано, что Жансенъ, опираясь на свои наблюденія во время полнаго солнечнаго затмѣнія 18 августа 1868 года, пришелъ къ убѣжденію, что наиболѣе яркія спектральныя линіи протуберанцевъ можно наблюдать не только во время затмѣній, но и, вообще, ежедневно, и это ему, дѣйствительно, удалось на слѣдующій же день. Но еще раньше, именно въ 1866 году, Локьеръ возбуждалъ вопросъ, нельзя ли при помощи сильныхъ спектроскоповъ наблюдать спектръ протуберанцевъ на солнечномъ краѣ ежедневно. Однако тогда на эту мысль, облеченную въ форму вопроса, не было обращено надлежащаго вниманія, и самъ Локьеръ также не былъ въ состояніи провѣрить ее. Только въ серединѣ октября 1868 года онъ могъ располагать достаточно сильнымъ спектроскопомъ, при помощи котораго онъ замѣтилъ три самыя яркія спектральныя линіи протуберанцевъ. Это было 20 октября, т. е. какъ разъ въ то время, когда въ Европу дошли первыя извѣстія о спектральныхъ наблюденіяхъ Жансена во время солнечнаго затмѣнія 18 августа.

Впрочемъ, вскорѣ послѣ этого Цельнеру, Локьеру и Гуггинсу, почти одновре-

менно, удалось усовершенствовать первоначальный способъ наблюденія протуберанцевъ. Это усовершенствованіе состоитъ въ простомъ приспособленіи для расширенія щели спектроскопа, вслѣдствіе чего является возможность видѣть не только яркія спектральныя линіи протуберанцевъ, но также и монохроматическія, т. е. окрашенныя въ одинъ цвѣтъ, изображенія самихъ выступовъ.

* Единственная причина, почему мы не можемъ видѣть протуберанцевъ во всякое время, заключается въ яркомъ освѣщеніи нашей земной атмосферы. Мы можемъ заслонить свѣтъ, получаемый нами непосредственно отъ солнца; но мы не можемъ сдѣлать того же съ отраженнымъ солнечнымъ свѣтомъ, идущимъ къ намъ отъ тѣхъ частицъ нашей атмосферы, которыя лежатъ на линіи, соединяющей нашъ глазъ съ протуберанцемъ. Яркость этого такъ называемаго разсѣяннаго свѣта (часть I, § 109) настолько велика, что мы не можемъ видѣть протуберанцевъ безъ помощи какого-нибудь приспособленія.

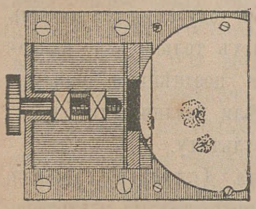


Рис. 100.

Спектръ разсѣяннаго свѣта тотъ же самый, что и солнечный спектръ; иначе говоря, это есть непрерывный спектръ, перссѣченный поперечными темными линіями. Поэтому, если мы, наведя на солнце трубу, къ которой привинченъ спектроскопъ, установимъ ее такъ, чтобы край солнечнаго диска касался щели спектроскопа, какъ это показано на рис. 100, гдѣ щель зачерчена, то въ томъ случаѣ, если въ этомъ мѣстѣ солнечнаго диска находится протуберанцъ, нашимъ глазамъ представятся два спектра, наложенные одинъ на другой, а именно: спектръ разсѣяннаго свѣта и спектръ протуберанца. Спектръ протуберанца состоитъ, какъ мы видѣли (§ 25), изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій; но если мы немного расширимъ щель спектроскопа, то эти линіи замѣнятся монохроматическими изображеніями той части протуберанца, которая помѣщается между краями щели. Если мы воспользуемся для такихъ наблюденій спектроскопомъ большой свѣторазсѣивающей силы, то это не окажетъ никакого вліянія на яркость упомянутыхъ изображеній: увеличеніе свѣторазсѣивающей силы только увеличиваетъ разстояніе между этими изображеніями, не ослабляя ихъ яркости. Въ то же самое время спектръ разсѣяннаго свѣта растягивается и, вслѣдствіе этого, дѣлается весьма слабымъ; кромѣ того, въ этомъ спектрѣ находятся темныя линіи или, въ случаѣ если щель расширена, темныя пространства въ точности на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ получаются свѣтлыя изображенія протуберанцевъ.

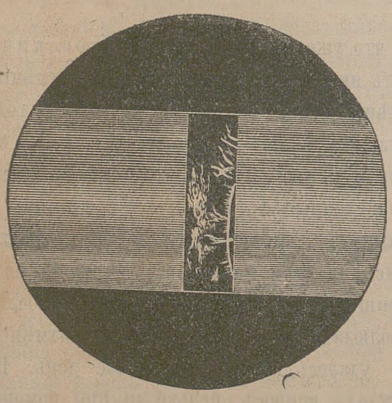


Рис. 101.

Спектроскопъ достаточной свѣторазсѣивающей силы, будучи привинченъ къ 4-дюймовой трубѣ, даетъ уже весьма удовлетворительныя изображенія протуберанцевъ. Изображеніе краснаго цвѣта соотвѣтствуетъ наиболѣе яркой спектральной линіи C (§ 5) и потому наиболѣе удобно для такихъ наблюденій, хотя можно пользоваться также синимъ изображеніемъ, получающимся взамѣнъ линіи F. Если инструментъ установленъ соотвѣтственнымъ образомъ, щель спектроскопа немного расширена, и край солнечнаго диска прикасается къ щели, какъ это описано выше, то мы, глядя въ окуляръ спектроскопа, увидимъ картину, изображенную на рис. 101. *

Со времени изобрѣтенія только что изложеннаго способа протуберанцы неоднократно наблюдались при помощи спектроскопа и благодаря этому былъ еще разъ подтвержденъ уже и ранѣе извѣстный фактъ, что протуберанцы представляютъ мѣстныя вздутія тонкой



Солнечные протуберанцы.

Лит. И. Калинина С.П.Б.

оболочки солнца, ширина которой едва достигаетъ 10″ или 15″. Эта оболочка, внѣшній край которой, независимо отъ протуберанцевъ, почти всегда выглядитъ зазубреннымъ, въ настоящее время обыкновенно называется хромосферой (§ 24), между тѣмъ какъ находящійся подъ нею весьма яркій поверхностный слой солнечнаго ядра сохранилъ свое старое названіе фотосферы (§ 10). * Цвѣтъ хромосферы такой же, какъ и цвѣтъ протуберанцевъ, т. е. красный. Для глаза хромосфера бываетъ замѣтна только во время полныхъ солнечныхъ затмѣній, когда она имѣетъ видъ кольца, охватывающаго темный дискъ луны. Первыя указанія на существованіе хромосферы относятся къ началу XVIII столѣтія. Такъ, Галлей при описаніи затмѣнія 1715 года говоритъ, что за нѣсколько моментовъ до конца затмѣнія былъ виденъ ободокъ зловѣщаго краснаго цвѣта. *

Выше (§ 25) мы видѣли, что наружный видъ протуберанцевъ бываетъ весьма разнообразный; но все же въ простѣйшихъ образованіяхъ этого рода часто повторяются нѣкоторыя типичныя формы. Поэтому Секки раздѣляетъ протуберанцы на слѣдующіе четыре класса.

1. Кучеобразные протуберанцы. Подъ этимъ названіемъ Секки разумѣетъ собственно значительныя вздутія хромосферы, внѣшнія очертанія которыхъ никогда не бываютъ прямолинейными, а обыкновенно имѣютъ неправильную форму. Такіе протуберанцы рѣдко возвышаются надъ хромосферой болѣе, чѣмъ на 40″ или 50″. Наибольшее число кучеобразныхъ протуберанцевъ наблюдается въ тѣхъ зонахъ, въ которыхъ образуются также солнечныя пятна (§ 15). Въ этихъ же зонахъ такіе протуберанцы обыкновенно бываютъ наиболѣе развитыми.

2. Облакообразные протуберанцы. Эти протуберанцы встрѣчаются на поверхности солнца всего чаще; обыкновенно они бываютъ похожи на наши облака и состоятъ изъ отдѣльныхъ нѣжныхъ массъ, отчасти какъ бы плавающихъ въ хромосферѣ, отчасти свободно висящихъ надъ нею. Нерѣдко эти массы постепенно теряются на фонѣ неба. Иногда изъ хромосферы выступаетъ нѣсколько довольно плотныхъ огненныхъ колоннъ, которыя только уже на болѣе значительной высотѣ надъ хромосферой распадаются на облакообразныя массы, принимающія иной разъ весьма причудливыя формы. Нѣкоторыя изъ протуберанцевъ этого типа напоминаютъ своимъ видомъ деревья. Въ верхнихъ своихъ частяхъ протуберанцы обыкновенно бываютъ наклонены всѣ въ одну и ту же сторону, именно къ полюсамъ, такъ что невольно получается впечатлѣніе, что масса вещества, входящаго въ составъ протуберанцевъ, увлекается существующими на солнцѣ теченіями.

Высота этихъ протуберанцевъ бываетъ весьма значительна и нерѣдко достигаетъ 2 или 3′. Однако съ возвышеніемъ надъ хромосферой быстро уменьшается ихъ яркость. Иногда впрочемъ такіе протуберанцы представляютъ лишь остатки другихъ болѣе энергичныхъ изверженій.

На рис. 97 изображены именно протуберанцы двухъ разсмотрѣнныхъ нами типовъ.

3. Лучеобразные или эруптивные протуберанцы. О протуберанцахъ этого типа читатель можетъ составить себѣ понятіе на основаніи прилагаемой при семъ цвѣтной таблицы. Эти протуберанцы по большей части существуютъ въ теченіе весьма непродолжительнаго времени; они обыкновенно съ огромной быстротой устремляются вверхъ и, вообще, отличаются большимъ непостоянствомъ формы. Если верхнія части этихъ образованій, какъ это иногда случается, обращаются въ облака, и эти послѣднія, въ свою очередь, разсыпаются на части, которыя устремляются внизъ, то мы можемъ любоваться весьма красивой картиной огненнаго дождя, падающаго на поверхность солнца.

4. Пучкообразные протуберанцы. Протуберанцы этого типа имѣютъ весьма большое сходство съ лучеобразными протуберанцами; отличаются же они отъ этихъ послѣднихъ меньшею яркостью, большимъ постоянствомъ формы и еще тѣмъ, что въ верхнихъ своихъ частяхъ они обыкновенно расширяются и обращаются въ облака.

Впрочемъ иногда бываетъ весьма трудно рѣшить, къ какому собственно классу относится данный протуберанцъ, такъ какъ эти образованія, вообще, сильно мѣняютъ свою форму и нерѣдко въ теченіе весьма короткаго промежутка времени принимаютъ совершенно другой видъ. Особенно замѣчательный примѣръ такого быстраго измѣненія формы пришлось наблюдать Юнгу въ Дартмутѣ 7 сентября 1871 года, когда цѣлая группа протуберанцевъ въ теченіе 25 минутъ, въ буквальномъ смыслѣ слова, разсыпалась, какъ это ясно можно видѣть изъ сравненія рисунковъ 102 и 103, изъ которыхъ первый представляетъ видъ упомянутой группы протуберанцевъ въ $12^h 30^m$, а второй въ $12^h 55^m$. Начальная высота этого образованія составляла около 2′ или, иначе говоря, около 87000 километровъ; отдѣльныя же массы этого извержения достигали въ $12^h 55^m$ высоты, равной 4′ или 173000 километровъ; еще черезъ 10 минутъ, т. е. въ $1^h 5^m$, такія массы наблюдались даже на высотѣ 7′49″, что составляетъ приблизительно 338000 километровъ. Но этимъ еще не кончилось развитіе описываемаго нами явленія, такъ какъ около этого времени небольшой, но довольно яркій протуберанцъ, который на рисункахъ 102 и 103 обозначенъ буквой *p* и въ которомъ раньше не было замѣчено никакихъ особенныхъ измѣненій, постепенно сталъ выростать и въ концѣ концовъ обратился въ довольно большой огненный языкъ, постоянно мѣнявшій свою форму. Рисунки 104 и 105 представляютъ видъ этого протуберанца соотвѣтственно въ $1^h 40^m$ и въ $1^m 55^m$, т. е. около времени его наибольшаго развитія, когда онъ достигъ высоты, равной 2′. Послѣ этого яркость его стала быстро уменьшаться, такъ что около $2^h 30^m$ онъ уже совершенно исчезъ.

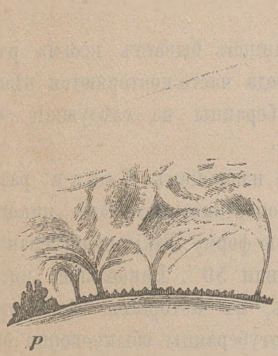


Рис. 102

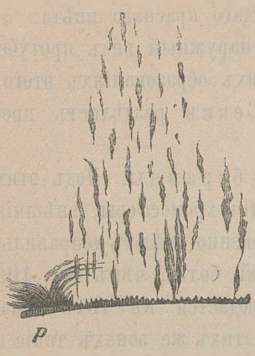


Рис. 103.

Такія быстрыя измѣненія въ протуберанцахъ за послѣдніе годы наблюдались неоднократно, особенно въ лучеобразныхъ или эруптивныхъ протуберанцахъ, которые иногда достигаютъ поистинѣ изумительныхъ размѣровъ. Подобный примѣръ представлялъ яркій протуберанцъ, наблюдавшійся Толлономъ 30 августа 1880 года. Онъ появился около 11 часовъ утра на восточномъ краѣ солнца, быстро выросъ до огромныхъ размѣровъ, такъ что въ $12^h 45^m$ его возвышеніе надъ хромосферой составляло 8′,4 или 364000 километровъ; послѣ этого онъ также быстро сталъ блѣднѣть, и уже въ 1^h пополудни его еле можно было замѣтить. Еще большей высоты достигъ протуберанцъ, наблюдавшійся Юнгомъ 7 октября 1880 года. Около $10^h 30^m$ утра этотъ протуберанцъ имѣлъ видъ рога и, возвышаясь надъ хромосферой не болѣе какъ на $1^1/_2$′, не представлялъ ничего замѣчательнаго. Полчаса спустя онъ сдѣлался весьма яркимъ, и его высота увеличилась приблизительно вдвое; затѣмъ въ теченіе слѣдующаго часа развитіе это быстро продолжалось, и онъ достигъ наконецъ небывалой высоты, равной 13′ или 563000 километровъ, что лишь незначительно отличается отъ солнечнаго радіуса, равнаго 16′. Но затѣмъ онъ началъ распадаться отдѣльныя части его стали быстро блѣднѣть, и уже въ $12^h 30^m$ отъ

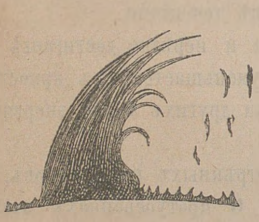


Рис. 104

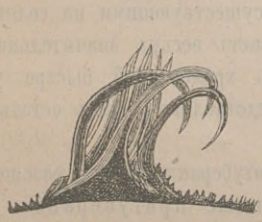


Рис. 105.

всего этого явленія не осталось никакого слѣда. Подобные исполинскіе протуберанцы неоднократно наблюдались въ 1893 года.

Если смотрѣть на эти явленія какъ на дѣйствительныя изверженія вещества изъ хромосферы, то придется допустить невѣроятно большую силу изверженія и огромныя начальныя скорости, достигающія нѣсколькихъ сотъ километровъ въ секунду. Поэтому высказывались иныя предположенія о происхожденіи протуберанцевъ. Такъ, по мнѣнію Корню эти свѣтовыя явленія на поверхности солнца могутъ быть разсматриваемы, какъ особаго рода электрическіе лучи, подобные лучамъ сѣвернаго сіянія. * Однако, постоянно наблюдаемыя въ спектрѣ протуберанцевъ смѣщенія линій во всякомъ случаѣ указываютъ на движеніе вещества въ этихъ образованіяхъ и говорятъ въ пользу перваго объясненія ихъ происхожденія. *

Въ спектрахъ протуберанцевъ и хромосферы почти всегда можно видѣть четыре свѣтлыхъ линіи, изъ которыхъ три—одна въ красномъ цвѣтѣ, другая въ зеленоголубомъ и третья въ фіолетовомъ—суть ни что иное, какъ обращенныя фраунгоферовы линіи C, F и h, принадлежащія водороду, являющемуся такимъ образомъ главною составною частью хромосферы. Но замѣчательно, что четвертая свѣтлая линія въ желтомъ цвѣтѣ не соотвѣтствуетъ ни одной изъ фраунгоферовыхъ линій солнечнаго спектра. * Эта линія впервые была замѣчена во время полнаго солнечнаго затмѣнія, наблюдавшагося въ 1868 году въ Индіи. Большинство наблюдателей приняли ее за линію натрія D. Но въ томъ-же году, когда былъ открытъ способъ наблюдать спектръ протуберанцевъ и хромосферы во всякое время, не ожидая солнечнаго затмѣнія, Локьеру удалось доказать, что эта желтая линія не совпадаетъ ни съ одной изъ двухъ линій натрія, но находится лишь вблизи нихъ и именно нѣсколько дальше отъ краснаго края спектра. Кромѣ того, Локьеръ на основаніи точныхъ сравненій, тогда же пришелъ къ заключенію, что этой линіи нѣтъ въ спектрѣ ни одного изъ химическихъ элементовъ, которые были извѣстны въ то время на землѣ. Поэтому онъ приписалъ ее неизвѣстному элементу, находящемуся въ солнечной атмосферѣ въ состояніи раскаленнаго газа. Онъ назвалъ этотъ элементъ геліемъ, отъ греческаго слова ἥλιος, что значитъ солнце. Желтую же спектральную линію, характерную для этого элемента, онъ обозначилъ буквой D_3. Спектръ хромосферы изображенъ на рисункѣ 2 цвѣтной таблицы, приложенной къ стр. 202—203. Въ этомъ спектрѣ, кромѣ линій водорода и гелія, видны еще нѣкоторыя другія. Долгое время полагали, что гелій встрѣчается только на солнцѣ, однако Копландъ въ 1886 году и Локьеръ въ 1890 и 1892 годахъ обнаружили желтую линію D_3 также въ спектрахъ нѣкоторыхъ другихъ небесныхъ тѣлъ. Отсюда уже слѣдовало заключить, что гелій не принадлежитъ исключительно солнцу, но, вообще, довольно распространенъ въ природѣ. Въ 1895 году Рамзай открылъ новый газъ аргонъ, спектръ котораго изображенъ на рисункѣ 3 только-что упомянутой цвѣтной таблицы. Отыскивая различныя вещества, изъ которыхъ можно было бы добыть новый газъ, Рамзай изслѣдовалъ, между прочимъ, особый минералъ, называемый клевеитомъ. Однако, изучая спектръ газа, выдѣленнаго изъ этого минерала и заключеннаго въ гейслерову трубку, Рамзай убѣдился, что этотъ спектръ состоитъ главнымъ образомъ изъ одной яркой линіи въ желтой его части. Точныя измѣренія показали, что эта линія совпадаетъ съ линіей гелія D_3. Спектръ гелія изображенъ на рисункѣ 4 вышеупомянутой цвѣтной таблицы. Такимъ образомъ гелій наконецъ былъ найденъ и на землѣ. Этотъ газъ нѣсколько тяжелѣе водорода, но гораздо легче всѣхъ другихъ извѣстныхъ элементовъ. *

Въ спектрахъ нижнихъ частей такихъ протуберанцевъ, которые достигаютъ значительныхъ размѣровъ, особенно если эти протуберанцы принадлежатъ къ типу эруптивныхъ, во время ихъ развитія, т. е. въ то время, когда матерія изъ хромосферы устремляется вверхъ, часто наблюдается, кромѣ вышеупомянутыхъ линій водорода и гелія, большое число другихъ свѣтлыхъ линій, характеризующихъ собою металлы. * Таковы линіи кальція,

натрія, магнія, желѣза и т. д. Вслѣдствіе этого подобнаго рода протуберанцы называются металлическими, въ отличіе отъ водородныхъ, спектръ которыхъ состоитъ изъ немногихъ яркихъ линій водорода, гелія и кальція, и которые по своему внѣшнему виду относятся къ типу облакообразныхъ. * Однако, чѣмъ выше надъ хромосферой находится изслѣдуемая часть металлическаго протуберанца, тѣмъ изъ меньшаго числа свѣтлыхъ линій состоитъ ея спектръ, который въ концѣ концовъ сводится къ четыремъ вышеупомянутымъ линіямъ C, F, h и D_3.

Эти наблюденія въ связи съ упомянутымъ выше смѣщеніемъ линій въ спектрѣ протуберанцевъ, а также въ связи съ ихъ наружнымъ видомъ указываютъ на то, что эти образованія обязаны своимъ происхожденіемъ стремительнымъ изверженіямъ газовъ, которыя имѣютъ мѣсто подъ хромосферой. Вслѣдствіе такихъ изверженій раскаленный водородъ, изъ котораго, какъ показываютъ вышеописанныя спектральныя наблюденія, главнымъ образомъ состоитъ хромосфера, съ ужасною силою устремляется въ солнечную атмосферу, и такимъ образомъ образуются протуберанцы. При болѣе энергичныхъ изверженіяхъ вырываются наружу сквозь хромосферу и достигаютъ извѣстной высоты раскаленныя газовыя массы изъ внутреннихъ частей солнечнаго ядра. Эти-то газы и даютъ въ спектрахъ нижнихъ частей протуберанцевъ рядъ свѣтлыхъ линій, о которыхъ мы говорили выше. Чѣмъ больше плотность этихъ газовъ, тѣмъ раньше опускаются они снова внизъ. Поэтому понятно, что спектры болѣе высокихъ частей протуберанцевъ характеризуются меньшимъ числомъ линій. Наибольшей же высоты въ протуберанцахъ достигаютъ, какъ и слѣдовало ожидать, наиболѣе легкіе газы, именно водородъ и гелій.

Далѣе, заслуживаетъ упоминанія еще то обстоятельство, что иногда въ спектрѣ хромосферы наблюдалось одновременное обращеніе большого числа фраунгоферовыхъ линій, иначе говоря, темныя фраунгоферовы линіи внезапно дѣлались свѣтлыми. Такого рода наблюденія лучше всего удаются на высокихъ горахъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ спектръ разсѣяннаго свѣта, по весьма понятной причинѣ, оказываетъ менѣе вредное вліяніе на наблюденія. Такое обращеніе линій объясняется постоянными смѣнами бурныхъ изверженій въ хромосферѣ.

* Отъ только что описаннаго явленія необходимо отличать другое, состоящее въ слѣдующемъ. При изученіи солнечнаго спектра во время полнаго солнечнаго затмѣнія, въ нѣкоторый моментъ передъ полной фазой или сейчасъ послѣ нея можно замѣтить на мгновеніе превращеніе всѣхъ темныхъ фраунгоферовыхъ линій въ свѣтлыя. Такой фактъ указываетъ на то, что надъ фотосферой солнца лежитъ такъ называемый обращающій слой и уже только надъ этимъ послѣднимъ находится хромосфера. Обращающій слой представляетъ собою весьма тонкую оболочку, ширина которой составляетъ, вѣроятно, около $1''$ или $2''$. Поэтому-то обращеніе фраунгоферовыхъ линій можно наблюдать только въ теченіе весьма короткаго промежутка времени, когда луна, передъ началомъ полной фазы, покрывъ блестящій слой фотосферы, оставляетъ еще непокрытымъ обращающій слой или, при окончаніи полнаго затмѣнія, сойдя съ обращающаго слоя, еще скрываетъ отъ нашихъ глазъ фотосферу. Юнгу, а въ недавнее время Толлону и другимъ, дѣйствительно, удавалось уловить моментъ, когда темныя фраунгоферовы линіи вдругъ замѣнялись свѣтлыми, но, пораженные этимъ красивымъ явленіемъ, они едва могли сосредоточить свое вниманіе на какой-нибудь одной части спектра. Впервые спектръ обращающаго слоя былъ сфотографированъ при помощи такъ называемой призматической камеры (часть IV) во время полнаго солнечнаго затмѣнія 8 августа 1896 года Шеклетономъ на Новой землѣ и Лебединскимъ въ деревнѣ Чекурской на берегу рѣки Лены.

Только что упомянутая призматическая камера, предложенная Локьеромъ, уже неоднократно употреблялась при наблюденіяхъ полныхъ солнечныхъ затмѣній. Въ общихъ чертахъ она состоитъ изъ трубы, въ которой передъ объективомъ помѣщается большая

призма, а окуляръ замѣненъ кассетой съ фотографической пластинкой. Въ данномъ случаѣ роль щели спектроскопа играетъ тонкій серпъ свѣта, образующійся около луннаго края. Этотъ свѣтъ, падая на призму, разлагается ею на простые составные лучи. Каждый изъ этихъ лучей, пройдя черезъ объективъ, дастъ на фотографической пластинкѣ монохроматическое изображеніе упомянутаго серпа. Слѣдовательно, корона и хромосфера, выступающія изъ-за луннаго края въ моментъ полной фазы затмѣнія, должны повториться на фотографической пластинкѣ въ видѣ колецъ или серповъ въ различныхъ частяхъ спектра; протуберанцы же представляются въ томъ же самомъ видѣ, какой они имѣютъ въ дѣйствительности. Наиболѣе интенсивныя изображенія протуберанцевъ соотвѣтствуютъ линіямъ *H* и *K*. Рис. 106 изображаетъ снимокъ группы протуберанцевъ, полученный Шеклетономъ при помощи призматической камеры въ линіи *K* во время полнаго солнечнаго затмѣнія 16 апрѣля 1893 года. Если при помощи призматической камеры сдѣлать снимокъ до наступленія полной фазы, то получится спектръ, похожій на обыкновенный солнечный спектръ, съ тою лишь разницею, что въ немъ темныя фраунгоферовы линіи замѣнены темными серпами. Если же снимокъ будетъ сдѣланъ въ тотъ моментъ, когда лунный дискъ, закрывъ фотосферу, еще не надвинулся на обращающій слой, то на фотографическомъ снимкѣ долженъ получиться рядъ яркихъ серповъ или колецъ на мѣстѣ прежнихъ темныхъ. Шеклетонъ въ 1896 году получилъ на своемъ снимкѣ нѣсколько сотъ такихъ яркихъ серповъ. Изъ нихъ около 250 лежатъ въ фіолетовой части спектра между линіями *F* и *H*. Большая часть ихъ суть ни что иное, какъ обращенныя фраунгоферовы линіи. Около 25 изъ этихъ серповъ отличались болѣе значительными размѣрами и представляли изображенія хромосферы и выступовъ. Впрочемъ, въ спектрѣ обращающаго слоя недоставало яркихъ серповъ, соотвѣтствующихъ нѣсколькимъ, правда, весьма немногочисленнымъ, но довольно замѣтнымъ фраунгоферовымъ линіямъ. Вѣроятно, это нужно объяснить тѣмъ, что данныя линіи происходятъ не надъ поверхностью фотосферы, а въ ея глубинахъ. *

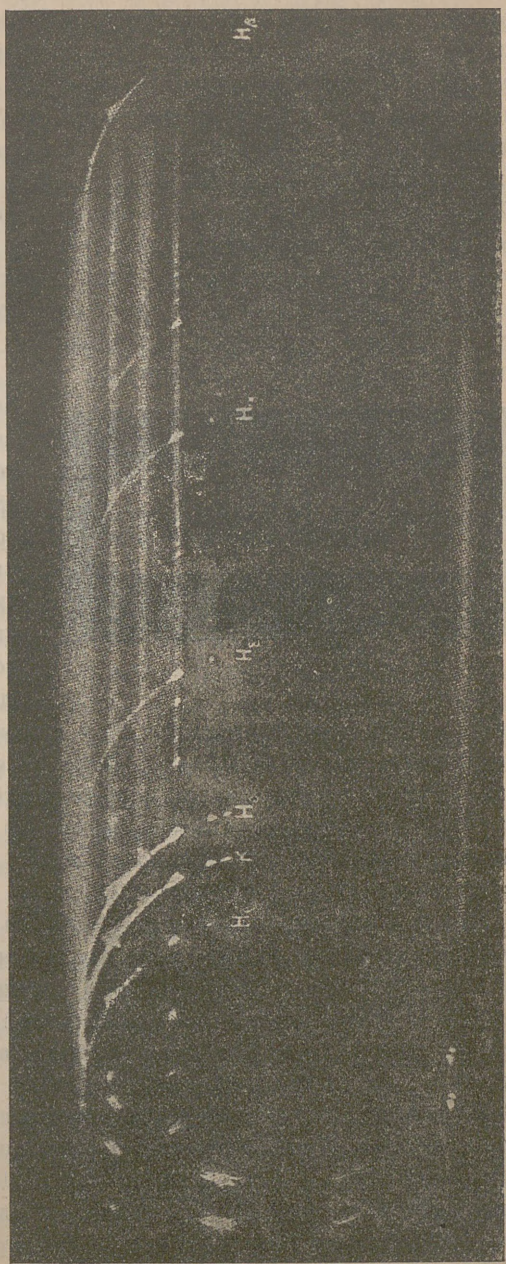


Рис. 106.

Появленіе протуберанцевъ не связано ни съ какой опредѣленной областью солнечной

поверхности; но во всякомъ случаѣ наибольшее число протуберанцевъ наблюдается въ тѣхъ зонахъ, въ которыхъ происходитъ образованіе пятенъ, и, кромѣ того, въ этихъ зонахъ протуберанцы обыкновенно достигаютъ наиболѣе значительныхъ размѣровъ. Протуберанцы же, появляющіеся въ высшихъ широтахъ, вблизи полюсовъ, отличаются совершенно особеннымъ характеромъ: они принадлежатъ обыкновенно къ типу облакообразныхъ и обладаютъ небольшими размѣрами, между тѣмъ какъ металлическіе или эруптивные протуберанцы встрѣчаются почти исключительно въ тѣхъ зонахъ, гдѣ проявляется пятнообразовательная дѣятельность солнца. Тѣсная связь эруптивныхъ протуберанцевъ съ солнечными пятнами явствуетъ также и изъ того, что число первыхъ увеличивается и уменьшается вмѣстѣ съ увеличеніемъ и уменьшеніемъ числа послѣднихъ. Кромѣ того, на основаніи изслѣдованій Респиги и Секки, оказывается, что съ приближеніемъ эпохи наименьшаго развитія пятнообразовательной дѣятельности солнца область образованія эруптивныхъ протуберанцевъ, подобно области образованія пятенъ, приближается къ солнечному экватору. Нѣкоторые наблюдатели полагаютъ, что связь протуберанцевъ съ пятнами простирается еще дальше. Именно, Шинеръ, Секки и др. думаютъ, что появленіе первыхъ всегда предшествуетъ образованію послѣднихъ; а Таккини даже пришелъ къ убѣжденію, что основываясь на обстоятельствахъ, сопровождающихъ появленіе протуберанцевъ, можно предсказать образованіе группы пятенъ.

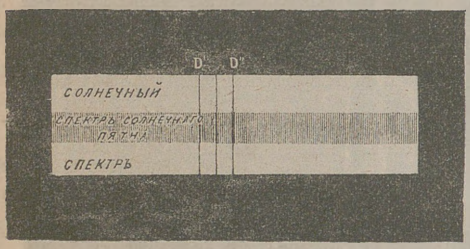


Рис. 107.

Наконецъ, неоднократно удавалось наблюдать протуберанцы посреди большихъ солнечныхъ пятенъ. Такой случай имѣлъ мѣсто, напр., въ большомъ солнечномъ пятнѣ, которое наблюдалось астрономомъ Таккини 18 ноября 1882 года и о которомъ мы уже упоминали выше (§ 21). Ядро этого пятна было раздѣлено на двѣ части мостикомъ, состоящимъ изъ яркой матеріи. Когда же Таккини расширилъ щель спектроскопа, то этотъ мостикъ представился его глазамъ въ видѣ красивой группы протуберанцевъ. Подобное же явленіе наблюдалъ Юнгъ 28 сентября 1870 года. Далѣе, Готье, Шинеръ, Секки и др. замѣтили, что нерѣдко протуберанцы наблюдаются на двухъ концахъ одного и того же діаметра солнечнаго диска. Это обстоятельство заслуживаетъ особеннаго вниманія, потому что и для солнечныхъ пятенъ Де-ля-Рю, Стюартомъ и Леви было доказано подобное же расположеніе (§ 16).

Спектръ солнечныхъ пятенъ отличается отъ спектра окружающихъ частей солнечной поверхности главнымъ образомъ тѣмъ, что въ первомъ нѣкоторыя изъ фраунгоферовыхъ линій дѣлаются шире и рѣзче (рис. 107), и кромѣ того въ немъ появляются также новыя темныя линіи, которыхъ во второмъ спектрѣ вовсе нѣтъ. Эти явленія указываютъ, по всей вѣроятности, на то, что газы, находящіеся непосредственно надъ солнечными пятнами, обладаютъ болѣе значительною плотностью, чѣмъ газы, вообще входящіе въ составъ солнечной оболочки, или что температура первыхъ ниже температуры послѣднихъ; а, можетъ быть, и оба эти обстоятельства имѣютъ мѣсто одновременно. Далѣе, въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ иногда наблюдалось обращеніе отдѣльныхъ фраунгоферовыхъ линій и особенно водородныхъ линій *C* и *F*. * Наконецъ, по временамъ, въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ замѣчается искаженіе и смѣщеніе линій; это указываетъ на сильныя движенія въ газахъ, находящихся надъ пятнами. *

§ 27. **Физическое строеніе солнца.** Мнѣнія астрономовъ о физическомъ строеніи солнца весьма разнообразны, и это зависитъ главнымъ образомъ отъ того, что еще до сихъ поръ не могли прійти къ какому-нибудь одному заключенію относительно природы солнечныхъ пятенъ. Вскорѣ послѣ открытія пятенъ, нѣкоторые ученые считали ихъ планетами,

которыя обращаются около солнца, подобно Меркурію и Венерѣ, но только на болѣе близкихъ разстояніяхъ отъ центральнаго тѣла. Этимъ мнимымъ планетамъ были даже даны особыя имена. Такъ, астрономъ Тарде назвалъ ихъ «Lunas Borbonicas», а Малапертій— «Sidera austriaca», что значитъ австрійскія звѣзды; поводомъ къ этому послѣднему названію послужило то обстоятельство, что солнечныя пятна были открыты австрійскимъ іезуитомъ Шейнеромъ (§ 20). Другіе астрономы были, наоборотъ, того мнѣнія, что солнце состоитъ изъ темнаго ядра, покрытаго огненной оболочкой или, такъ сказать, огненнымъ океаномъ, и что въ этомъ океанѣ происходятъ приливы и отливы, благодаря которымъ обнажается его дно или, вѣрнѣе, вершины горъ, поднимающихся съ этого дна.

Обѣ эти гипотезы въ настоящее время не выдерживаютъ никакой научной критики; но уже гораздо большаго вниманія заслуживаетъ теорія Вильсона-Гершеля, на основаніи которой внѣшняя оболочка солнца, раскаленная и ослѣпительно яркая, удерживается на значительной высотѣ надъ солнечнымъ ядромъ благодаря находящейся подъ нею крайне упругой и прозрачной жидкости. Подъ этой жидкостью лежитъ, въ свою очередь, другая оболочка, мало прозрачная и облакообразная, и только уже подъ этой послѣдней находится темное твердое ядро солнца. Если вслѣдствіе какихъ-нибудь переворотовъ на солнцѣ разрывается внѣшняя огненная оболочка, которая есть ни что иное, какъ фотосфера, то по краямъ образовавшихся черезъ это отверстій нагромождается въ видѣ вала раскаленная огненная матерія, свѣтъ которой, безпрепятственно проникая черезъ прозрачную жидкость, лежащую подъ первой оболочкой, освѣщаетъ поверхность внутренней темной облакообразной оболочки; освѣщенная часть этой послѣдней и представляется намъ въ видѣ солнечныхъ пятенъ пепельнаго цвѣта, между тѣмъ какъ огненная матерія, накопившаяся вблизи краевъ пятна, даетъ начало факеламъ. Если же перевороты, происходящіе на поверхности солнца, достигаютъ такихъ огромныхъ размѣровъ, что передаются также и второй оболочкѣ, которая вслѣдствіе этого тоже разрывается, то въ такомъ случаѣ обнажается также и поверхность темнаго солнечнаго ядра, и обнаженная часть этого послѣдняго, получающая весьма незначительное количество свѣта отъ внѣшней оболочки или фотосферы, представляется намъ въ видѣ чернаго ядра солнечнаго пятна, между тѣмъ какъ лежащія кругомъ его части внутренней оболочки образуютъ полутѣнь пятна.

Эта теорія, которая въ главныхъ своихъ чертахъ была высказана, такъ сказать пророчески, еще въ XV-омъ столѣтіи Николаемъ Кузанскимъ, была почти единогласно принята всѣми современниками В. Гершеля, а также и позднѣйшими астрономами; однако она противорѣчитъ основнымъ принципамъ современной физики, и потому мало-по-малу она была совершенно оставлена. Но взамѣнъ ея еще никакая другая гипотеза до сихъ поръ не получила всеобщаго распространенія; это объясняется главнымъ образомъ тѣмъ, что ученые все еще не могутъ прійти къ какому нибудь одному заключенію въ вопросѣ о положеніи солнечныхъ пятенъ относительно фотосферы. Большая часть какъ астрономовъ-практиковъ, такъ и астрономовъ-теоретиковъ, занимавшихся этимъ вопросомъ (Швабе, Секки, Цельнеръ, Фай, Юнгъ и другіе), считаютъ солнечныя пятна за углубленія въ фотосферѣ; однако нѣтъ недостатка также и въ такихъ астрономахъ, которые полагаютъ, что солнечныя пятна находятся на одномъ уровнѣ съ фотосферой (Петерсъ и др.); наконецъ нѣкоторые ученые (Кирхгофъ, Шиереръ и др.) думаютъ, что пятна образуются выше фотосферы, именно въ такъ называемой солнечной атмосферѣ. Сообразно съ этимъ расходятся взгляды ученыхъ также и относительно физическаго строенія солнца. Кирхгофъ и вмѣстѣ съ нимъ Шиереръ разсматривали солнце какъ огненножидкій шаръ, окруженный, подобно нашей землѣ, атмосферой. Въ этой послѣдней происходятъ такія-же явленія, какъ и въ нашей атмосферѣ: именно, вслѣдствіе мѣстнаго пониженія температуры въ ней образуются облака, которыя, впрочемъ, по своему химическому составу весьма отличны отъ нашихъ. Цельнеръ также считаетъ солнце огненножидкимъ шаромъ; но пятна, несмотря на значительныя

измѣненія ихъ формы, представляютъ, по его мнѣнію, болѣе постоянныя образованія, чѣмъ это было бы допустимо сообразно съ аггрегатнымъ состояніемъ облаковъ. Поэтому пятна онъ представляетъ себѣ какъ твердые шлакообразные продукты охлажденія огненножидкаго ядра, которые вслѣдствіе большей плотности въ сравненіи съ веществомъ самого ядра опускаются все глубже и глубже и благодаря этому мало-по-малу снова расплавляются. Другіе изслѣдователи (Секки, Фай и т. д.) приписываютъ всему солнечному ядру или по крайней мѣрѣ верхнимъ его слоямъ, которые мы можемъ видѣть, газообразное состояніе. Относительно же происхожденія пятенъ мнѣнія опять раздѣляются: одни полагаютъ, что пятна образуются вслѣдствіе сравнительно холодныхъ теченій, которыя съ ужасной силой устремляются изъ солнечной атмосферы внизъ; другіе же объясняютъ происхожденіе пятенъ, наоборотъ, изверженіями вещества изъ внутреннихъ частей солнечнаго ядра. Впрочемъ изложеніе отдѣльныхъ теорій относительно физическаго строенія солнца представляется довольно затруднительнымъ, такъ какъ нерѣдки случаи, когда ученые, предложившіе ту или другую теорію, впослѣдствіи болѣе или менѣе значительно видоизмѣняли ее. Съ другой стороны въ настоящее время едва ли найдется вообще два такихъ изслѣдователя, теоріи которыхъ согласовались бы между собою во всѣхъ своихъ главныхъ пунктахъ.

* Несмотря на это мы считаемъ нелишнимъ дать нашимъ читателямъ краткое изложеніе одной теоріи, которая въ настоящее время считается наиболѣе удовлетворительною. Эта теорія, развитая итальянскимъ астрономомъ Секки и дополненная американскимъ профессоромъ Юнгомъ, состоитъ въ слѣдующемъ.

Солнечное ядро, по всей вѣроятности, находится въ газообразномъ состояніи; на это указываютъ какъ небольшая средняя плотность солнца (§ 1), такъ и весьма высокая температура его (§ 28). Въ составъ солнечнаго ядра входятъ въ газообразномъ или, вѣрнѣе, въ парообразномъ состояніи различные химическіе элементы. Вслѣдствіе чрезвычайно высокой температуры они находятся въ состояніи диссоціаціи, т. е. не могутъ вступать въ химическія соединенія другъ съ другомъ. Но во всякомъ случаѣ пары и газы, изъ которыхъ состоитъ солнечное ядро, находятся въ аггрегатномъ состояніи, совершенно отличномъ отъ аггрегатнаго состоянія тѣхъ газовъ, съ которыми мы имѣемъ дѣло въ нашихъ лабораторіяхъ. Это зависитъ не только отъ неимовѣрно высокой температуры солнца, но также и отъ огромнаго давленія, которому на немъ подвержены эти газы. Тѣмъ не менѣе эти газы подчиняются извѣстнымъ тремъ физическимъ законамъ, именно: 1) закону Бойля-Маріотта, по которому при постоянной температурѣ объемъ газа обратно пропорціоналенъ давленію, 2) закону Гей-Люссака, на основаніи котораго при постоянномъ давленіи объемъ газа непрерывно увеличивается съ возрастаніемъ температуры, и 3) закону Дальтона, по которому, въ случаѣ смѣси газовъ, эти послѣдніе распредѣляются другъ въ другѣ такъ же, какъ въ пустотѣ. Плотность газовъ въ центральныхъ частяхъ солнечнаго ядра больше, чѣмъ на его поверхности; она даже больше плотности воды, и потому эти газы, по всей вѣроятности, похожи на вязкое тѣло въ родѣ нашей смолы.

На поверхности солнца, вслѣдствіе лучеиспусканія, температура понижается, и пары начинаютъ сгущаться въ туманы, въ капельножидкія облака, отличающіяся ослѣпительнымъ блескомъ. Такимъ образомъ объясняется происхожденіе фотосферы (§ 10). Вслѣдствіе различныхъ весьма бурныхъ процессовъ, происходящихъ на солнцѣ, эти облака фотосферы разрываются на части, отчего фотосфера и представляется намъ состоящей изъ отдѣльныхъ чешуекъ или гранулъ (§ 10).

Облака фотосферы плаваютъ въ атмосферѣ, содержащей значительное количество еще не сгустившихся тѣхъ же самыхъ паровъ, изъ которыхъ они сами образовались, совершенно подобно тому, какъ въ нашей земной атмосферѣ въ воздухѣ, окружающемъ облака, носятся водяные пары. Эта-то солнечная оболочка, содержащая различные пары и, по всей вѣроятности, весьма тонкая, и есть такъ называемый обращающій слой (§ 26). Этотъ

слой, поглощая лучи, испускаемые раскаленнымъ веществомъ солнечнаго ядра, даетъ начало темнымъ фраунгоферовымъ линіямъ въ солнечномъ спектрѣ. Впрочемъ большая часть фраунгоферовыхъ линій обязана своимъ происхожденіемъ, вѣроятно, поглощенію, которое имѣетъ мѣсто въ промежуткахъ между облаками фотосферы, ниже верхняго уровня этой послѣдней (§ 26).

Хромосфера и протуберанцы состоятъ изъ болѣе постоянныхъ газовъ, главнымъ образомъ изъ водорода и гелія, которые въ областяхъ, ближайшихъ къ фотосферѣ, смѣшиваются съ парами обращающаго слоя, но вообще вырываются на болѣе значительную высоту, чѣмъ эти послѣдніе. Поэтому хромосфера обыкновенно имѣетъ такой видъ, какъ будто бы она образовалась вслѣдствіе изверженій раскаленнаго водорода, вырывающагося, подобно огненнымъ языкамъ, черезъ промежутки между облаками фотосферы. При этомъ результатомъ болѣе энергичныхъ изверженій являются протуберанцы, которые, какъ мы видѣли выше, могутъ содержать также пары нѣкоторыхъ металловъ (§ 26).

Солнечныя пятна представляютъ собою углубленія въ фотосферѣ, вызванныя уменьшеніемъ давленія внутри вслѣдствіе изверженій, имѣющихъ мѣсто по сосѣдству съ пятномъ. Облакообразный слой фотосферы можетъ легко изгибаться. Тамъ, гдѣ происходятъ изверженія газовъ, этотъ слой приподнимается; по сосѣдству же, для равновѣсія, должны образоваться углубленія, въ которыя собираются охлажденные продукты изверженій. Вслѣдствіе этого углубленія темнѣютъ и представляются намъ въ видѣ солнечныхъ пятенъ.

Факелы объясняются по этой теоріи какъ свѣтящіяся массы газовъ кальція, вырвавшіяся изъ внутреннихъ частей солнца и плавающія на поверхности обращающаго слоя. Очевидно, что протуберанцы и факелы должны предшествовать образованію пятенъ. Эти послѣднія, по выраженію Юнга, суть сточныя трубы фотосферы, черезъ которыя, такъ сказать, стекаютъ продукты изверженій.

Распредѣленіе пятенъ въ опредѣленныхъ зонахъ солнечной поверхности, вѣроятно, находится въ связи съ происхожденіемъ самихъ пятенъ: эти послѣднія являются какъ слѣдствіе изверженій, происходящихъ на солнцѣ, а наблюденія показываютъ, что наиболѣе энергичныя изверженія имѣютъ мѣсто въ сравнительно узкихъ зонахъ обоихъ полушарій солнечной поверхности. Что касается перемѣщенія области образованія пятенъ, то мы уже видѣли, что такое перемѣщеніе объясняется теченіями, совершающимися внутри солнца (§ 15). Причина періодическихъ измѣненій числа пятенъ, по всей вѣроятности, также лежитъ въ самомъ солнцѣ. Перевороты на солнцѣ, влекущіе за собою образованіе пятенъ, можетъ-быть, аналогичны съ періодическими изверженіями исландскихъ гейзеровъ. Сначала, втеченіе промежутка покоя происходитъ накопленіе внутреннихъ силъ; затѣмъ слѣдуетъ изверженіе, освобождающее эти силы. Состояніе покоя и изверженія чередуются приблизительно черезъ правильныя промежутки времени только вслѣдствіе медленныхъ измѣненій тѣхъ условій, отъ которыхъ зависятъ эти перевороты. Нѣчто подобное, вѣроятно, происходитъ и на солнцѣ.

Наконецъ корона, представляющая атмосферу солнца, повидимому, состоитъ не изъ однихъ только газовъ, но кромѣ водорода и коронія (§ 25) содержитъ также мельчайшія твердыя частицы метеорной пыли. Вслѣдствіе вращенія короны (§ 25) эти частицы мало-по-малу располагаются въ плоскостяхъ, параллельныхъ плоскости солнечнаго экватора, чѣмъ и обусловливается видимая фигура короны. Видъ короны мѣняется отъ одного затмѣнія до другого вслѣдствіе переворотовъ, происходящихъ на поверхности солнца. *

§ 28. **Яркость солнечнаго свѣта и температура солнца.** Яркость солнечнаго свѣта во много разъ превосходитъ яркость какого бы то ни было источника свѣта на землѣ, въ чемъ мы легко можемъ убѣдиться при помощи весьма простого опыта. Если мы помѣстимъ зажженную свѣчу между глазомъ и солнцемъ, то пламя свѣчи будетъ представляться на несравненно болѣе яркомъ солнечномъ дискѣ только въ видѣ темнаго пятна; слѣдовательно яркость пламени свѣчи, такъ сказать, совершенно исчезаетъ для нашего

глаза въ сравненіи съ яркостью солнечнаго свѣта. Даже если мы замѣнимъ въ этомъ опытѣ пламя свѣчи такъ называемымъ друммондовымъ свѣтомъ или еще болѣе яркимъ электрическимъ свѣтомъ, то и въ этомъ случаѣ земные источники свѣта, проектируясь на солнечномъ дискѣ, представятся намъ лишь въ видѣ гораздо менѣе яркихъ частей этого послѣдняго.

Первыя измѣренія яркости солнечнаго свѣта были произведены Бугеромъ въ 1725 году и Волластономъ въ 1799 году. По опредѣленію этихъ ученыхъ солнце освѣщаетъ единицу поверхности земли въ 60000 разъ ярче, чѣмъ нормальная свѣча, помѣщенная на разстояніи одного метра. На основаніи новѣйшихъ изслѣдованій это число должно быть немного увеличено. Такъ, Крова, между прочимъ, нашелъ, что яркость солнечнаго свѣта въ 85000 разъ превосходитъ яркость нормальной свѣчи, помѣщенной на разстояніи одного метра, но при этомъ онъ совершенно не принялъ во вниманіе поглощенія солнечнаго свѣта нашей атмосферой. Но такъ какъ, съ одной стороны, яркость свѣта измѣняется обратно пропорціонально разстоянію, отдѣляющему отъ насъ источникъ свѣта, такъ что, напр., яркость даннаго источника свѣта на разстояніи 2, 3, 4 . . . . метровъ отъ насъ должна быть въ 4, 9, 16 . . . . разъ меньше яркости того же источника, помѣщеннаго на разстояніи одного метра, и такъ какъ, съ другой стороны, разстояніе отъ солнца до земли круглымъ числомъ составляетъ 149000 милліоновъ метровъ, то, чтобы узнать, какое число свѣчей, будучи помѣщено на такомъ огромномъ разстояніи отъ земли, произведетъ одинаковое съ солнцемъ дѣйствіе, мы должны квадратъ 149000 милліоновъ умножить на 60000 или на 85000, смотря по тому, старое или новое опредѣленія мы желаемъ имѣть въ виду. Такимъ образомъ мы получаемъ 1330 или 1890 квадрилліоновъ, т. е. огромное число, состоящее изъ 28 цифръ и совершенно недоступное нашему пониманію.

Точно также и температура солнца чрезвычайно огромна. Это ясно уже изъ того, что лучистая теплота солнца представляетъ самый главный, если только не единственный источникъ развитія теплоты на нашей землѣ, и также изъ того, что золото и платина, будучи помѣщены въ фокусѣ сильнаго зажигательнаго стекла, расплавляются солнечными лучами въ нѣсколько мгновеній. Но напряженность лучистой теплоты, подобно яркости свѣта, измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія, отдѣляющаго отъ насъ источникъ теплоты. Поэтому легко себѣ представить, какое дѣйствіе должна оказывать солнечная теплота на тѣла, находящіяся на самой поверхности солнца!

Большого интереса заслуживаютъ опыты, произведенные Ланглеемъ въ 1878 году. При такъ называемомъ бессемерованіи стали, черезъ расплавленный чугунъ, помѣщенный въ конверторѣ, т. е. въ грушевидномъ сосудѣ, который можетъ вращаться около горизонтальной оси для вливанія чугуна и выливанія стали, пропускаютъ черезъ мелкія отверстія струи воздуха, имѣющаго значительное давленіе, вслѣдствіе чего температура расплавленнаго чугуна повышается до 2000°. Въ извѣстный моментъ бессемерова процесса къ металлу, находящемуся въ конверторѣ, прибавляютъ расплавленнаго чугуна. Цвѣтъ этого яркаго потока въ сравненіи съ металломъ конвертора представляется темно-коричневымъ; при этомъ получается такой контрастъ, какъ будто бы черный кофе вливаютъ въ бѣлую чашку. Ослѣпительно яркая поверхность расплавленнаго металла, находящагося въ конверторѣ, по интенсивности излучаемой теплоты и по яркости свѣта уже можетъ быть сравниваема съ поверхностью солнца. Когда при окончаніи бессемерова процесса расплавленная сталь выливается изъ конвертора, платина расплавляется не только въ томъ случаѣ, если она введена въ струю вытекающаго металла, но также и въ томъ, если она помѣщена на разстояніи нѣсколькихъ метровъ отъ раскаленной поверхности металла. При помощи особаго прибора Ланглей сравнилъ лучеиспускательныя способности солнца и вытекающаго изъ конвертора металла и нашелъ, что яркость солнечнаго свѣта все еще въ 5300 разъ превосходитъ яркость расплавленной металлической массы. Въ то же самое

время Ланглей посредствомъ термоэлектрической батареи произвелъ измѣренія теплоты и убѣдился, что напряженность теплового излученія солнечной поверхности по крайней мѣрѣ въ 87 или даже въ 100 разъ больше напряженности теплового излученія расплавленнаго металла.

Тѣло низкой температуры испускаетъ огромное число медленныхъ невидимыхъ колебаній. Съ повышеніемъ температуры число болѣе короткихъ волнъ, принадлежащихъ свѣтовымъ и химическимъ лучамъ, увеличивается быстрѣе, чѣмъ число болѣе длинныхъ волнъ, принадлежащихъ тепловымъ лучамъ. Такимъ образомъ по излученію тѣла, вообще говоря, можно судить о его температурѣ.

Однако, какъ велика такъ называемая эффективная температура солнечной поверхности, т. е. температура, которую должна имѣть покрытая сажей поверхность, по величинѣ равная солнечной поверхности, чтобы давать землѣ столько же тепла, какъ и солнце, этого до сихъ поръ еще не удалось установить даже приближенно, такъ какъ въ случаѣ чрезвычайно высокихъ температуръ намъ совершенно неизвѣстно, какая зависимость существуетъ между излученіемъ теплоты какимъ-нибудь тѣломъ и температурой этого послѣдняго. Поэтому мы не должны удивляться, что при различныхъ предположеніяхъ относительно этой зависимости получаются для температуры солнца всевозможныя числа отъ 1500° или 2000° (Пулье, Викеръ, Віоль и др.) до 5 000 000° (Секки' и даже до 9 000 000° (Ватерстонъ). Въ высшей степени важные опыты Ланглея во всякомъ случаѣ показали, что температура солнца должна быть значительно выше температуры плавленія платины. Низшій предѣлъ температуры солнца едва ли можетъ быть ниже 20 000°; скорѣе надо думать, что онъ превосходитъ это число.

§ 29. **Поддержаніе солнечной теплоты.** О количествѣ теплоты, излучаемой солнцемъ, мы имѣемъ болѣе достовѣрныя свѣдѣнія, чѣмъ о температурѣ этого тѣла. Гершель и Пулье на основаніи своихъ классическихъ опытовъ опредѣлили это количество теплоты въ 17 калорій. Это значитъ, что если бы наша земля не была окружена атмосферой, которая поглощаетъ приблизительно половину излучаемой солнцемъ теплоты, то солнечные лучи могли бы на каждомъ квадратномъ метрѣ земной поверхности при условіи, что они падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, повысить температуру 1 килограмма воды на 17° стоградуснаго термометра. Замѣтимъ, что калоріей называется единица теплоты, т. е. такое количество теплоты, которое способно повысить температуру одного килограмма воды на одинъ градусъ Цельзія (§ 4). Число же калорій, получаемыхъ отъ солнца въ теченіе одной минуты каждымъ квадратнымъ метромъ земной поверхности, при условіи, что солнечные лучи падаютъ на землю по перпендикулярному направленію, обыкновенно называется солнечною постоянною. Числовое значеніе этой постоянной, найденное Гершелемъ и Пулье, согласно съ новѣйшими изслѣдованіями должно быть значительно увеличено. Такъ, на основаніи опытовъ Крова и Віоля солнечная постоянная получается равной 24, на основаніи опытовъ Форбеса и Ланглея—28 и т. д. Впрочемъ Ланглей считаетъ, что найденное имъ число все еще слишкомъ мало, и полагаетъ, что оно должно быть увеличено по крайней мѣрѣ до 30. Принимая для солнечной постоянной число 28, мы легко можемъ подсчитать, что земля въ теченіе одной минуты получаетъ отъ солнца 3581 билліонъ калорій, т. е. такое количество теплоты, которое достаточно для того, чтобы повысить температуру 3581 кубическій километръ воды на 1° Цельзія. Количество теплоты, получаемое землей отъ солнца въ теченіе года, достигаетъ 1883 трилліоновъ калорій; подъ дѣйствіемъ такого количества теплоты на поверхности земли ежегодно могла бы оттаивать ледяная кора толщиною въ 46,4 метра.

Однако наша земля получаетъ отъ солнца только весьма незначительную часть всей теплоты, которую оно, вообще, излучаетъ въ междупланетное пространство. Въ самомъ дѣлѣ, при помощи небольшого вычисленія можно убѣдиться, что на томъ разстояніи отъ солнца,

на которомъ находится наша земля, могли бы помѣститься одинъ подлѣ другого, окружая солнце со всѣхъ сторонъ, 2170 милліоновъ шаровъ, равныхъ по величинѣ нашей землѣ, и такъ какъ свѣтъ и теплота распространяются прямолинейно во всѣ стороны, то, очевидно, каждый изъ этихъ шаровъ долженъ былъ бы получать такое же количество теплоты, какъ и наша земля, такъ что въ общемъ солнце въ теченіе одной минуты излучаетъ такое количество теплоты, которое могло бы повысить на одинъ градусъ Цельзія температуру $7^3/_4$ билліоновъ кубическихъ километровъ воды. Какъ огромна эта масса воды, можно судить на основаніи того, что діаметръ шара, состоящаго изъ такого количества воды, долженъ былъ бы составлять 24600 километровъ, и этотъ шаръ болѣе чѣмъ въ семь разъ превосходилъ бы по своему объему нашъ земной шаръ. Эти числа почти недоступны для нашего пониманія; но мы пришли бы къ еще болѣе огромнымъ числамъ, если бы пожелали вычислить количество теплоты, излучаемой солнцемъ въ теченіе цѣлаго года или въ теченіе еще болѣе продолжительныхъ промежутковъ времени.

При такомъ удивительномъ лучеиспусканіи даже наше солнце, несмотря на свои огромные размѣры, должно было бы быстро охладиться, если бы его теплота не поддерживалась постоянно какимъ-нибудь образомъ. Если мы примемъ теплоемкость *) того вещества, изъ котораго состоитъ солнце, равной теплоемкости воды, и если вмѣстѣ съ тѣмъ допустимъ, что потеря теплоты, которую испытываетъ солнце вслѣдствіе лучеиспусканія, распредѣляется равномѣрно на всю его массу, то легко вычислить, что ежегодное охлажденіе солнца составляетъ 2,9° по стоградусному термометру. Слѣдовательно, въ историческія времена, т. е. въ теченіе 5000 лѣтъ, температура солнца должна была бы уменьшиться на 14500° Цельзія.

Въ дѣйствительности же не можетъ быть и рѣчи о равномѣрномъ охлажденіи всей солнечной массы. Если бы лучеиспусканіе солнца происходило на счетъ нѣкотораго опредѣленнаго запаса теплоты, который не пополнялся бы съ теченіемъ времени, то, очевидно, въ короткій срокъ солнце должно было бы покрыться холодной корой, которая мѣшала бы дальнѣйшему лучеиспусканію. Такимъ образомъ дѣятельность солнца, продолжающаяся въ теченіе многихъ тысячелѣтій, позволяетъ съ полною достовѣрностью сдѣлать заключеніе о томъ, что на солнцѣ тѣмъ или другимъ способомъ пополняется запасъ теплоты, расходъ которой достигаетъ такихъ огромныхъ размѣровъ.

Но какимъ же образомъ происходитъ пополненіе запаса солнечной теплоты? Этого мы не можемъ приписать химическимъ процессамъ, такъ какъ небольшое вычисленіе показываетъ, что въ этомъ случаѣ солнце при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ, напр., если бы оно представляло собою огромный кусокъ каменнаго угля, горящаго въ чистомъ кислородѣ, могло бы служить источникомъ жизни всей планетной системы лишь въ теченіе немногихъ тысячелѣтій. Не можемъ мы также прибѣгнуть и къ помощи электрическихъ процессовъ, потому что такое объясненіе оказывается еще менѣе удовлетворительнымъ въ томъ случаѣ, когда дѣло идетъ о грандіозныхъ и продолжающихся въ теченіе огромныхъ періодовъ явленіяхъ. Поэтому намъ остается обратиться къ механическимъ процессамъ, отъ которыхъ на первый взглядъ меньше всего можно ожидать подобнаго дѣйствія, такъ какъ у насъ на землѣ при механическихъ процессахъ обыкновенно развивается гораздо меньшее количество теплоты, чѣмъ при горѣніи. Причина этого заключается въ томъ, что мы съ нашими средствами не можемъ воспроизводить механическіе процессы въ достаточно большихъ размѣрахъ. Найдено, что тѣло, вѣсящее 1 килограммъ, если оно, двигаясь со скоростью 90 метровъ въ секунду, ударяется о какое-нибудь твердое препятствіе и вслѣдствіе этого оста-

*) Теплоемкостью даннаго вещества называется число калорій, необходимое для нагрѣванія одного килограмма даннаго вещества на 1° Цельзія. Теплоемкость воды, очевидно, равняется единицѣ. *Переводчикъ.*

навливается, нагрѣвается на одинъ градусъ Цельзія при условіи, что теплоемкость этого тѣла равна теплоемкости воды. Но такое небольшое количество теплоты развивается только при незначительной скорости движенія. По основнымъ законамъ механики количество развивающейся такимъ образомъ теплоты пропорціонально квадрату скорости движенія, такъ что температура того же самаго тѣла повысилась бы на 10000 Цельзія, если бы оно, двигаясь въ 100 разъ скорѣе, т. е. со скоростью 9000 метровъ въ секунду, внезапно остановилось вслѣдствіе удара. Такимъ образомъ въ этомъ случаѣ развивается гораздо большее количество теплоты, чѣмъ при сгораніи куска каменнаго угля такого же вѣса, какъ движущееся тѣло.

Во всякомъ случаѣ у насъ на землѣ мы не можемъ получить такихъ большихъ скоростей; зато вообще во вселенной часто встрѣчаются гораздо бо́льшія скорости. Такъ называемые метеоры, т. е. небольшія небесныя тѣльца, обращающіяся около солнца подобно нашей землѣ, влетая въ сферу дѣйствія этой послѣдней, начинаютъ падать на нее и вступаютъ въ верхніе слои нашей атмосферы со скоростью отъ 15 до 75 километровъ въ секунду. Такъ какъ благодаря сопротивленію нашей атмосферы это движеніе быстро замедляется, то вслѣдствіе этого развивается такое большое количество теплоты, что метеоры весьма сильно накаливаются и по большей части совершенно сгораютъ: мы въ это время можемъ любоваться извѣстнымъ явленіемъ падающихъ звѣздъ. Но если подъ притягательнымъ дѣйствіемъ земли массы космическаго вещества, пролетающія вблизи отъ нея, съ весьма значительною скоростью падаютъ на нее, то тѣмъ болѣе то же самое должно происходить съ массами, пролетающими въ весьма близкомъ разстояніи отъ солнца, этого самаго могущественнаго тѣла нашей планетной системы! Нетрудно вычислить, что масса космической матеріи, вѣсящая 1 килограммъ, влетая въ сферу притяженія солнца и вслѣдствіе этого падая на него, достигаетъ поверхности этого центральнаго тѣла со скоростью 660 километровъ въ секунду. При ударѣ этой массы о поверхность солнца мгновенно теряется вся ея огромная скорость, и вслѣдствіе этого развивается такое количество теплоты, которое способно повысить температуру массы, упавшей на поверхность солнца, на $52^1/_4$ милліона градусовъ Цельзія, или температуру массы, которая въ 1 000 000 разъ больше упавшей массы, на $52^1/_4{}^0$ Цельзія. При этомъ мы предполагаемъ, что теплоемкость даннаго вещества равна теплоемкости воды, т. е. что извѣстное количество теплоты повышаетъ температуру, напр., одного килограмма даннаго вещества на такое же число градусовъ, какъ и температуру одного килограмма воды. Если же теплоемкость даннаго вещества меньше и равняется теплоемкости желѣза или ртути, т. е. составляетъ соотвѣтственно $^1/_9$ или $^1/_{33}$ теплоемкости воды, то и повышеніе температуры вслѣдствіе столкновенія должно быть соотвѣтственно въ 9 или въ 33 раза больше.

Изъ вышесказаннаго ясно, что, если механическіе процессы въ томъ видѣ, какъ мы можемъ воспроизводить ихъ у насъ на землѣ, вообще и не могутъ сравниваться съ другими процессами, напр., химическими, по количеству развивающейся при этомъ теплоты, то все же эти процессы являются самыми обильными источниками теплоты въ томъ случаѣ, когда они достигаютъ огромныхъ размѣровъ, какъ это бываетъ въ междупланетномъ пространствѣ. Ньютонъ, составившій себѣ вполнѣ ясное представленіе о строеніи вселенной, первый сдѣлалъ предположеніе, что безпрерывное уменьшеніе солнечной массы вслѣдствіе излученія свѣта и теплоты вознаграждается постоянно происходящимъ паденіемъ кометъ на поверхность солнца. Этотъ великій изслѣдователь для объясненія явленій свѣта и теплоты допускалъ, какъ выше (§ 3) было упомянуто, что свѣтящіяся и нагрѣтыя тѣла испускаютъ матеріальныя частицы особаго вещества, и согласно съ этимъ взглядомъ полагалъ, что вслѣдствіе излученія свѣта и теплоты въ тѣлѣ должна происходить постоянная потеря вѣсомой матеріи. Но сообразно съ нашими новѣйшими воззрѣніями на свѣтъ и теплоту нѣтъ необходимости прибѣгать для объясненія поддержанія солнечной теплоты къ предпо-

ложенію объ увеличеніи солнечной массы, происходящему вслѣдствіе паденія кометъ на поверхность солнца, такъ какъ по теоріи волнообразнаго колебанія эѳира излученіе свѣта и теплоты объясняется, какъ мы знаемъ (§ 3), движеніемъ. Согласно съ нашими настоящими представленіями объ этихъ явленіяхъ было бы вполнѣ цѣлесообразно сравнить солнце съ издающимъ звукъ колоколомъ. Если бы колоколъ, будучи приведенъ въ движеніе, не испытывалъ никакого сопротивленія, то онъ могъ бы и долженъ былъ бы совершать разъ сообщенные ему розмахи вѣчно. Въ этомъ случаѣ мы не слышали бы никакого звука, такъ какъ появленіе этого послѣдняго возможно лишь при распространеніи движенія; но по мѣрѣ того, какъ колоколъ сообщаетъ свои колебанія окружающей средѣ, которая оказываетъ сопротивленіе его розмахамъ, его движеніе по необходимости замедляется, и онъ вслѣдствіе этого въ концѣ концовъ приходитъ въ положеніе покоя. Для того, чтобы колоколъ снова началъ издавать звуки, необходимо опять привести его въ движеніе, воспользовавшись для этого какой-нибудь внѣшней силой; эта то сила и является такимъ образомъ причиной того, что звукъ не прекращается.

То, что выше было сказано о колоколѣ, вполнѣ примѣнимо также и къ солнцу, отъ котораго мы получаемъ свѣтъ и теплоту, такъ какъ и свѣтъ и теплота суть ничто иное какъ особаго рода колебанія эѳира (§ 3), и въ этомъ отношеніи оба эти небесные дара имѣютъ сходство со звукомъ, который, какъ мы знаемъ, представляетъ собою колебанія воздуха. Слѣдовательно, наша цѣль заключается не въ томъ, чтобы паденіемъ массы космическаго вещества на поверхность солнца объяснить неизмѣнность массы этого тѣла, такъ какъ оно, излучая свѣтъ и теплоту, не теряетъ ни одной матеріальной частички. Вслѣдствіе лучеиспусканія солнце теряетъ по нашимъ новѣйшимъ понятіямъ нѣкоторое количество энергіи; но мы выше видѣли, что небольшая масса космическаго вещества, ударяясь о поверхность солнца, можетъ служить причиной развитія огромнаго количества тепловой энергіи. Однако однѣ кометы, въ которымъ прибѣгнулъ Ньютонъ, не въ состояніи покрыть всего расхода теплоты. Въ самомъ дѣлѣ мы знаемъ, что масса каждаго изъ этихъ небесныхъ тѣлъ слишкомъ незначительна, чтобы паденіе ихъ на солнце могло на долгое время пополнить запасъ солнечной теплоты. Съ другой стороны мы не должны забывать, что кометы обращаются около солнца какъ около центральнаго тѣла, и потому только весьма немногія изъ нихъ могутъ столкнуться съ солнцемъ.

Но пространство, занимаемое всей нашей солнечной системой, повидимому, наполнено не только планетами и кометами, но также еще огромнымъ числомъ вѣсомыхъ массъ космическаго вещества, которыя вслѣдствіе ихъ чрезвычайно малой величины могутъ быть разсматриваемы какъ космическіе атомы *), и которыя, подчиняясь закону всемірнаго тяготѣнія, движутся вокругъ солнца по эллиптическимъ кривымъ. Какъ эти массы космическаго вещества, такъ и всѣ планеты и кометы нашей солнечной системы по необходимости должны съ вѣками постепенно приближаться къ солнцу. Въ самомъ дѣлѣ, мы никоимъ образомъ не можемъ допустить, что пространство между отдѣльными тѣлами нашей солнечной системы ничѣмъ не заполнено; мы уже выше видѣли, что для распространенія свѣта и теплоты безусловно необходимо присутствіе такъ называемаго эѳира, этого въ высшей степени упругаго вещества, которое такимъ образомъ наполняетъ все междупланетное пространство и вмѣстѣ съ тѣмъ проникаетъ всѣ матеріальныя тѣла. Но если допустить существованіе эѳира, то этотъ послѣдній долженъ оказывать нѣкоторое, хотя и очень незначительное сопротивленіе движенію всѣхъ небесныхъ тѣлъ, такъ что эти тѣла не могутъ постоянно двигаться по замкнутымъ кривымъ, какъ въ абсолютной пустотѣ, но вслѣдствіе сопротивленія эѳира должны съ теченіемъ времени описывать около солнца все болѣе и болѣе короткіе пути и въ концѣ концовъ должны упасть на него. Какъ бы ни былъ великъ

*) Атомами какого-нибудь вещества называются недѣлимыя частицы его.
Переводчикъ.

тотъ промежутокъ времени, по истеченіи котораго всѣ тѣла нашей планетной системы сольются съ солнцемъ, все же всѣ они въ концѣ концовъ найдутъ въ этомъ центральномъ тѣлѣ, служившимъ въ теченіе безконечнаго числа тысячелѣтій источникомъ ихъ жизни, свою общую могилу. При паденіи всякаго тѣла планетной системы на поверхность солнца происходитъ сильный толчокъ и развивается весьма большое количество теплоты, вполнѣ достаточное для поддержанія жизни тѣхъ членовъ этой системы, которые еще не подверглись такой печальной участи.

На основаніи вышеизложенной гипотезы, которая въ главныхъ чертахъ была развита Майеромъ, поддержаніе солнечной теплоты обусловливается паденіемъ на солнце массъ космическаго вещества, носящихся въ междупланетномъ пространствѣ. Но на вопросъ, достаточно ли одной этой причины для пополненія той потери теплоты, которая постоянно происходитъ вслѣдствіе огромнаго лучеиспусканія солнца, мы можемъ отвѣтить утвердительно только въ томъ случаѣ, если допустимъ непрерывное паденіе значительныхъ массъ космической матеріи. Однако, въ такомъ случаѣ масса солнца въ короткое время должна была бы увеличиться настолько, что это не могло бы остаться безъ вліянія на продолжительность временъ обращенія планетъ; но такъ какъ этого вліянія до сихъ поръ не удалось обнаружить, то главный источникъ развитія солнечной теплоты необходимо искать въ чемъ-нибудь другомъ, хотя небольшая часть ея, дѣйствительно, можетъ быть обязана своимъ происхожденіемъ паденію космическихъ массъ на солнце. Гельмгольцъ впервые въ 1853 году указалъ на другой источникъ развитія солнечной теплоты, который при болѣе подробномъ разсмотрѣніи оказывается самымъ обильнымъ. Извѣстно, что при охлажденіи тѣла сжимаются, и поэтому, если раскаленная солнечная поверхность вслѣдствіе лучеиспусканія охлаждается, то она должна сжаться, и наружные слои должны оказать давленіе на внутренніе, слѣдствіемъ чего является развитіе значительнаго количества теплоты, увеличивающагося вмѣстѣ съ увеличеніемъ давленія. По вычисленію Гельмгольца уже при уменьшеніи солнечнаго діаметра на $\frac{1}{10000}$ своей величины, т. е. на 139 километровъ, должно развиться количество теплоты, способное повысить на 2860° Цельзія температуру такой массы воды, объемъ которой равенъ объему солнца. Но согласно съ вышесказаннымъ солнце вслѣдствіе излученія теплоты ежегодно охлаждается на 2,9°; поэтому такого назначительнаго уменьшенія солнечнаго діаметра достаточно, чтобы покрыть расходъ теплоты приблизительно въ теченіе тысячелѣтія, и такимъ образомъ самое охлажденіе солнца является причиной того, что запасъ солнечной теплоты можетъ сохраниться неизмѣннымъ еще на долгое время. Имѣя въ виду, что плотность вещества, изъ котораго состоитъ солнце, по всей вѣроятности, увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру этого тѣла, и допуская, что въ прежнія времена лучеиспусканіе солнца происходило энергичнѣе, чѣмъ теперь, В. Томсонъ вычислилъ, что наше солнце существуетъ не болѣе 20 милліоновъ лѣтъ и что въ будущемъ его дѣятельности хватитъ еще на 5 или 6 милліоновъ лѣтъ.

Наконецъ Айткенъ обратилъ вниманіе на то, что для объясненія неизмѣнности солнечнаго лучеиспусканія въ теченіе весьма значительнаго промежутка времени нѣтъ необходимости считать неизмѣнной также и температуру солнца. Извѣстно, что различныя вещества обладаютъ неодинаковою лучеиспускательною способностью, такъ что, напр., пламя Бунзеновской горѣлки излучаетъ меньше теплоты, чѣмъ обыкновенное газовое пламя, хотя температура перваго выше температуры второго. Точно также химическіе элементы обыкновенно излучаютъ меньше теплоты, чѣмъ ихъ соединенія, и кромѣ того количество теплоты, излучаемой соединеніями, тѣмъ больше, чѣмъ сложнѣе самое соединеніе. Но такъ какъ при пониженіи температуры болѣе простыя соединенія переходятъ въ болѣе сложныя, то нѣтъ необходимости въ томъ, чтобы при значительномъ пониженіи температуры солнца уменьшалось также и напряженіе лучистой энергіи его, если только въ то же самое время мѣняется химическій составъ центральнаго тѣла нашей планетной системы.

Глава II.

Гипотетическія Интрамеркуріальныя планеты.

§ 30. **Теоретическія соображенія.** Приблизительно 30 лѣтъ тому назадъ, повидимому, являлась возможность расширить наши знанія относительно нашей планетной системы и притомъ такимъ удивительнымъ образомъ, что мы считаемъ необходимымъ остановиться нѣсколько подробнѣе на изложеніи этого предмета.

Знаменитый Леверье, открывшій на основаніи теоретическихъ соображеній и вычисленій планету Нептунъ, поставилъ задачей своей жизни подвергнуть пересмотру элементы орбитъ 8 большихъ планетъ нашей солнечной системы и получить для этихъ элементовъ новыя значенія, вполнѣ удовлетворяющія требованіямъ нашего времени. Во второй половинѣ пятидесятыхъ годовъ онъ занимался весьма обстоятельнымъ изслѣдованіемъ движенія планеты Меркурій; для провѣрки полученныхъ имъ элементовъ этой планеты онъ, между прочимъ, сравнилъ, насколько удовлетворительно представляются ими 21 прохожденіе Меркурія черезъ солнечный дискъ, наблюдавшіяся въ XVIII и во второй половинѣ XVII столѣтія, такъ какъ изъ этихъ прохожденій можно было вывести взаимное угловое разстояніе центровъ солнца и планеты съ гораздо бо́льшею точностью, чѣмъ изъ старыхъ меридіанныхъ наблюденій. При этомъ ему сразу бросилось въ глаза, что между наблюденными и вычисленными положеніями Меркурія существуютъ систематическія разности, которыя могли бы быть, напримѣръ, объяснены едва ли допустимымъ предположеніемъ, что такіе астрономы, какъ Лаландъ, Кассини, Бугеръ и другіе, при наблюденіи момента соприкосновенія краевъ солнца и Меркурія ошиблись на цѣлую минуту Но кромѣ того обращалъ на себя вниманіе совершенно необъяснимый правильный ходъ этихъ разностей, который выражался періодическимъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ ихъ. Замѣчательнѣе же всего было то, что, увеличивъ вѣковое движеніе перигелія Меркурія (Часть I, § 91), Леверье удовлетворилъ своими элементами всѣмъ 21 прохожденіямъ съ точностью до полусекунды дуги, и только въ нѣкоторыхъ случаяхъ оставались еще уклоненія, достигающія нѣсколькихъ секундъ. Въ виду такого вліянія этой эмпирической поправки являлась необходимость ввести измѣненія въ теорію движенія Меркурія, и прежде всего надо было изслѣдовать, нельзя ли объяснить такое увеличеніе вѣкового движенія перигелія измѣненіемъ принятыхъ значеній массъ тѣхъ большихъ планетъ, которыя, по спеціальному выраженію, возмущаютъ движеніе Меркурія.

Однако Леверье убѣдился, что такое объясненіе недопустимо. Въ самомъ дѣлѣ, предполагая, напримѣръ, что причиной вышеупомянутыхъ отклоненій является возмущающее дѣйствіе Венеры, мы должны были бы измѣнить массу этой планеты на $^1/_{10}$ первоначально принятой ея величины; но такое измѣненіе массы Венеры повлекло бы за собою совершенно недопустимыя ошибки въ теоріи движенія земли. Къ подобнымъ же заключеніямъ мы пришли бы, если бы пожелали измѣнить соотвѣтственнымъ образомъ массы другихъ планетъ. Поэтому Леверье полагалъ, что слѣдовало допустить существованіе новой, до тѣхъ поръ еще никѣмъ не наблюдавшейся планеты, которая занимаетъ положеніе между Меркуріемъ и солнцемъ, и возмущающее дѣйствіе которой вызываетъ вышеупомянутыя отклоненія. Такъ какъ старымъ наблюденіямъ Меркурія можно было удовлетворить, не мѣняя движенія линіи узловъ этой планеты, то слѣдовало допустить, что орбита новой предполагаемой планеты наклонена подъ весьма незначительнымъ угломъ къ орбитѣ Меркурія. Кромѣ того нетрудно понять, что масса новаго предполагаемаго небеснаго тѣла и его разстояніе до солнца должны быть связаны нѣкоторымъ условіемъ. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ меньше принятое разстояніе отъ предполагаемой планеты до солнца, тѣмъ больше должна быть

масса этого тѣла, чтобы можно было объяснить вышеупомянутыя неравенства въ движеніи Меркурія, и наоборотъ. Если предположить, что среднее разстояніе этого новаго небеснаго тѣла до солнца приблизительно вдвое меньше средняго разстоянія Меркурія до солнца, то его масса должна равняться массѣ Меркурія, что едва ли допустимо. Въ самомъ дѣлѣ, такая большая планета, находясь вблизи солнца, по необходимости должна была бы обладать значительною яркостью, и потому нельзя допустить, чтобы раньше никто ее не видалъ. Имѣя въ виду это возраженіе, Леверье предположилъ, что вмѣсто одной планеты существуетъ большое число маленькихъ тѣлецъ, которыя обращаются около солнца въ пространствѣ, заключающемся внутри орбиты Меркурія, и общее дѣйствіе которыхъ равно дѣйствію гипотетической планеты. Вслѣдствіе своей малости эти планетки, конечно, могли ускользнуть отъ глазъ наблюдателей.

Поэтому Леверье предложилъ такой вопросъ: «Не могутъ ли случайно быть открыты наибольшія изъ этихъ тѣлецъ во время ихъ прохожденія черезъ солнечный дискъ? Можетъ-быть, теоретическія соображенія о существованіи такихъ планетокъ побудятъ тѣхъ астрономовъ, которые занимаются наблюденіемъ солнца, съ всевозможнымъ тщаніемъ слѣдить за движеніемъ самыхъ маленькихъ солнечныхъ пятенъ».

§ 31. **Кажущееся подтвержденіе соображеній, развитыхъ въ предыдущемъ параграфѣ.** Выше мы видѣли, что Леверье на основаніи теоретическихъ соображеній пришелъ къ заключенію, что предѣлы нашей планетной системы должны быть расширены внутрь, по направленію къ солнцу, подобно тому какъ ему незадолго передъ тѣмъ посчастливилось, благодаря открытію Нептуна, расширить ихъ также и въ другую сторону. Такого рода взглядъ онъ высказалъ еще болѣе рѣшительнымъ образомъ въ 1874 году, когда онъ закончилъ свою прекрасную работу относительно орбитъ большихъ планетъ. Но уже вскорѣ послѣ первыхъ его изслѣдованій этого вопроса его предсказаніе, повидимому, оправдалось самымъ блестящимъ образомъ. Дѣйствительно, немного спустя послѣ того какъ Леверье изложилъ въ Парижской Академіи свои взгляды относительно этого предмета, въ Парижѣ распространился слухъ объ открытіи новой нижней планеты. Въ концѣ 1859 года эти слухи сдѣлались настолько опредѣленными, что Леверье счелъ своею обязанностью провѣрить ихъ; но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ принялъ необходимыя мѣры, чтобы оградить себя отъ возможнаго обмана. Узнавъ, что это открытіе сдѣлалъ Лескарбо, Леверье въ послѣднюю субботу въ этомъ году, въ сопровожденіи одного изъ своихъ друзей, отправился въ городокъ Оржеръ, гдѣ Лескарбо занимался врачебной практикой, и совершенно неожиданно для этого послѣдняго явился къ нему въ домъ. Лескарбо былъ подвергнутъ своимъ неизвѣстнымъ гостемъ строгому экзамену, причемъ Леверье шагъ за шагомъ выпытывалъ отъ него всѣ подробности сдѣланнаго имъ открытія и въ концѣ концовъ, повидимому, убѣдился, что сомнѣваться въ дѣйствительности этого открытія нельзя.

Вернувшись изъ Оржера, Леверье въ первомъ же засѣданіи Парижской Академіи объяснилъ, что 26 марта 1859 года послѣ полудня Лескарбо наблюдалъ прохожденіе маленькаго темнаго тѣла передъ солнечнымъ дискомъ, и что, судя по всему, это тѣло слѣдуетъ принять за новую нижнюю планету. Въ томъ же засѣданіи Леверье сообщилъ приближенные элементы новой планеты, которые ему удалось опредѣлить на основаніи наблюденій Лескарбо. Принявъ среднее разстояніе отъ земли до солнца за единицу, Леверье нашелъ, что разстояніе отъ новой планеты до солнца составляетъ 0,1427. Время обращенія этой планеты около солнца по вычисленію Леверье меньше 20 сутокъ, долгота восходящаго узла равняется 13^0 и наклонность плоскости ея орбиты къ плоскости эклиптики заключается въ предѣлахъ отъ 12^0 до 13^0.

Нѣсколько позже Лескарбо передалъ Леверье для обнародованія письменный отчетъ о своемъ наблюденіи. Въ этомъ отчетѣ онъ говоритъ, что, такъ какъ въ 1845 году ему пришлось видѣть прохожденіе Меркурія черезъ дискъ солнца, то въ томъ темномъ

тѣлѣ, которое онъ наблюдалъ въ 1859 году, онъ уже и ранѣе предугадывалъ новую нижнюю планету, но онъ никому не сообщилъ объ этомъ открытіи, надѣясь, что въ уединеніи ему удастся вывести какія-нибудь заключенія относительно разстоянія, отдѣляющаго новое тѣло отъ солнца, или, по крайней мѣрѣ, посчастливится снова пронаблюдать прохожденіе этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Но такъ какъ онъ оказался плохимъ математикомъ и такъ какъ, кромѣ того, его постоянныя занятія отнимали у него много времени, то онъ, прочитавъ извѣстіе о теоретическихъ изысканіяхъ Леверье, наконецъ рѣшился прервать молчаніе и обнародовать свое открытіе.

Лескарбо замѣтилъ это тѣло только тогда, когда оно, вступивъ на солнечный дискъ, уже находилось на довольно значительномъ разстояніи отъ края. Опредѣливъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго мнимая планета прошла на солнечномъ дискѣ длину, равную приблизительно этому разстоянію, Лескарбо оцѣнилъ, что вступленіе планеты на дискъ произошло въ $4^h\ 0^m$ по среднему мѣстному времени. Слѣдя далѣе за прохожденіемъ этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ, онъ неоднократно измѣрялъ ея разстояніе отъ края диска. Наконецъ, въ $5^h\ 47{,}2^m$ по его наблюденіямъ планета сошла съ солнечнаго диска. Діаметръ новой планеты по оцѣнкѣ Лескарбо былъ въ 4 раза меньше діаметра Меркурія во время вышеупомянутаго прохожденія этого послѣдняго черезъ дискъ солнца. Такъ какъ діаметръ Меркурія составлялъ тогда $11{,}6''$, то видимый діаметръ новой планеты получается равнымъ приблизительно $3''$.

Уже вскорѣ послѣ того, какъ мнимое открытіе Лескарбо было обнародовано, многіе начали сомнѣваться въ подлинности сдѣланныхъ имъ наблюденій. Такъ, французскій астрономъ Ліэ, находившійся въ то время въ Бразиліи, не повѣрилъ ни одному слову изъ отчета Лескарбо, такъ какъ онъ наблюдалъ солнце въ точности въ то же самое время, какъ и этотъ послѣдній, и при этомъ ничего особеннаго на солнечномъ дискѣ не замѣтилъ. Но такого рода возраженіямъ, какъ извѣстно, обыкновенно не довѣряютъ и особенно въ случаяхъ, подобныхъ вышеописанному. Поэтому гораздо болѣе важнымъ является другое возраженіе того же самаго астронома. Именно, онъ говоритъ, что предполагаемая планета, которая вслѣдствіе своей близости къ солнцу и вслѣдствіе своей во всякомъ случаѣ достаточно большой величины должна была бы обладать довольно значительною яркостью, уже давно могла бы быть замѣчена астрономами, по крайней мѣрѣ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній, если бы она дѣйствительно существовала. Впрочемъ слѣдуетъ замѣтить, что наблюденіе Лескарбо далеко не является единственнымъ въ своемъ родѣ, но что и раньше довольно часто наблюдались подобныя прохожденія темныхъ тѣлъ передъ солнечнымъ дискомъ. Мы перечислимъ здѣсь только тѣ изъ этихъ наблюденій, которыми впослѣдствіи воспользовался Леверье. При этомъ мы считаемъ нужнымъ прибавить, что имъ были отброшены, какъ не имѣющія никакого значенія, всѣ тѣ изъ старыхъ наблюденій, въ отчетахъ о которыхъ только упоминалось, что на солнечномъ дискѣ было замѣчено рѣзко очерченное пятно, исчезнувшее на слѣдующій день. Точно также на основаніи изложенныхъ ниже соображеній имъ не были приняты во вниманіе такія наблюденія, въ которыхъ только указывалось, что пятно имѣло значительное собственное движеніе. Въ самомъ дѣлѣ, ясно, что нѣкоторый опредѣленный кругъ склоненія (Введ., § 9) составляетъ различные углы съ различными кругами высотъ (Введ., § 8), смѣняющими другъ друга вслѣдствіе суточнаго вращенія земли, иначе говоря, кругъ склоненія какъ бы вращается относительно круга высотъ. Поэтому, если наблюденія производятся съ помощью трубы, не имѣющей параллактической установки (Часть IV), то наблюдателю должно казаться, что солнечное пятно, особенно когда оно находится вблизи края солнечнаго диска, имѣетъ значительное собственное движеніе. На это-то кажущееся движеніе пятенъ очень часто указываютъ любители астрономіи. Ниже слѣдуютъ тѣ наблюденія, которыми, какъ мы уже сказали, воспользовался впослѣдствіи Леверье.

6 іюня 1761 года Шейтенъ въ Крефельдѣ наблюдалъ прохожденіе передъ солнечнымъ дискомъ круглаго, рѣзко ограниченнаго пятна, дискъ котораго по его оцѣнкѣ былъ въ 4 раза меньше диска Венеры.

18 января 1798 года Д'Ангосъ въ мѣстечкѣ Тарбесъ видѣлъ, какъ передъ солнечнымъ дискомъ прошло круглое, рѣзко очерченное пятно; продолжительность прохожденія по его наблюденіямъ составляла 2 часа.

10 октября 1802 года Фритшъ наблюдалъ прохожденіе небольшого круглаго пятна передъ солнечнымъ дискомъ.

6 января 1818 года Капель Лофтъ замѣтилъ на солнцѣ темное пятно эллиптической формы. Діаметръ этого пятна заключался въ предѣлахъ отъ 6″ до 8″, и оно имѣло быстрое движеніе съ востока на западъ.

12 февраля 1820 года въ полдень Старкъ замѣтилъ на солнцѣ особенное, рѣзко ограниченное круглое пятно, размѣры котораго вдвое превосходили размѣры Меркурія. Это пятно, обладавшее ясными слѣдами атмосферы, вечеромъ того же дня болѣе уже не было видимо. Въ тотъ же день любитель астрономіи Штейнхейбель въ Вѣнѣ также наблюдалъ прохожденіе пятна передъ солнечнымъ дискомъ, причемъ его описаніе этого пятна весьма сходно съ описаніемъ Старка. По наблюденіямъ Штейнхейбеля продолжительность прохожденія составляла 5 часовъ.

2 октября 1839 года Декуписъ въ Римскомъ Колледжѣ наблюдалъ на солнцѣ черное, совершенно круглое, рѣзко ограниченное пятно, обладавшее быстрымъ собственнымъ движеніемъ, такъ что черезъ весь солнечный дискъ по направленію его діаметра оно могло бы пройти, по вычисленію наблюдателя, приблизительно въ теченіе 10 часовъ.

Въ концѣ іюня и въ началѣ іюля 1847 года Скоттъ въ Лондонѣ и Врей въ Витби наблюдали подобныя же явленія.

12 марта 1849 года Зидеботамъ и Лове наблюдали приблизительно въ 4 часа пополудни прохожденіе небольшого, круглаго чернаго пятна черезъ дискъ солнца. Продолжительность прохожденія составляла полчаса.

20 марта 1862 года любитель астрономіи въ Манчестерѣ Луммисъ, изучая поверхность солнца съ цѣлью отысканія солнечныхъ пятенъ, замѣтилъ въ $8^h\ 28^m$ небольшое черное пятно круглой формы и съ рѣзко ограниченными краями; діаметръ этого пятна составлялъ приблизительно 7″. Это пятно находилось подъ другимъ, отличавшимся значительно бо́льшими размѣрами. Луммисъ, сдѣлавшій рисунокъ обоихъ пятенъ, говоритъ, что маленькое пятно имѣло быстрое собственное движеніе: оно въ 22 минуты прошло дугу, равную по оцѣнкѣ Луммиса 12′; впрочемъ Хиндъ на основаніи рисунка Луммиса опредѣлилъ величину этой дуги только въ 6′. Луммисъ по профессіи былъ желѣзнодорожнымъ чиновникомъ и потому, вслѣдствіе неотложнаго дѣла, долженъ былъ вскорѣ прекратить свои наблюденія, такъ что не могъ дождаться момента, когда пятно сошло съ солнечнаго диска.

8 мая 1865 года утромъ Кумбери въ Константинополѣ замѣтилъ, какъ отъ одной группы пятенъ отдѣлилось тѣло приблизительно круглой формы и въ теченіе 48^m прошло черезъ весь дискъ солнца, двигаясь справа налѣво. Очевидно, онъ для своихъ наблюденій пользовался трубой, дающей обратныя изображенія.

Наблюденіе Лескарбо, которое по времени предшествуетъ двумъ послѣднимъ изъ только-что приведенныхъ наблюденій, побудило нѣсколькихъ астрономовъ заняться вопросомъ о существованіи интрамеркуріальной планеты, для которой было даже предложено названіе Вулкана. Такъ, кромѣ Леверье задачей о возможно точномъ опредѣленіи орбиты новой планеты, насколько позволялъ имѣвшійся на лицо довольно ненадежный матеріалъ, занялись также Каррингтонъ, Хиндъ, Ольценъ и Радо. Понятно, что предстоявшія прохожденія предполагаемой планеты передъ дискомъ солнца, предвычисленныя только-что упомянутыми астрономами, ожидались съ большимъ нетерпѣніемъ. Въ это время на всѣхъ

обсерваторіяхъ вообще и на Вѣнской въ частности наблюденіямъ солнца было удѣлено гораздо больше вниманія, чѣмъ это дѣлалось раньше. Особенно большія надежды въ этомъ отношеніи возлагались на полное солнечное затмѣніе 18 іюля 1860 года, а также на всѣ послѣдующія затмѣнія. Но всѣ старанія астрономовъ оставались безуспѣшными: Вулкана никому не удалось наблюдать, и упомянутыя выше наблюденія 1862 и 1865 годовъ не удовлетворяли элементамъ предполагаемой планеты.

Въ это же время Генрикъ изъ Нью-Гевена довелъ до всеобщаго свѣдѣнія, что онъ уже въ теченіе 10 лѣтъ былъ занятъ вопросомъ о существованіи интрамеркуріальной планеты и съ этою цѣлью собиралъ всѣ наблюденія, которыя могли бы относиться къ этому новому небесному тѣлу. Въ 1847 году онъ вмѣстѣ со своимъ другомъ Брадлеемъ организовалъ правильные розыски новой планеты и съ этою цѣлью постоянно слѣдилъ какъ за тѣмъ, что происходило на солнечномъ дискѣ, такъ и за окружающими этотъ дискъ частями небесной сферы; но всѣ его поиски не увѣнчались никакимъ успѣхомъ.

Американскій астрономъ Кирквудъ, который неоднократно пытался установить законность, такъ или иначе связывающую различныя планеты между собою, въ родѣ извѣстнаго закона Тиціуса (§ 65), дающаго зависимость между разстояніями различныхъ планетъ отъ солнца, замѣтилъ, что всѣ планеты, начиная съ Венеры, могутъ быть разбиты на пары, характеризующіяся тѣмъ, что планеты, принадлежащія къ одной парѣ, имѣютъ приблизительно одинаковые истинные діаметры и обладаютъ приблизительно одинаковою плотностью, если только при этомъ группу такъ называемыхъ астероидовъ (Глава VI) замѣнить одной планетой приблизительно такой же величины, какъ Марсъ. Такимъ образомъ слѣдующія планеты составляютъ пары:

Венера и Земля,
Марсъ и планета, замѣняющая астероиды,
Юпитеръ и Сатурнъ,
Ураиъ и Нептунъ.

Что же касается Меркурія, то въ нашей солнечной системѣ нѣтъ планеты, составляющей съ нимъ пару. Поэтому, если замѣченная Кирквудомъ законность справедлива, то слѣдовало ожидать, что можетъ быть открыта еще неизвѣстная планета, составляющая пару съ Меркуріемъ и слѣдовательно обладающая приблизительно такими же размѣрами и такою же плотностью, какъ этотъ послѣдній.

Новая попытка напасть на слѣдъ этого загадочнаго свѣтила принадлежитъ Хазе изъ Ганновера. Онъ допустилъ, что наблюденія мнимаго спутника Венеры, произведенныя въ 1761 году Монтенемъ и другими, относятся къ интрамеркуріальной планетѣ, и на основаніи этихъ наблюденій вывелъ элементы ея орбиты, которые съ достаточною точностью удовлетворили упомянутымъ раньше наблюденіямъ Д'Ангоса и Капеля Лофта. Но поиски новой планеты, основанные на элементахъ, вычисленныхъ Хазе, до конца 1862 года не привели ни къ какимъ результатамъ. Кромѣ того опредѣленная имъ орбита, которая по весьма понятнымъ причинамъ почти совпадала съ орбитой Венеры, не внушала къ себѣ никакого довѣрія.

Во время полнаго солнечнаго затмѣнія въ 1869 году Гульдъ въ Бурлингтонѣ наблюдалъ звѣзду приблизительно шестой величины въ разстояніи 5′ отъ солнца, но никакого другого свѣтила вблизи солнца онъ не могъ замѣтить, хотя и обратилъ вниманіе на довольно значительную зону, расположенную вдоль эклиптики и простирающуюся на 5^0 къ западу и на $3^1/_2{}^0$ къ востоку отъ солнца, по широтѣ же обнимающую 80′. Точно также Гильманъ и Ньюкомбъ, изъ которыхъ первый наблюдалъ это затмѣніе въ Сіуксъ-Сити, а второй въ Демуанъ, не могли замѣтить никакого новаго небеснаго тѣла вблизи солнечнаго диска, покрытаго луной.

§ 32. **Окончательныя изслѣдованія Леверье и Опольцера.** Такимъ образомъ интересъ къ отысканію новой планеты на нѣкоторое время затихъ. Но 4 апрѣля 1876 года Веберъ въ Пекело снова замѣтилъ на солнцѣ небольшой весьма правильный круглый темный дискъ, и это опять дало Леверье поводъ заняться вопросомъ о предполагаемой интрамеркуріальной планетѣ, несмотря на то, что на основаніи одновременныхъ наблюденій, произведенныхъ въ другихъ мѣстахъ, упомянутый дискъ слѣдовало принять за весьма рѣзко очерченное солнечное пятно.

Леверье отбросилъ всѣ тѣ изъ старыхъ наблюденій, которыя показались ему совершенно непригодными для точныхъ изслѣдованій, и воспользовался только нижеприведенными, раздѣливъ ихъ на четыре группы по мѣсяцамъ.

I. 6 января 1818 года, Капель Лофтъ; 12 февраля 1820 года, Старкъ и Штейнхейбель.

II. 12 марта 1849 года, Зидеботамъ; 26 марта 1859 года, Лескарбо; 20 марта 1862 года, Луммисъ.

III. 6 іюня 1761 года, Шейтснъ; іюнь-іюль 1847 года, Скотъ и Врей; 8 мая 1865 года, Кумберн.

IV. 10 октября 1802 года, Фритшъ; 2 октября 1839 года, Декуписъ.

Наблюденія группъ I и III нельзя соединять съ наблюденіями группъ II и IV, такъ какъ планета, прошедшая передъ солнечнымъ дискомъ 12-го февраля, не можетъ снова проектироваться на этотъ дискъ въ концѣ марта или въ началѣ октября, если только она не совершастъ своего движенія въ плоскости, наклоненной подъ весьма незначительнымъ угломъ къ плоскости эклиптики; но въ этомъ послѣднемъ случаѣ вслѣдствіе быстраго движенія планеты мы могли бы весьма часто наблюдать ея прохожденія передъ дискомъ солнца.

Поэтому Леверье принялъ во вниманіе только наблюденія группъ II и IV и показалъ, что эти пять наблюденій дѣйствительно могутъ относиться къ одному и тому же небесному тѣлу *). Чтобы провѣрить, насколько можно довѣрять этой гипотезѣ, когда дѣло идетъ о предсказаніи предстоящаго прохожденія планеты передъ солнечнымъ дискомъ, онъ воспользовался весьма остроумнымъ способомъ. Именно, допустивъ, что извѣстны только дни, въ которые наблюдались прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ въ 1789, 1802, 1832 и 1845 годахъ, онъ доказалъ, что при помощи того же самаго метода можно предсказать съ точностью до одного дня прохожденіе Меркурія, имѣвшее мѣсто въ 1848 г.

Далѣе Леверье обратилъ вниманіе на обстоятельство, которое раньше было упущено изъ виду, а именно, что какъ прохожденія Венеры и Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ (см. ниже §§ 41 и 50), такъ и прохожденія интрамеркуріальной планеты должны повторяться черезъ извѣстные періоды, и для интрамеркуріальной планеты онъ опредѣлилъ продолжительность такого періода въ 16 лѣтъ. Въ предѣлахъ этого промежутка времени въ теченіе первыхъ 8 или 9 лѣтъ прохожденія планеты передъ солнечнымъ дискомъ должны имѣть мѣсто ежегодно, въ теченіе же слѣдующихъ 8 лѣтъ прохожденія совершенно невозможны. Кромѣ того надо имѣть въ виду, что планета можетъ проходить передъ дискомъ солнца какъ въ томъ случаѣ, когда она находится недалеко отъ восходящаго узла, такъ и въ томъ, когда она лежитъ вблизи нисходящаго узла. Для перваго изъ этихъ случаевъ благопріятный для прохожденій періодъ начался 8 апрѣля 1853 года и окончился 19 марта 1862 года. Наблюденія Лескарбо и Луммиса относятся, слѣдовательно, къ концу этого

*) Впослѣдствіи Хиндъ доказалъ, что наблюденіе, произведенное Старкомъ въ Аугсбургѣ 9 октября 1819 года, также представляется формулой Леверье. Леверье не принялъ во вниманіе этого наблюденія, и оно не было включено въ вышеприведенный списокъ на томъ основаніи, что Старкъ сообщилъ только, что 9 октября 1819 года онъ замѣтилъ на солнцѣ рѣзко очерченное круглое пятно приблизительно той же величины, какъ Меркурій, но что вечеромъ того же дня онъ уже не могъ найти этого пятна.

благопріятнаго періода, и потому вполнѣ понятно, почему въ слѣдующіе годы вовсе не удавалось наблюдать прохожденій предполагаемой планеты. Далѣе 9 апрѣля 1869 года снова начался благопріятный періодъ, который продолжался до 22 марта 1877 года. Но почему изъ 9 прохожденій, которыя должны были имѣть мѣсто въ теченіе этого промежутка времени, астрономы не наблюдали ни одного, несмотря на то, что именно въ это время они съ весьма большимъ вниманіемъ слѣдили за явленіями, происходившими на солнцѣ, этого Леверье не разъясняетъ.

Точно также для того случая, когда планета находилась недалеко отъ нисходящаго узла, благопріятный для прохожденія періодъ падалъ на время отъ 16 октября 1866 года до 24 сентября 1875 года. Но ни въ теченіе этого періода, ни въ теченіе предшествовавшаго благопріятнаго періода (1850—1859) не было замѣчено ни одного прохожденія предполагаемой планеты черезъ дискъ солнца.

Въ такомъ положеніи находилось дѣло до полнаго солнечнаго затмѣнія 29 іюля 1878 года, которое было видимо во всей сѣверной Америкѣ. Во время этого затмѣнія было обращено весьма большое вниманіе на поиски интрамеркуріальной планеты, и на этотъ разъ старанія астрономовъ наконецъ, повидимому, увѣнчались успѣхомъ. Въ самомъ дѣлѣ, не только Ватсонъ изъ своего совершенно уединеннаго наблюдательнаго пункта сообщилъ объ открытіи двухъ планетъ, но также и Свифтъ, наблюдавшій недалеко отъ Денвера нѣсколько къ востоку отъ того мѣста, гдѣ находился Ватсонъ, замѣтилъ также два, повидимому, новыхъ небесныхъ тѣла. Вполнѣ понятно, что эти два тѣла вначалѣ были отождествлены съ планетами, открытыми Ватсономъ; однако, когда сдѣлались извѣстными болѣе подробные отчеты обоихъ наблюдателей, то стало вполнѣ яснымъ, что такое отождествленіе невозможно безъ допущенія довольно значительныхъ ошибокъ въ самихъ наблюденіяхъ. Такимъ образомъ оказалось, что теперь вмѣсто одной было найдено сразу четыре интрамеркуріальныхъ планеты; но въ такомъ случаѣ представлялось непонятнымъ, почему во время полныхъ солнечныхъ затмѣній въ теченіе предшествовавшихъ двухъ десятилѣтій не было замѣчено ни одной изъ нихъ, не смотря на то, что отысканіе интрамеркуріальной планеты всегда входило въ программу наблюденій. Удивленіе астрономовъ увеличилось еще больше, когда Гайо, въ теченіе многихъ лѣтъ помогавшій Леверье въ его вычисленіяхъ, доказалъ, что элементы интрамеркуріальной планеты, вычисленные Леверье, не удовлетворяли положенію ни одного изъ вышеназванныхъ четырехъ небесныхъ тѣлъ. Это побудило Опольцера произвести новыя изслѣдованія относительно орбиты интрамеркуріальной планеты, причемъ онъ воспользовался для этой цѣли кромѣ тѣхъ 5 наблюденій, которыя уже Леверье положилъ въ основу своихъ вычисленій, еще тремя, а именно: наблюденіемъ Фритша 29 марта 1800 года, наблюденіемъ Орта 12 сентября 1857 года и наблюденіемъ Старка 9 октября 1819 года. На основаніи этихъ 8 наблюденій и при предположеніи, что линія узловъ имѣетъ значительное обратное движеніе, онъ получилъ новую систему элементовъ интрамеркуріальной планеты. Съ помощью этихъ элементовъ онъ вычислилъ, что утромъ 19 марта 1879 года должно имѣть мѣсто почти центральное прохожденіе предполагаемой планеты передъ дискомъ солнца. Поэтому, не только въ указанный день, но также въ предшествующіе и послѣдующіе дни на всѣхъ обсерваторіяхъ самымъ тщательнымъ образомъ слѣдили за всѣмъ, что происходило на солнечномъ дискѣ, но и на этотъ разъ опять совершенно безуспѣшно.

§ 33. **Критическія замѣчанія Петерса.** Почти въ то самое время какъ Опольцеръ опубликовалъ свои вышеупомянутыя изслѣдованія, Петерсъ подвергъ всесторонней критикѣ не только наблюденія Ватсона и Свифта во время полнаго солнечнаго затмѣнія 29 іюля 1878 г., но также и цѣлый рядъ другихъ такъ называемыхъ прохожденій интрамеркуріальной планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Эта весьма нелегкая задача отняла

у Петерса не мало времени, но зато выполненіемъ ея онъ заслужилъ себѣ глубокую благодарность астрономовъ.

Относительно двухъ небесныхъ тѣлъ, которыя Ватсонъ принялъ за интрамеркуріальныя планеты, Петерсъ доказалъ, что это были ничто иное, какъ звѣзды ξ и θ Cancri, изъ которыхъ первая пятой величины, а вторая шестой. Что же касается двухъ звѣздъ, замѣченныхъ около солнца Свифтомъ во время того же затмѣнія, то самъ наблюдатель настолько неточно опредѣлилъ ихъ положеніе, что отождествленіе ихъ съ другими извѣстными звѣздами оказалось совершенно невозможнымъ. Но во всякомъ случаѣ вполнѣ установлено, что какъ Ватсонъ, такъ и вообще ни одинъ изъ большого числа американскихъ астрономовъ, занимавшихся во время этого затмѣнія изученіемъ той же самой части неба, не видѣли звѣздъ, о которыхъ говоритъ Свифтъ.

Относительно мнимыхъ прохожденій интрамеркуріальной планеты Петерсъ показалъ, что подъ видомъ наблюденій Вулкана былъ собранъ, вообще, весьма разнообразный и совершенно неоднородный матеріалъ. Въ самомъ дѣлѣ, иногда это таинственное небесное тѣло обладало настолько значительными размѣрами, что могло быть замѣчено при помощи слабыхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ и даже невооруженнымъ глазомъ; иногда діаметръ мнимаго Вулкана по оцѣнкѣ наблюдателей былъ въ два раза больше діаметра Меркурія; наконецъ, по показанію нѣкоторыхъ наблюдателей діаметръ этой предполагаемой планеты составлялъ всего только нѣсколько секундъ. Ко всему этому надо прибавить, что изрѣдка Вулкану приписывалась эллиптическая форма. Далѣе, отъ 20 до 30 изъ подозрѣваемыхъ прохожденій этой планеты распредѣляются почти вполнѣ равномѣрно по всему году. Какъ же въ такомъ случаѣ должна быть расположена линія узловъ ея орбиты? Иногда мнимая планета двигалась такъ быстро, что черезъ весь дискъ солнца по направленію его діаметра она должна была бы пройти менѣе, чѣмъ въ часъ; иногда же, наоборотъ, это движеніе происходило настолько медленно, что для только-что упомянутаго прохожденія потребовалось бы отъ 6 до 10 часовъ. Наконецъ, въ большинствѣ случаевъ не было замѣчено никакого движенія, и только указывалось, что въ предшествующіе и послѣдующіе дни этого тѣла на солнечномъ дискѣ не было видно. Далѣе видѣть Вулкана на солнечномъ дискѣ удавалось почти исключительно любителямъ астрономіи, которые лишь случайно занимались наблюденіями солнца; изъ весьма же многочисленныхъ астрономовъ-спеціалистовъ, систематически слѣдившихъ за происходящими на солнцѣ явленіями, въ теченіе 50 лѣтъ ни одинъ не наблюдалъ прохожденія мнимой интрамеркуріальной планеты. Но этого еще мало. Безъ всякаго преувеличенія можно сказать, что, начиная съ 1860 года, солнце изучалось по крайней мѣрѣ въ теченіе 4 часовъ ежедневно однимъ или даже нѣсколькими весьма опытными астрономами, въ распоряженіи которыхъ находились несравненно лучшія вспомогательныя средства, чѣмъ тѣ, которыми обыкновенно пользуются любители. Какимъ же образомъ могло въ такомъ случаѣ ускользнуть отъ вниманія всѣхъ этихъ испытанныхъ наблюдателей прохожденіе Вулкана, которое въ среднемъ должно было бы продолжаться по крайней мѣрѣ три часа? Какъ мало можно иногда довѣрять описаніямъ такихъ трудныхъ наблюденій, какъ прохожденіе планеты передъ солнечнымъ дискомъ, если это описаніе сдѣлано малоопытнымъ астрономомъ, въ этомъ можно убѣдиться изъ слѣдующаго весьма поучительнаго примѣра, приведеннаго Петерсомъ.

Изъ всѣхъ наблюденій мнимой интрамеркуріальной планеты наибольшаго довѣрія заслуживаетъ, повидимому, произведенное 20 марта 1862 года и упомянутое выше наблюденіе Лумміса, какъ по опредѣленности выраженій, употребляемыхъ этимъ послѣднимъ для описанія явленія, такъ и по тѣмъ подробностямъ, которыя онъ при этомъ сообщаетъ. Леверье считалъ это наблюденіе наиболѣе надежнымъ и смотрѣлъ на него, какъ на главную опорную точку для своихъ дальнѣйшихъ изслѣдованій. Но Петерсъ на основаніи своихъ собственныхъ наблюденій и на основаніи наблюденій Шперера, сдѣланныхъ въ

тотъ же самый день, показалъ, что солнце въ это время, вопреки показаніямъ Луммиса, далеко не было свободно отъ пятенъ, и что Луммисъ въ началѣ своихъ наблюденій, т.-е. въ 8^h28^m, наблюдалъ одно изъ многихъ пятенъ, находившихся въ то время на солнечномъ дискѣ, а черезъ 22 минуты совершенно другое. Поэтому словамъ Луммиса, что онъ наблюдалъ небольшое черное рѣзко очерченное пятно довольно правильной формы, которое въ теченіе двадцати минутъ передвинулось на значительное протяженіе по солнечному диску, нельзя придавать того значенія, которое имъ обыкновенно придавалось раньше, а именно, что Луммисъ въ теченіе 20 минутъ безъ перерыва слѣдилъ за пятномъ и такимъ образомъ замѣтилъ его быстрое движеніе. Эти слова, по мнѣнію Петерса, обозначаютъ, что, когда Луммисъ черезъ 20 минутъ послѣ своего перваго наблюденія снова взглянулъ на солнце, то онъ уже не нашелъ на прежнемъ мѣстѣ замѣченнаго раньше пятна, но зато на другомъ мѣстѣ солнечнаго диска онъ увидѣлъ другое пятно, подобное первому, и отсюда заключилъ, что оба пятна тождественны, и что слѣдовательно въ теченіе 20 минутъ замѣченное имъ пятно быстро передвинулось по солнечному диску. Далѣе, Луммисъ оцѣнилъ діаметръ этого пятна въ $7''$, между тѣмъ какъ изъ наблюденій Петерса оказывается, что это пятно было окружено полутѣнью (§ 10), и діаметръ одного ядра, какъ показали измѣренія этого ученаго, равнялся $14''$. Слѣдовательно необходимо допустить, что Луммисъ при помощи своей слабой зрительной трубы не могъ отличить пятна отъ полутѣни, но замѣтилъ лишь общія очертанія этого образованія; вмѣстѣ съ тѣмъ отсюда вполнѣ ясно, какъ ненадежны и невѣрны были не только его оцѣнка размѣровъ этого пятна, но и вообще сдѣланное имъ описаніе всего явленія.

Наконецъ Петерсъ указалъ еще на другое обстоятельство, на которое правда уже и раньше неоднократно указывали, но которое по непонятнымъ причинамъ считалось лишь второстепеннымъ возраженіемъ противъ существованія интрамеркуріальной планеты, хотя на самомъ дѣлѣ оно является, безъ сомнѣнія, самымъ главнымъ и рѣшающимъ: это значительная яркость, которою должна была бы обладать предполагаемая интрамеркуріальная планета. Дѣйствительно, если допустить, что отражательная способность предполагаемой планеты приблизительно равна отражательной способности Меркурія и остальныхъ большихъ планетъ, и что истинный діаметръ этой планеты равенъ истинному діаметру Меркурія, то такое тѣло, находясь отъ солнца на разстояніи $0{,}15a$, гдѣ a есть среднее разстояніе отъ земли до солнца, было бы въ 4 раза ярче Венеры, когда эта послѣдняя находится въ квадратурахъ (Часть I, § 45). При такихъ условіяхъ во время полныхъ солнечныхъ затмѣній мнимый Вулканъ могъ бы ускользнуть отъ вниманія только самаго поверхностнаго наблюдателя, и во время элонгацій этой планеты (Часть I, § 45) ее давно должны были бы замѣтить также и не во время солнечныхъ затмѣній, по крайней мѣрѣ въ тропическихъ странахъ, на что уже раньше указывалъ Ліэ (§ 31).

Если, далѣе, мы сдѣлаемъ предположеніе, что между солнцемъ и Меркуріемъ движется не одна планета, а цѣлая группа планетъ, и допустимъ, что замѣченныя Ватсономъ звѣзды (§ 32) дѣйствительно суть 2 члена этой группы, то и въ такомъ случаѣ мы снова натолкнемся на неустранимыя противорѣчія. Въ самомъ дѣлѣ, съ одной стороны діаметръ свѣтилъ четвертой или пятой величины, къ числу которыхъ принадлежали звѣзды Ватсона, могъ бы заключаться лишь въ предѣлахъ отъ 15 до 50 километровъ, а такія тѣла невозможно замѣтить на солнечномъ дискѣ даже съ помощью лучшихъ инструментовъ новѣйшаго времени; съ другой стороны необходимо допустить существованіе милліоновъ такихъ тѣлецъ, чтобы сумма ихъ массъ равнялась массѣ Меркурія, а между тѣмъ Леверье показалъ, что для объясненія упомянутаго выше (§ 30) увеличенія вѣкового движенія перигелія Меркурія интрамеркуріальная планета должна обладать именно такою массою.

Изъ только-что сказаннаго вытекаетъ, что не могутъ существовать такія интрамеркуріальныя планеты, которыя при своихъ прохожденіяхъ передъ солнечнымъ дискомъ бро-

сались бы въ глаза даже любителямъ астрономіи, и что, слѣдовательно, ни одно изъ вышеупомянутыхъ наблюденій не относится къ этимъ гипотетическимъ планетамъ. Очевидно, въ огромномъ большинствѣ этихъ случаевъ сами наблюдатели, подобно Луммису, по тѣмъ или другимъ причинамъ были введены въ заблужденіе. Впрочемъ, нѣкоторыя, правда, весьма немногія наблюденія такого рода, пожалуй, могли бы быть объяснены и иначе, напр., прохожденіемъ кометы между солнцемъ и землею.

§ 34. **Заключеніе.** Если несогласіе между наблюдаемымъ и вычисленнымъ на основаніи теоретическихъ соображеній вѣковымъ движеніемъ перигелія Меркурія не можетъ быть объяснено существованіемъ интрамеркуріальной планеты или цѣлой группы такихъ планетъ, то снова является вопросъ, въ чемъ же мы должны искать причину этого несогласія. Этимъ вопросомъ астрономы занимались уже неоднократно, но до сихъ поръ еще не удалось найти удовлетворительнаго рѣшенія его.

Подобное же несогласіе между вычисленнымъ и наблюдаемымъ вѣковымъ ускореніемъ луны (Часть III, § 62) Делоне и послѣ него Ганзенъ пытались объяснить еле замѣтнымъ замедленіемъ вращенія земли въ зависимости отъ приливовъ и отливовъ. Послѣдній изъ только что упомянутыхъ ученыхъ обратилъ вниманіе также на то, что это замедленіе должно было бы оказать вліяніе и на вѣковое движеніе перигелія Меркурія. Но соотвѣтственныя вычисленія показали, что такимъ образомъ могла бы быть уничтожена лишь весьма незначительная часть разности между наблюдаемой и вычисленной величиной этого движенія.

Открытіе пятаго весьма слабаго спутника Юпитера навело Гердтля въ 1894 году на мысль заняться изслѣдованіемъ, не можетъ ли быть причиной разсматриваемаго нами явленія неизвѣстный пока спутникъ Меркурія. Но онъ доказалъ, что для этого требуется небесное тѣло, обладающее такой большой массой и вслѣдствіе этого такими значительными размѣрами и яркостью, что его уже давно должны были бы открыть астрономы, если бы оно дѣйствительно существовало.

При такихъ обстоятельствахъ мало-по-малу сталъ распространяться взглядъ, что открытый Ньютономъ законъ всемірнаго тяготѣнія (Часть I, § 14) не есть абсолютно точный законъ. Въ этомъ отношеніи заслуживаетъ вниманія то обстоятельство, что уже Гауссъ и Веберъ были вынуждены для объясненія электродинамическихъ явленій принять во вниманіе при вычисленіяхъ скорость распространенія электричества и такимъ образомъ къ формулѣ, выражающей законъ Ньютона, прибавить еще членъ, зависящій отъ этой скорости. Уже болѣе 20 лѣтъ тому назадъ Шейбнеръ и Тиссеранъ сдѣлали первую попытку опредѣлить, какое вліяніе оказываетъ на движеніе планетъ дополнительный членъ, зависящій отъ скорости распространенія силы тяжести, причемъ они допустили, что законъ всемірнаго тяготѣнія выражается формулой Вебера. Въ 1894 году Тиссеранъ вторично занялся такого рода изслѣдованіями, воспользовавшись на этотъ разъ формулой Гаусса вмѣсто формулы Вебера. Въ результатѣ этихъ изслѣдованій оказалось, что какъ дополнительный членъ Вебера, такъ и дополнительный членъ Гаусса не порождаютъ сколько-нибудь замѣтныхъ вѣковыхъ, т.-е. пропорціональныхъ времени, возмущеній ни въ одномъ изъ элементовъ, за исключеніемъ долготы перигелія, и что въ случаѣ закона Гаусса наблюдаемое и вычисленное измѣненіе долготы перигелія можно привести въ согласіе между собою, если допустить, что скорость распространенія силы тяжести приблизительно равна скорости свѣта. Для закона же Вебера первая изъ этихъ скоростей оказывается значительно меньше.

Другое видоизмѣненіе закона Ньютона было предложено Холемъ, который допустилъ, что въ дѣйствительности сила тяжести не измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія, но что вмѣсто показателя 2 надо взять весьма мало отъ него отличающееся число 2,00000016. Ньюкомбъ, напротивъ того, придерживается того взгляда, что

при помощи такого видоизмѣненія закона Ньютона не могутъ быть устранены всѣ затрудненія. Въ самомъ дѣлѣ, этотъ ученый, закончивъ новое весьма точное вычисленіе элементовъ 4 внутреннихъ планетъ, нашелъ, что разногласія, подобныя тому, которое имѣетъ мѣсто относительно движенія перигелія Меркурія, существуютъ также въ движеніи узловъ Венеры и въ движеніи перигелія Марса; вмѣстѣ съ тѣмъ онъ доказалъ, что всѣ эти разногласія при предположеніи, сдѣланномъ Холемъ относительно видоизмѣненія закона Ньютона, могутъ быть устранены только въ томъ случаѣ, если одновременно съ этимъ измѣнить массу земли и ея разстояніе до солнца на едва ли допустимыя величины. Напротивъ того, не измѣняя закона всемірнаго тяготѣнія, мы могли бы объяснить всѣ эти разногласія, если бы мы допустили, что между Меркуріемъ и Венерой существуетъ кольцо метеоровъ, движеніе которыхъ опредѣляется приблизительно слѣдующими элементами:

Масса	$\frac{1}{37\,000\,000}$	Долгота перигелія	10°
Эксцентриситетъ	0,04	Долгота восходящаго узла . .	35°
Большая полуось	0,48	Наклонность	7,5°.

Впрочемъ и самъ Ньюкомбъ не смотритъ на этотъ результатъ, какъ на дѣйствительное объясненіе вышеупомянутыхъ разногласій, такъ какъ существованіе такого кольца онъ считаетъ до крайности невѣроятнымъ.

Въ новѣйшее время Зелигеръ указалъ еще на одно обстоятельство, требующее, повидимому, введенія дополнительныхъ членовъ въ законъ всемірнаго тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, трудно себѣ представить, чтобы сила тяготѣнія, въ противоположность другимъ силамъ, распространялась мгновенно на всевозможныя разстоянія. Но въ такомъ случаѣ мы должны допустить существованіе особой среды, служащей, такъ сказать, проводникомъ силы притяженія; а вслѣдствіе этого явится не только возможность, но даже необходимость ввести въ законъ всемірнаго тяготѣнія поправку, зависящую отъ того или другого дѣйствія этой среды, и тогда, дѣлая различныя допущенія, опять можно объяснить движеніе перигелія Меркурія.

ГЛАВА III.

Меркурій.

§ 35. **Общія свѣдѣнія.** Изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ планетъ Меркурій находится въ самомъ близкомъ разстояніи отъ солнца, благодаря чему, можетъ-быть, онъ и получилъ свое названіе, такъ какъ въ миѳологіи Меркурій стоитъ близко къ Аполлону. Знакъ Меркурія ☿ представляетъ собою ни что иное, какъ кадуцей, т. е. жезлъ, служившій отличительнымъ признакомъ глашатаевъ у грековъ и римлянъ.

Въ наши, даже лучшія зрительныя трубы мы обыкновенно не замѣчаемъ на поверхности Меркурія почти никакихъ подробностей. Астрономическія трубы показываютъ только, что Меркурій имѣетъ фазы, подобныя фазамъ луны. Успѣшности наблюденій надъ Меркуріемъ мѣшаютъ, главнымъ образомъ, яркіе лучи солнца, отъ котораго эта планета, вообще, не удаляется болѣе чѣмъ на 23° (Часть I, § 59). Впрочемъ, приблизительно 15 лѣтъ тому назадъ миланскому астроному Скіапарелли, отличающемуся весьма острымъ зрѣніемъ и стяжавшему себѣ славу превосходнаго наблюдателя, подъ чистымъ итальянскимъ небомъ впервые удалось замѣтить на поверхности Меркурія пятна и полосы, изображенныя на рис. 108.

Среднее разстояніе Меркурія отъ солнца или большая полуось его орбиты равняется 0,387 радіуса земной орбиты, что составляетъ 57 510 000 километровъ. Такъ какъ его орбита имѣетъ весьма вытянутую форму, то истинныя разстоянія этой планеты отъ солнца

мѣняются въ довольно значительныхъ предѣлахъ. Въ перигеліи Меркурій отстоитъ отъ солнца на 45 710 000 километровъ, а въ афеліи на 69 300 000. Еще больше различаются между собою его истинныя разстоянія отъ земли, такъ какъ наименьшее изъ нихъ составляетъ только 76 милліоновъ километровъ, а наибольшее достигаетъ 220 милліоновъ километровъ.

Діаметръ Меркурія составляетъ только 4800 километровъ; такимъ образомъ онъ приблизительно въ три раза меньше земного діаметра. Вообще Меркурій является наименьшей изъ всѣхъ большихъ планетъ. Его поверхность равна только 72 милліонамъ квадратныхъ километровъ и слѣдовательно составляетъ приблизительно седьмую часть поверхности земного шара. Объемъ Меркурія равняется 57 000 милліоновъ кубическихъ километровъ и слѣдовательно приблизительно въ 20 разъ меньше объема земли. Сравнительные размѣры Меркурія и земли даны на рис. 109. Сжатія у Меркурія до сихъ поръ замѣтить не удалось.

Такъ какъ Меркурій находится на весьма близкомъ разстояніи отъ солнца, являющагося причиной движеній всѣхъ планетъ, то онъ описываетъ свой путь около этого центральнаго тѣла съ наибольшею въ сравненіи съ остальными планетами скоростью. Именно, средняя скорость его движенія составляетъ 47,5 километровъ въ секунду. Полный оборотъ относительно неподвижныхъ звѣздъ Меркурій совершаетъ въ 87,969 сутокъ, а относительно равноденственныхъ точекъ въ 87,968 сутокъ. Орбита Меркурія наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ въ 7°, и, такимъ образомъ, наклонность орбиты Меркурія значительно превосходитъ наклонности орбитъ остальныхъ большихъ планетъ. Наконецъ, синодическое обращеніе (часть I, § 86) Меркурія составляетъ 115,87 сутокъ.



Рис. 108.

Впослѣдствіи мы познакомимся со способами опредѣленія массы (часть I, § 14) планетъ и плотности того вещества, изъ котораго планеты состоятъ. Пока же для полноты свѣдѣній о планетахъ мы будемъ при описаніи каждой изъ нихъ сообщать данныя также и относительно этихъ ихъ свойствъ. Масса Меркурія въ 30 разъ меньше массы земли. Это значитъ, что если бы мы могли на одну чашку вѣсовъ положить нашу землю, то на другую для равновѣсія вѣсовъ пришлось бы положить 30 такихъ шаровъ, какъ Меркурій. Такъ какъ плотность какого-нибудь тѣла равняется его массѣ, раздѣленной на его объемъ (часть I, § 14), и такъ какъ объемъ Меркурія, какъ мы только-что видѣли, въ 20 разъ меньше объема земли, то плотность Меркурія составляетъ $^{20}/_{30}$ или приблизительно 0,7 плотности земли. Но средняя плотность земли приблизительно въ 5, 6 разъ больше плотности чистой воды; слѣдовательно, плотность Меркурія почти въ 4 раза больше плотности этой послѣдней.

На поверхности нашей земли тѣла, лишенныя подставки, при паденіи проходятъ въ первую секунду 4,9 метра. Такъ какъ мы не можемъ перенестись на поверхность Меркурія или какой-нибудь другой планеты и произвести тамъ наблюденія надъ падающими тѣлами, то на первый взглядъ кажется, что людямъ не суждено узнать законы свободнаго

паденія тѣлъ на поверхности любой изъ планетъ. На самомъ же дѣлѣ, напротивъ того, весьма легко, какъ мы впослѣдствіи покажемъ, опредѣлить эти законы, если намъ извѣстны массы планетъ и ихъ діаметры. При помощи весьма простого вычисленія мы находимъ, что у поверхности Меркурія свободно падающее тѣло въ первую секунду проходитъ 1,2 метра, т.-е. протяженіе почти въ четыре раза меньшее, чѣмъ у поверхности земли. Вмѣстѣ съ тѣмъ это протяженіе является наименьшимъ изъ всѣхъ, которыя пробѣгаются въ первую секунду свободно падающими тѣлами у поверхностей остальныхъ большихъ планетъ.

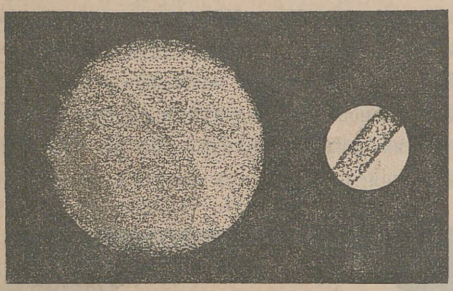


Рис. 109.

§ 36. **Фазы Меркурія.** Мы уже выше упоминали, что въ зрительныя трубы у Меркурія наблюдаются фазы, совершенно подобныя фазамъ луны (смотри также часть I, § 69). Одного взгляда на рис. 110 достаточно, чтобы объяснить фазы Меркурія со всѣми ихъ особенностями. Во время верхняго соединенія (часть I, § 66) эта планета находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли T, и потому видимый діаметръ ея въ это время достигаетъ своей наименьшей величины и равняется только 5″. Такъ какъ при этомъ освѣщенное солнцемъ полушаріе Меркурія обращено прямо къ землѣ, то оно имѣетъ видъ круглаго свѣтлаго диска, подобно лунѣ во время полнолунія. Во время первой четверти Меркурія мы видимъ только половину освѣщеннаго его полушарія, вслѣдствіе чего планета представляется намъ въ видѣ полукруга, выпуклою стороною обращеннаго къ западу, т.-е. къ солнцу. Въ это время видимый діаметръ Меркурія составляетъ 9″. Двигаясь дальше по своей орбитѣ, Меркурій приходитъ въ точку M. Въ это время онъ находится въ нижнемъ соединеніи съ солнцемъ, его разстояніе до земли дѣлается наименьшимъ, и вслѣдствіе этого видимый діаметръ достигаетъ своей наибольшей величины и равняется 13″. Но такъ какъ въ этомъ положеніи освѣщенное полушаріе Меркурія обращено всецѣло въ сторону, противоположную землѣ, то мы планеты совсѣмъ не видимъ.

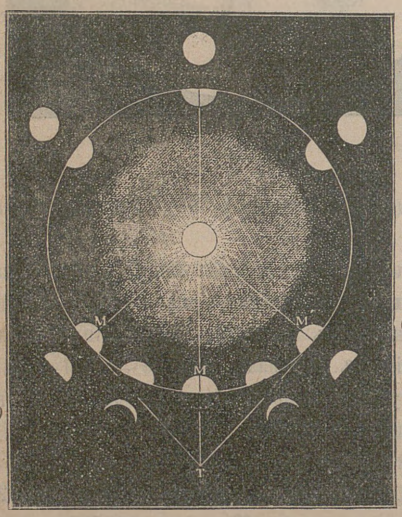


Рис. 110.

При разсмотрѣнныхъ выше условіяхъ Меркурій появляется въ видѣ вечерней звѣзды на западной части неба вскорѣ послѣ захода солнца, къ востоку отъ этого послѣдняго; послѣ же своего нижняго соединенія онъ дѣлается утренней звѣздой и появляется на восточной сторонѣ неба незадолго до восхода солнца, къ западу отъ этого послѣдняго. Вскорѣ послѣ нижняго соединенія, когда угловое разстояніе Меркурія отъ солнца еще очень невелико, онъ представляется намъ въ видѣ тонкой серебряной нити или въ видѣ узкаго серпа, подобнаго серпу луны въ первые дни послѣ новолунія, и выпуклая сторона серпа въ это время обращена къ востоку. Этотъ освѣщенный серпъ съ теченіемъ времени все увеличивается и наконецъ во время послѣдней четверти Меркурій опять принимаетъ форму полукруга. При своемъ дальнѣйшемъ движеніи по орбитѣ онъ снова приходитъ въ верхнее соединеніе съ солнцемъ и тогда опять представляется намъ въ видѣ полнаго диска

(смотри также часть I, § 59). Сравнительные видимые размѣры Меркурія, когда онъ находится въ наибольшемъ, среднемъ и наименьшемъ разстояніяхъ отъ земли, изображены на рис. 111. Всѣ вышеописанныя явленія вполнѣ согласуются съ наблюденіями, и выше (часть I, § 69) уже было сказано, что эти фазы могутъ быть разсматриваемы какъ одно изъ превосходнѣйшихъ подтвержденій планетной системы Коперника. Правда, вначалѣ, когда безъ помощи зрительной трубы, которая тогда еще не была изобрѣтена, не могли видѣть фазъ не только Меркурія, но даже и Венеры, на это обстоятельство смотрѣли какъ на опроверженіе Коперниковой системы; но Коперникъ, вполнѣ убѣжденный въ истинности своего открытія, не обращалъ вниманія на эти возраженія, имѣвшія въ то время весьма большое значеніе, и смѣло утверждалъ, что фазы планетъ непремѣнно должны существовать, но что только мы не можемъ ихъ видѣть, такъ какъ наши глаза слишкомъ слабы для этого. И дѣйствительно, едва только была изобрѣтена труба, какъ Галилей открылъ фазы Венеры, замѣтить которыя гораздо легче, чѣмъ фазы Меркурія.

§ 37. **Условія видимости Меркурія.** Меркурій отличается своимъ бѣлымъ цвѣтомъ и своею необыкновенною яркостью, и, если его наблюдаютъ въ весьма сильную трубу, онъ на столько ослѣпляетъ глаза наблюдателя, что необходимо помѣстить передъ окуляромъ слабо окрашенное, такъ называемое дымчатое стекло для того, чтобы возможно было спокойно продолжать эти наблюденія. Въ среднихъ широтахъ видѣть Меркурія весьма трудно, такъ что, напр., Коперникъ въ теченіе всей своей жизни ни разу не могъ наблюдать этой планеты, о чемъ онъ высказывалъ сожалѣніе еще на смертномъ одрѣ. Вслѣдствіе такой недоступности Меркурія для наблюденій Местлинъ, учитель великаго Кеплера, неоднократно въ шутку говорилъ, что эта планета существуетъ, повидимому, только для того, чтобы выставить астрономовъ въ невыгодномъ свѣтѣ. Впрочемъ, со времени изобрѣтенія зрительной трубы и особенно послѣ того, какъ въ новѣйшее время астрономическіе инструменты достигли высокой степени совершенства, мы уже безъ всякаго затрудненія можемъ видѣть Меркурія даже въ полдень и притомъ въ весьма незначительномъ угловомъ разстояніи отъ солнца. Въ ближайшемъ будущемъ Меркурій будетъ занимать наиболѣе удобныя положенія для наблюденій въ слѣдующіе дни:

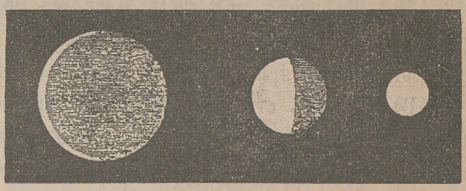


Рис. 111.

Утромъ	Вечеромъ
17 марта и 5 іюля 1902 г.	28 авг. и 15 декабря 1902 г.
27 февр. и 17 іюня 1903 »	10 » и 27 ноября 1903 »
9 февр. и 30 мая 1904 »	23 іюля и 9 » 1904 »

Каждый изъ указанныхъ дней соотвѣтствуетъ приблизительно серединѣ того промежутка, въ теченіе котораго эта планета наиболѣе доступна для наблюденій. Самые же промежутки охватываютъ отъ 12 до 16 дней. Замѣтимъ, что день наилучшей видимости Меркурія для каждаго слѣдующаго года получается черезъ вычитаніе 18 дней изъ даты предыдущаго года.

Трудность наблюденія Меркурія въ нашихъ странахъ объясняется тѣмъ, что онъ постоянно находится вблизи солнца. Поэтому, при своемъ положеніи къ западу отъ солнца, онъ можетъ быть видимъ только утромъ, въ теченіе короткаго времени, незадолго до солнечнаго восхода на восточной части неба; находясь же къ востоку отъ дневного свѣтила онъ доступенъ для наблюденій только вечеромъ вскорѣ послѣ солнечнаго заката на западномъ небосклонѣ, но опять въ теченіе весьма короткаго времени. Кромѣ того, въ томъ и другомъ случаѣ этимъ и безъ того затруднительнымъ наблюденіямъ сильно мѣшаютъ су-

мерки и близость планеты къ горизонту. Выше, подробно разбирая видимое движеніе этой планеты около солнца (часть I, § 59), мы говорили, что въ среднемъ она удаляется къ востоку или западу отъ солнца только на 23°. Однако, если во время элонгаціи (I, § 69) Меркурій находится въ афеліи своей орбиты, то вслѣдствіе большого эксцентриситета этой послѣдней угловое разстояніе планеты отъ солнца можетъ доходить до 29°. На первый взглядъ можетъ показаться, что во время такой наибольшей своей элонгаціи Меркурій долженъ быть наиболѣе доступенъ для наблюденій, такъ какъ въ этомъ случаѣ меньше всего мѣшаютъ яркіе лучи солнечнаго свѣта, и кромѣ того во время восхода или захода солнца планета находится еще довольно высоко надъ горизонтомъ. Но съ другой стороны въ этомъ случаѣ Меркурій слишкомъ далеко отстоитъ отъ земли и потому не можетъ сіять во всемъ своемъ блескѣ. Напротивъ того, всѣ обстоятельства, отъ которыхъ зависитъ наилучшая видимость Меркурія, складываются наиболѣе благопріятнымъ образомъ въ томъ случаѣ, когда онъ находится вблизи своего нижняго соединенія съ солнцемъ и отстоитъ отъ него на 15°—18°. Въ этомъ положеніи Меркурій по изслѣдованіямъ Штампфера на 4 степени *) ярче средней звѣзды первой величины и слѣдовательно въ темную ночь представлялъ бы собою весьма яркое свѣтило, если бы могъ находиться высоко надъ горизонтомъ.

Въ южныхъ странахъ Меркурій гораздо легче доступенъ для наблюденій какъ вслѣдствіе болѣе короткой продолжительности сумерекъ, такъ и вслѣдствіе того, что тамъ горизонтъ несравненно чище, чѣмъ у насъ. Поэтому-то древніе греки настолько часто наблюдали эту планету, что изъ своихъ наблюденій могли даже вывести теорію ея движенія. Правда, таблицы Меркурія въ томъ видѣ, какъ намъ ихъ передалъ Птоломей, являются наиболѣе несовершенными среди таблицъ остальныхъ планетъ, и въ нихъ ошибки, по сравненію съ новѣйшими точными таблицами, доходятъ до 7°; но и въ такомъ состояніи онѣ являются наилучшимъ доказательствомъ того, съ какимъ прилежаніемъ и терпѣніемъ производили свои наблюденія древніе астрономы, въ распоряженіи которыхъ еще не было зрительныхъ трубъ.

§ 38. **Вращеніе Меркурія.** Пятна или скорѣе слѣды пятенъ были замѣчены на поверхности Меркурія только весьма недавно (§ 35). Несмотря на это, Шретеру въ началѣ XIX столѣтія, повидимому, удалось другимъ способомъ опредѣлить элементы вращенія Меркурія около оси. Именно во время своихъ весьма тщательныхъ наблюденій этой планеты, на которыя онъ потратилъ много труда и времени, онъ, какъ ему казалось, неоднократно замѣчалъ, что въ то время какъ Меркурій представляется въ видѣ узкаго серпа, острый конецъ рога періодически мѣняетъ свой видъ; это явленіе Шретеръ объяснилъ вращеніемъ планеты и изъ своихъ наблюденій вывелъ, что продолжительность періода вращенія круглымъ числомъ составляетъ 24 часа. Такимъ образомъ по изслѣдованіямъ Шретера Меркурій совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ то же время, какъ и земля. Этотъ результатъ казался правдоподобнымъ уже потому, что раньше для Марса было найдено приблизительно такое же время вращенія около оси. Поэтому-то результатъ, найденный Шретеромъ въ теченіе довольно продолжительнаго времени былъ принятъ въ наукѣ. Только въ концѣ 1889 года Скіапарелли поразилъ астрономическій міръ въ высшей степени важнымъ сообщеніемъ, что онъ на основаніи своихъ восьмилѣтнихъ непрерывныхъ наблюденій пришелъ къ убѣжденію объ ошибочности результата, найденнаго Шретеромъ. Именно, Скіапарелли утверждалъ, что вращеніе Меркурія происходитъ гораздо медленнѣе, и что полный оборотъ около оси эта планета совершаетъ въ 88 дней, т. е. въ то же самое время, въ теченіе котораго она описываетъ полный кругъ около

*) Степенью называется 0,1 звѣздной величины или, иначе говоря, 0,1 свѣтовой разницы между звѣздами двухъ смежныхъ классовъ.

Переводчикъ.

солнца; другими словами, Меркурій при своемъ движеніи около солнца постоянно обращенъ къ этому послѣднему одною и тою же стороною, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто также относительно луны при ея движеніи около земли. Наконецъ, ось вращенія Меркурія почти перпендикулярна къ плоскости его орбиты.

Только что высказанное положеніе, что Меркурій обращенъ къ солнцу постоянно одной и той же стороной, не совсѣмъ вѣрно и потому требуетъ небольшого измѣненія. На основаніи законовъ механики необходимо допустить, что вращеніе Меркурія около оси, подобно вращенію нашей земли, происходитъ съ постоянною угловою скоростью, что, кстати сказать, было найдено миланскимъ астрономомъ Скіапарелли также и изъ наблюденій. Если бы Меркурій двигался около солнца по окружности круга, то и это послѣднее движеніе совершалось бы также съ постоянною угловою скоростью, и потому при равенствѣ временъ вращенія планеты около оси и обращенія ея около солнца она въ дѣйствительности всегда была бы обращена къ солнцу одной и той же стороной. Но орбита Меркурія характеризуется довольно значительнымъ эксцентриситетомъ, во всякомъ случаѣ превосходящимъ эксцентриситеты орбитъ остальныхъ большихъ планетъ; поэтому при движеніи Меркурія отъ перигелія къ афелію уголъ, описанный въ теченіе нѣкотораго промежутка времени радіусомъ-векторомъ планеты, всегда больше угла поворота ея около оси въ теченіе того же промежутка, а разность этихъ угловъ, равная въ перигеліи нулю, постепенно увеличивается, въ нѣкоторой точкѣ между перигеліемъ и афеліемъ достигаетъ наибольшей величины, затѣмъ начинаетъ уменьшаться и въ афеліи опять обращается въ нуль. При движеніи Меркурія отъ афелія къ перигелію наблюдаются подобныя же явленія съ тою лишь разницею, что въ этомъ случаѣ первый изъ вышеупомянутыхъ угловъ всегда меньше второго. Разность между этими углами, какъ нетрудно понять, всегда равняется такъ называемому уравненію орбиты (часть I, § 82), которое для Меркурія, вслѣдствіе большого эксцентриситета его орбиты, доходитъ до $23{,}7^0$. Такой величины разность вышеупомянутыхъ угловъ достигаетъ при среднихъ аномаліяхъ (часть I, § 82), равныхъ соотвѣтственно $75{,}3$ и $284{,}7^0$. Вслѣдствіе этого, при движеніи Меркурія отъ перигелія къ афелію, на восточномъ его краѣ мало-по-малу начинаютъ освѣщаться солнцемъ такія части, которыя вначалѣ лежали на задней сторонѣ планеты и были удалены отъ плоскости, отдѣляющей освѣщенное полушаріе отъ неосвѣщеннаго, на $23{,}7^0$. Напротивъ того, при движеніи Меркурія отъ афелія къ перигелію, то же самое происходитъ на западномъ его краѣ. Къ этому явленію, называемому либраціей, мы еще вернемся впослѣдствіи, когда рѣчь будетъ идти о нашей лунѣ. Изъ предыдущаго ясно, что во время полнаго оборота Меркурія около солнца этимъ послѣднимъ освѣщается на поверхности планеты, вообще, пространство, охватывающее по долготѣ $180^0 + 2 \times 23{,}7^0 = 227{,}4^0$, и только остальныя $132{,}6^0$ остаются погруженными въ вѣчный мракъ.

Замѣчательнымъ слѣдствіемъ равенства временъ вращенія Меркурія около оси и обращенія около солнца является то обстоятельство, что при обыкновенныхъ условіяхъ ни одно живое существо, находящееся внѣ этой планеты, не можетъ видѣть ту ея часть, которая никогда не освѣщается солнцемъ, и только во время прохожденія Меркурія передъ дискомъ солнца (§ 41) и эта часть дѣлается доступной для наблюдателей въ видѣ темнаго пятна. Правда, напр., къ жителямъ земли во время каждаго синодическаго (часть I, § 86) оборота Меркурія послѣдовательно обращаются всѣ части его поверхности; но такъ какъ эта планета не свѣтится собственнымъ свѣтомъ, то изъ обращенныхъ къ намъ частей ея тѣ, которыя не освѣщаются солнцемъ, остаются для насъ невидимыми, и въ это время Меркурій представляется намъ въ одной изъ своихъ неполныхъ фазъ (§ 36).

§ 39. **Освѣщеніе Меркурія солнцемъ.** Послѣ всего вышесказаннаго читателю должно быть ясно, что вообще не можетъ быть и рѣчи о смѣнѣ дней и ночей и о временахъ года на Меркуріѣ. Въ самомъ дѣлѣ допустимъ, что ось вращенія Меркурія перпендикулярна къ

плоскости его орбиты, что во всякомъ случаѣ, какъ мы выше (§ 38) видѣли, весьма близко къ истинѣ. Положимъ далѣе, что рис. 108 представляетъ полушаріе Меркурія, обращенное къ солнцу, въ то время, когда планета находится въ перигеліи. Въ такомъ случаѣ въ этотъ моментъ солнце должно быть въ зенитѣ для тѣхъ точекъ планеты, которыя лежатъ около центра диска, изображеннаго на рис. 108. Въ тѣхъ точкахъ планеты, которыя удалены отъ этого центра по любому направленію на нѣкоторое число градусовъ, солнце должно отстоять отъ зенита на такое же число градусовъ, и наконецъ въ точкахъ, лежащихъ на окружности диска, изображеннаго на рис. 108, солнце можетъ быть видимо только въ горизонтѣ. При удаленіи Меркурія отъ перигелія солнце начинаетъ медленно перемѣщаться по экватору планеты и черезъ 18,3 дней усматривается въ зенитѣ изъ той точки планеты, которая удалена отъ центра диска по экватору на 23,7° къ востоку. Вслѣдствіе этого при движеніи Меркурія отъ перигелія къ афелію на западномъ краѣ планеты постепенно переходятъ на неосвѣщенное полушаріе точки, лежащія на пространствѣ, охватывающемъ по экватору 23,7°, но зато на восточномъ краѣ такое же пространство перемѣщается съ неосвѣщеннаго полушарія на освѣщенное. Послѣ этого солнце начинаетъ перемѣщаться по экватору планеты въ обратную сторону, а черезъ 25,6 дней оно снова усматривается въ зенитѣ изъ тѣхъ точекъ, которыя лежатъ около центра диска (рис. 108); въ это время Меркурій находится въ афеліи своей орбиты. Но перемѣщеніе солнца и послѣ этого происходитъ въ томъ же самомъ направленіи, такъ что еще черезъ 25,6 дней оно достигаетъ зенита той точки, которая удалена отъ центра диска по экватору на 23,7° къ западу. Вслѣдствіе этого при движеніи Меркурія отъ афелія къ перигелію наблюдаются явленія, обратныя тѣмъ, которыя имѣли мѣсто раньше, а именно на западномъ краѣ планеты точки, лежащія на пространствѣ, охватывающемъ 23,7°, переходятъ на освѣщенную часть, а на восточномъ краѣ, наоборотъ, точки, лежащія на такомъ же пространствѣ, погружаются во мракъ. Затѣмъ солнце начинаетъ перемѣщаться опять въ обратномъ направленіи, и черезъ 18,3 дней, т. е. по истеченіи полнаго оборота Меркурія около солнца, это послѣднее снова достигаетъ зенита тѣхъ точекъ, которыя лежатъ около центра диска (рис. 108). Послѣ этого всѣ вышеописанныя явленія повторяются опять въ прежнемъ порядкѣ. Такимъ образомъ, изъ точекъ Меркурія, лежащихъ въ поясахъ, простирающихся на 66,3° по долготѣ въ обѣ стороны отъ центра диска и составляющихъ вмѣстѣ пространство, охватывающее 123,6° по долготѣ, солнце усматривается постоянно надъ горизонтомъ. Къ этому пространству какъ съ восточной, такъ и съ западной стороны прилегаютъ поясы, охватывающіе по долготѣ 47,4° каждый и характеризующіеся тѣмъ, что въ точкахъ, лежащихъ въ этихъ поясахъ, при каждомъ оборотѣ Меркурія около солнца это послѣднее заходитъ на болѣе или менѣе продолжительное время, а на границахъ этихъ поясовъ оно появляется надъ горизонтомъ лишь на нѣсколько мгновеній.

На границахъ только-что упомянутыхъ поясовъ, равно какъ и въ полярныхъ странахъ Меркурія, солнце никогда не поднимается высоко надъ горизонтомъ, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто также и въ полярныхъ странахъ нашей земли.

Изъ предыдущаго ясно, что приблизительно третья часть всей поверхности Меркурія совершенно не получаетъ отъ солнца его благодѣтельныхъ лучей, и что условія освѣщенія и нагрѣванія, господствующія въ остальныхъ частяхъ поверхности этой планеты, совершенно отличны отъ условій, имѣющихъ мѣсто на нашей землѣ.

Солнечный дискъ, діаметръ котораго съ Меркурія представляется въ 3 раза, а площадь въ 9 разъ больше, чѣмъ съ земли, усматривается съ первой изъ этихъ планетъ всегда въ одной и той же, сравнительно небольшой части небесной сферы, въ которой онъ, подобно маятнику, колеблется около нѣкотораго своего средняго положенія. При этомъ въ теченіе года, составляющаго на Меркуріѣ 88 нашихъ дней, солнце совершаетъ только одинъ размахъ, полная амплитуда котораго равняется 47,4°. Поэтому въ страны Мерку-

рія, лежащія приблизительно въ центрѣ обращеннаго къ солнцу полушарія, это свѣтило посылаетъ свои палящіе лучи всегда почти по перпендикулярному направленію, причемъ въ этихъ странахъ совершенно невозможно какое бы то ни было охлажденіе вслѣдствіе того, что тамъ нѣтъ смѣны дней и ночей. Чѣмъ дальше отъ этихъ странъ отстоитъ по любому направленію точка на поверхности Меркурія, тѣмъ меньше высота огромнаго огненнаго солнечнаго шара надъ горизонтомъ. На полюсахъ Меркурія солнце всегда находится на самомъ горизонтѣ, между тѣмъ какъ въ крайнихъ точкахъ, лежащихъ на экваторѣ, по временамъ оно можетъ, какъ мы уже видѣли, также и погружаться подъ горизонтъ. При этомъ не слѣдуетъ забывать, что контрасты свѣта и теплоты на Меркуріѣ выступаютъ гораздо рѣзче, чѣмъ у насъ на землѣ. Нетрудно вычислить, что вслѣдствіе близости Меркурія къ солнцу освѣщеніе, которое онъ получаетъ, или, другими словами, яркость его дня приблизительно въ 7 разъ больше, чѣмъ у насъ на землѣ. То же самое относится и къ количеству теплоты, которое Меркурій получаетъ отъ солнца: нѣкоторая площадь на поверхности Меркурія получаетъ въ 7 разъ больше теплоты, чѣмъ такая же площадь на поверхности земли. Но вмѣстѣ съ тѣмъ отсюда еще нельзя дѣлать заключенія, что температура, господствующая на Меркуріѣ, также въ 7 разъ выше температуры, господствующей у насъ на землѣ. Въ самомъ дѣлѣ температура на поверхности какой-нибудь планеты зависитъ главнымъ образомъ отъ того, насколько атмосфера этой планеты препятствуетъ обратному излученію полученной теплоты. Это становится вполнѣ яснымъ при восхожденіи на высокія горы. На горахъ какъ свѣтовое, такъ и тепловое напряженіе солнечныхъ лучей гораздо сильнѣе, чѣмъ въ равнинахъ, такъ какъ тамъ эти лучи, чтобы достичь земной поверхности, не должны проходить черезъ весьма плотные и потому обладающіе наибольшей поглощательной способностью нижніе слои нашей атмосферы. Но въ то же время на горахъ, какъ всякій знаетъ, значительно холоднѣе, чѣмъ въ равнинахъ, такъ какъ на большихъ высотахъ земная атмосфера уже въ сильной степени разрѣжена и потому можетъ лишь весьма незначительно препятствовать обратному излученію полученной теплоты въ міровое пространство. Изслѣдованія Ланглея впервые пролили надлежащій свѣтъ на значеніе атмосферъ для планетъ. На основаніи этихъ изслѣдованій оказывается, что безъ существованія нашей атмосферы температура на поверхности нашей земли понизилась бы до 40° или даже 50° ниже нуля по стоградусному термометру. Поэтому мы обязаны исключительно свойствамъ нашей атмосферы тѣмъ обстоятельствомъ, что наша земля пригодна для органической жизни, такъ какъ иначе вся ея поверхность на вѣки была бы погребена подъ ледянымъ покровомъ, подобно тому, какъ теперь это имѣетъ мѣсто въ полярныхъ странахъ въ зимнее время.

Поэтому, хотя Меркурій получаетъ отъ солнца какъ свѣта, такъ и теплоты въ 7 разъ больше, чѣмъ наша земля, тѣмъ не менѣе отсюда вовсе не слѣдуетъ, что на поверхности этой планеты также и температура въ 7 разъ выше температуры на нашей землѣ, и если бы между землей и Меркуріемъ существовала только одна эта разница, то и на немъ легко можно было бы представить себѣ живыя существа, подобныя намъ. Но на самомъ дѣлѣ и всѣ другія условія жизни на Меркуріѣ настолько рѣзко отличаются отъ условій, имѣющихъ мѣсто у насъ на землѣ, что не можетъ быть и рѣчи о существованіи на первой изъ этихъ планетъ людей, подобныхъ намъ.

§ 40. **Атмосфера Меркурія.** Во время своихъ многолѣтнихъ наблюденій Меркурія Шретеръ неоднократно замѣчалъ, что нѣкоторыя отдѣльныя мѣста его поверхности внезапно дѣлались болѣе свѣтлыми и затѣмъ черезъ нѣкоторое время снова темнѣли. Отсюда онъ заключилъ, что это были облака и что слѣдовательно планета окружена атмосферой, такъ какъ безъ существованія этой послѣдней нельзя себѣ представить облаковъ. Такъ какъ нижніе, прилегающіе къ планетѣ слои этой атмосферы по извѣстному закону физики должны быть плотнѣе верхнихъ и такъ какъ при различныхъ фазахъ планеты свѣтовая

граница опредѣляется тѣми точками, для которыхъ солнце въ этотъ моментъ находится въ горизонтѣ, то неоднократно наблюдавшаяся Шретеромъ неопредѣленность очертаній упомянутой свѣтовой границы получала такимъ образомъ вполнѣ правдоподобное и удовлетворительное объясненіе. Правда, въ новѣйшее время наблюдатели никогда не замѣчали подобнаго явленія; поэтому, вслѣдствіе неблагопріятнаго для наблюденій положенія Меркурія весьма возможно, что явленіе, на которое указывалъ Шретеръ, отчасти должно быть отнесено къ оптическимъ обманамъ, отчасти же зависѣло отъ нашихъ атмосферныхъ условій. Но тѣмъ не менѣе имѣются другія указанія на существованіе довольно плотной атмосферы у Меркурія. Такъ, напр., дискъ Меркурія представляется несравненно болѣе блѣднымъ, чѣмъ дискъ Венеры, между тѣмъ какъ вслѣдствіе большей близости къ солнцу первой изъ этихъ планетъ слѣдовало бы ожидать противнаго. По наблюденіямъ Насмита и Виннеке эта блѣдность Меркурія выступала особенно ясно въ концѣ сентября 1878 г., когда Меркурій и Венера находились на небесной сферѣ весьма близко другъ отъ друга, такъ что обѣ планеты были видимы одновременно въ полѣ зрѣнія трубы. Точно также Цельнеръ и Виннеке нашли, что отражательная способность Меркурія или такъ называемое альбедо этой планеты въ 5 разъ меньше отражательной способности Венеры; а Шейнеръ для отношенія отражательныхъ способностей этихъ двухъ планетъ даже получилъ дробь $^1/_6$. Это можетъ быть объяснено только существованіемъ достаточно плотной атмосферы у Меркурія. Къ тому же самому результату приводятъ и спектральныя изслѣдованія Фогеля, указывающія на то, что Меркурій окруженъ атмосферой, сходной съ нашей земной.

* Такъ какъ Меркурій посылаетъ намъ только отраженный солнечный свѣтъ, то и спектръ этой планеты есть ни что иное, какъ солнечный спектръ. Такъ называемыя теллурическія линіи или полосы, появляющіяся отъ измѣненія солнечнаго свѣта въ нашей атмосферѣ, также видны и въ этомъ спектрѣ. Эти полосы наблюдаются въ спектрахъ всѣхъ небесныхъ тѣлъ, такъ какъ ихъ свѣтъ, прежде чѣмъ достигнуть спектроскопа, долженъ пройти черезъ нашу атмосферу. Нетрудно понять, что теллурическія или атмосферическія линіи выступаютъ рѣзче въ томъ случаѣ, когда изслѣдуемое свѣтило находится вблизи горизонта. Если атмосфера Меркурія по своему химическому составу подобна нашей, то въ такомъ случаѣ теллурическія линіи должны быть темнѣе въ томъ случаѣ, когда спектроскопъ направленъ на Меркурія, и слабѣе, когда при помощи спектроскопа изслѣдуется луна, находящаяся на такой же высотѣ надъ горизонтомъ, такъ какъ у луны, какъ мы потомъ узнаемъ, совсѣмъ нѣтъ атмосферы. Слабый намекъ на подобное усиленіе теллурическихъ линій былъ замѣченъ въ дѣйствительности. *

§ 41. **Прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ.** Если Меркурій во время своего нижняго соединенія съ солнцемъ находится недалеко отъ эклиптики, а слѣдовательно также и недалеко отъ одного изъ своихъ узловъ, то онъ намъ представляется въ видѣ небольшого чернаго круглаго пятна на солнечномъ дискѣ. Это явленіе называется прохожденіемъ планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Въ это время видимый съ земли діаметръ Меркурія составляетъ 13″. *Въ настоящее время долгота восходящаго узла орбиты Меркурія приблизительно равна 47°, а нисходящаго 227°. Геліоцентрическая долгота (часть I, § 79) земли принимаетъ это значеніе въ маѣ и ноябрѣ. * Поэтому при настоящемъ положеніи линіи узловъ Меркурія прохожденія этой планеты могутъ случаться также только въ маѣ и ноябрѣ. Кеплеръ на основаніи составленныхъ имъ самимъ таблицъ движенія этой планеты впервые предсказалъ такое прохожденіе на 1631 годъ, и это прохожденіе дѣйствительно было наблюдаемо Гассенди въ Парижѣ 7 ноября 1631 года. Съ тѣхъ поръ астрономы уже неоднократно наблюдали прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ, такъ какъ въ теченіе столѣтія въ среднемъ бываетъ 13 такихъ прохожденій. Послѣднее прохожденіе Меркурія наблюдалось 10 ноября 1894 года. Рисунокъ 112 пред-

ставляетъ пути Меркурія на солнечномъ дискѣ во время 13 его прохожденій, имѣвшихъ мѣсто въ XIX-мъ столѣтіи. Въ настоящемъ XX столѣтіи два ближайшихъ прохожденія Меркурія произойдутъ 17 ноября 1907 года и 6 ноября 1914 года. Оба эти прохожденія будутъ вполнѣ доступны для наблюденій въ среднихъ широтахъ. Считаемъ нелишнимъ привести времена начала, середины и конца явленія для этихъ двухъ прохожденій.

	Начало	Середина	Конецъ
14 ноября 1907 . . .	10^h26^m утра	0^h7^m попол.	1^h48^m попол.
6 » 1914 . . .	10 3 »	0 5 »	2 7 »

Эти данныя относятся къ центру земли. Это значитъ, что въ указанные моменты, которые, между прочимъ, выражены въ среднемъ гринвичскомъ времени, наблюдатель увидѣлъ бы различныя фазы явленія въ томъ случаѣ, если бы онъ могъ помѣститься въ центрѣ земли.

Черезъ каждыя 46 лѣтъ прохожденія Меркурія повторяются въ прежнемъ порядкѣ, такъ какъ 46 земныхъ лѣтъ по своей продолжительности почти въ точности равняются 191 обороту Меркурія около солнца: въ первомъ изъ этихъ періодовъ заключается 16801,79 дней, а во второмъ 16802,13. Но такъ какъ между продолжительностями этихъ двухъ періодовъ все-таки существуетъ нѣкоторая, хотя и небольшая разница, то черезъ каждыя 46 лѣтъ при соотвѣтствующемъ ноябрьскомъ прохожденіи хорда, описываемая Меркуріемъ на солнечномъ дискѣ, перемѣщается на 1,7′ къ сѣверу, въ чемъ читатели могутъ легко убѣдиться, сравнивъ на рисункѣ 112 три прохожденія: 9 ноября 1802 г., 9 ноября 1848 года и 10 ноября 1894 г. При майскихъ же прохожденіяхъ эта хорда каждый разъ перемѣщается нѣсколько къ югу. * Кромѣ того, внутри 46-лѣтняго періода прохожденія около одного и того же узла случаются обыкновенно черезъ 13 лѣтъ одно послѣ другого, иногда черезъ 6 или 7 лѣтъ, но могутъ также слѣдовать одно за другимъ и черезъ 33 года. Далѣе ноябрьское прохожденіе весьма часто бываетъ отдѣлено отъ майскаго промежуткомъ, равнымъ $3^1/_2$ годамъ. Вообще же въ теченіе большого промежутка времени гораздо чаще наблюдаются прохожденія въ ноябрѣ, чѣмъ въ маѣ. *

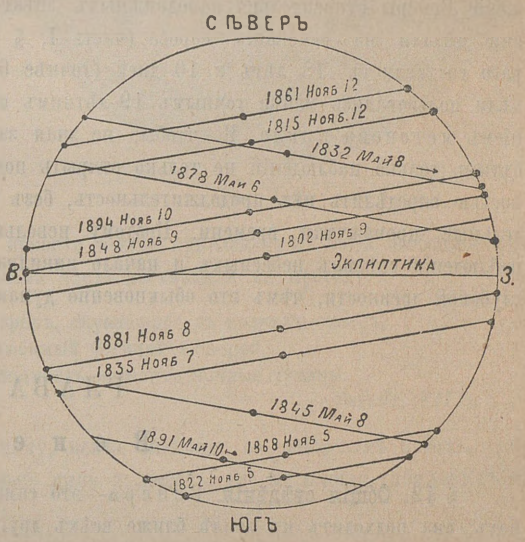


Рис. 112.

Вмѣсто періода, равнаго 46 годамъ, можно остановиться на другомъ, еще болѣе точномъ, именно на 217-лѣтнемъ періодѣ, продолжительность котораго настолько близко подходитъ къ продолжительности періода, охватывающаго 901 оборотъ Меркурія около солнца, что вышеупомянутое перемѣщеніе хорды къ сѣверу или къ югу въ этомъ случаѣ составляетъ всего только 0,2′. Поэтому, по истеченіи такого періода не только прохожденія Меркурія повторяются въ прежнемъ порядкѣ, но и всѣ обстоятельства двухъ прохожденій, отдѣленныхъ одно отъ другого 217-лѣтнимъ промежуткомъ времени, настолько одинаковы, что на основаніи вычисленій или наблюденій, относящихся къ одному изъ этихъ прохожденій, можно съ точностью до одной минуты времени дѣлать предсказанія также и относительно другого. Такъ, напр., моменты начала и конца, замѣченные во время прохожденія

Меркурія 7 ноября 1861 года, съ удовлетворительною точностью опредѣляютъ также начало и конецъ прохожденія, имѣвшаго мѣсто 9 ноября 1848 года.

Что выше было сказано о прохожденіяхъ Меркурія, то, конечно, относится также и вообще къ движенію этой планеты: черезъ каждыя 46 лѣтъ Меркурій снова возвращается къ прежнимъ неподвижнымъ звѣздамъ; далѣе, по истеченіи того же самаго періода повторяются въ прежнемъ порядкѣ условія, при которыхъ эта планета наиболѣе доступна для наблюденій и т. д.

Періоды, подобные вышеуказаннымъ и характеризующіеся тѣмъ, что по истеченіи ихъ всѣ обстоятельства движенія планетъ повторяются въ прежнемъ порядкѣ, имѣли весьма важное значеніе для древнихъ астрономовъ, такъ какъ въ то время предсказанія небесныхъ явленій не основывались на предвычисленіи, какъ теперь, а дѣлались исключительно на основаніи подобныхъ періодовъ. Поэтому понятно, что древніе астрономы все свое остроуміе и всю свою неутомимую энергію прилагали къ отысканію подобныхъ періодовъ, и справедливость требуетъ сказать, что они и дѣйствительно открыли цѣлый рядъ такихъ періодовъ. Такъ, халдеямъ былъ извѣстенъ только-что упомянутый 46-лѣтній періодъ въ движеніи Меркурія, они же замѣтили, что черезъ каждыя 8 лѣтъ повторяется въ прежнемъ порядкѣ движеніе Венеры относительно неподвижныхъ звѣздъ; свои предсказанія лунныхъ затмѣній они дѣлали на основаніи сароса (часть I, § 102), періода, продолжительность котораго составляетъ 18 лѣтъ и 10 дней (точнѣе 6585,4 дней) и т. д. Греки для той же цѣли пользовались менѣе точнымъ 19-лѣтнимъ періодомъ, который извѣстенъ подъ названіемъ метонова цикла. Но чтобы, не зная законовъ движенія планетъ, на основаніи однихъ только наблюденій не только открыть подобные періоды, но и съ достаточною точностью опредѣлить ихъ продолжительность, безъ сомнѣнія, были необходимы весьма значительные промежутки времени. Поэтому невольно приходишь къ убѣжденію, что первыя наблюденія свѣтилъ небесныхъ и начало цивилизаціи вообще относятся къ гораздо болѣе глубокой древности, чѣмъ это обыкновенно думаютъ.

ГЛАВА IV.

Венера.

§ 42. **Общія свѣдѣнія.** Венера—это самая яркая и самая красивая изъ всѣхъ планетъ; она подходитъ къ землѣ ближе всѣхъ другихъ большихъ планетъ, и потому ея кажущаяся скорость движенія наибольшая; по всей вѣроятности быстрое движеніе Венеры впервые навело астрономовъ на мысль, что кромѣ неподвижныхъ звѣздъ существуютъ еще другія небесныя тѣла, такъ называемыя планеты.

Венеру весьма легко узнать по ея ослѣпительно яркому бѣлому свѣту. Венера, если не считать нѣкоторыхъ кометъ, есть единственное небесное свѣтило, которое, подобно лунѣ, можетъ быть видимо невооруженнымъ глазомъ нерѣдко даже днемъ, когда на небѣ сіяетъ солнце; ночью же при свѣтѣ Венеры при благопріятныхъ обстоятельствахъ предметы отбрасываютъ тѣнь (рис. 113). На основаніи изслѣдованій Вилькокса эта тѣнь отличается отъ тѣни, отбрасываемой предметами при солнечномъ и лунномъ свѣтѣ, тѣмъ, что она представляется довольно рѣзко ограниченной и не окружена полутѣнью. Вилькоксъ объясняетъ это обстоятельство тѣмъ, что Венера представляется намъ на небесной сферѣ въ видѣ свѣтлой точки, солнце же или луна—въ видѣ дисковъ.

Вслѣдствіе яркости своего свѣта Венера была извѣстна уже въ весьма древнія времена. Венера—это единственная изъ планетъ, которая упоминается въ дошедшихъ до насъ произведеніяхъ древнихъ поэтовъ. Такъ, Гомеръ называетъ ее прекраснѣйшей, κάλλιστος (Иліада, XXII):

. . . . звѣзда межъ звѣздами въ сумракѣ ночи сіяетъ,
Гесперъ, который на небѣ прекраснѣе всѣхъ и свѣтлѣе.

Названіе Гесперъ или Весперуго, что значитъ вечерняя звѣзда, Венера получила потому, что ея перемѣщенія среди неподвижныхъ звѣздъ по всей вѣроятности были открыты тогда, когда она была видима вечеромъ на западной части небосклона. Но вскорѣ послѣ этого, конечно, замѣтили, что подобная же яркая звѣзда появляется иногда утромъ на восточной части небесной сферы, вслѣдствіе чего эту новую звѣзду назвали Фосфоромъ или Люцифероmъ, что значитъ приносящая свѣтъ (утренняя звѣзда). Безъ большого труда можно было убѣдиться, что обѣ эти звѣзды суть ничто иное, какъ одно и то же свѣтило. Говорятъ, что Пиѳагоръ первый отождествилъ эти двѣ звѣзды. Выше (часть I, § 59) мы уже упоминали, что также и Меркурій появляется на небесной сферѣ то въ видѣ утренней звѣзды, то въ видѣ вечерней. Однако изъ этихъ двухъ планетъ Венера вслѣдствіе своей яркости всегда привлекала къ себѣ особенное вниманіе, и греческіе и римскіе поэты весьма часто восхваляли ея красоту.

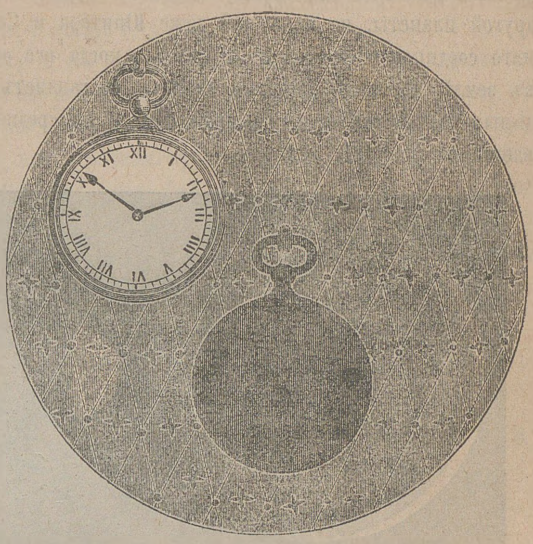


Рис. 113.

Такъ лучезарный Люциферъ, скупавшись въ волнахъ океана,
Болѣе всѣхъ свѣтилъ любимый богиней Венерой,
Свѣтлый свой ликъ поднимаетъ и гонитъ ночные туманы.
(*Энеида, VIII*).

Новѣйшіе поэты, которые, повидимому, менѣе знакомы со звѣзднымъ небомъ, такъ какъ они воспѣваютъ почти исключительно вино и любовь, все же иногда упоминаютъ объ этой замѣчательной планетѣ:

Friend to mankind, she glitters from afar,
Now the bright ev'ning, now the morning star *).
(*Baker*).

Венера обозначается знакомъ ♀, который изображаетъ зеркало съ ручкой, этотъ необходимѣйшій аттрибутъ богини красоты.

§ 43. **Время обращенія Венеры и ея разстоянія отъ солнца и земли.** Разстояніе Венеры до солнца въ среднемъ равняется 0,723 радіуса земной орбиты, что составляетъ приблизительно 108 милліоновъ километровъ. Изъ всѣхъ планетныхъ орбитъ орбита Венеры обладаетъ наименьшимъ эксцентриситетомъ; иначе говоря, орбита Венеры наиболѣе подходитъ къ окружности круга, и потому Венера почти всегда остается на одномъ и томъ же разстояніи отъ солнца. Но зато разстоянія этой планеты отъ земли бываютъ весьма различны. Во время нижняго соединенія Венеры съ солнцемъ, когда она находится ближе всего къ землѣ, это разстояніе составляетъ только 38 милліоновъ километровъ. Во время верхняго соединенія это разстояніе, какъ извѣстно, дѣлается наибольшимъ, и въ это

*) Покровительствуя человѣческому роду, она издали ярко сіяетъ, то въ видѣ вечерней, то въ видѣ утренней звѣзды. (*Бекеръ*).

время Венера отстоитъ отъ земли на 260 милліоновъ километровъ, т.-е. въ 7 разъ дальше, чѣмъ во время своего нижняго соединенія съ солнцемъ. На этомъ основаніи и видимые размѣры планеты весьма различны при различныхъ ея положеніяхъ относительно солнца и земли. Во время нижняго соединенія діаметръ Венеры усматривается съ земли подъ угломъ, равнымъ 65″, такъ что въ это время Венера представляется намъ больше всякой другой планеты, не исключая даже Юпитера и Сатурна съ его кольцами. Во время верхняго соединенія Венеры съ солнцемъ, когда все освѣщенное полушаріе ея обращено прямо къ землѣ, видимый діаметръ планеты составляетъ приблизительно 10″. Сравнительные видимые размѣры Венеры на крайнихъ и на среднемъ ея разстояніяхъ отъ земли представлены на рисункѣ 114.

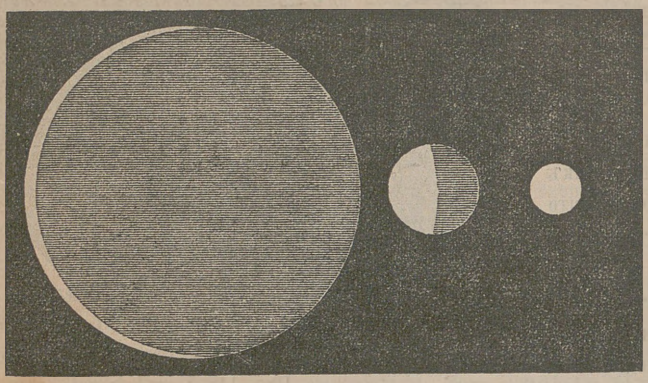


Рис. 114.

Истинный діаметръ Венеры составляетъ 12 тысячъ километровъ; слѣдовательно, онъ лишь немного менѣе діаметра земли. Поверхность Венеры равняется 450 милліонамъ квадратныхъ километровъ и такимъ образомъ составляетъ приблизительно 0,9 поверхности земли. Наконецъ объемъ Венеры, равный 898000 милліоновъ кубическихъ километровъ, составляетъ 0,8 объема земли. Сравнительные размѣры земли и Венеры изображены на рисункѣ 115, на которомъ Венера находится справа. Сжатія у Венеры до сихъ поръ совсѣмъ не было замѣчено.

Сидерическое обращеніе Венеры около солнца составляетъ 224,701, тропическое—224,695 и синодическое—583,92 дней (часть I, §§ 84, 85 и 86). При своемъ движеніи около солнца Венера въ среднемъ проходитъ 33,2 километра въ секунду. Масса Венеры составляетъ 0,8 массы земли, а плотность ея лишь незначительно меньше плотности земли. Наконецъ, на поверхности Венеры свободно падающія тѣла въ первую секунду проходятъ 4,4 метра, т.-е. приблизительно такое же пространство, какъ и у насъ на землѣ.

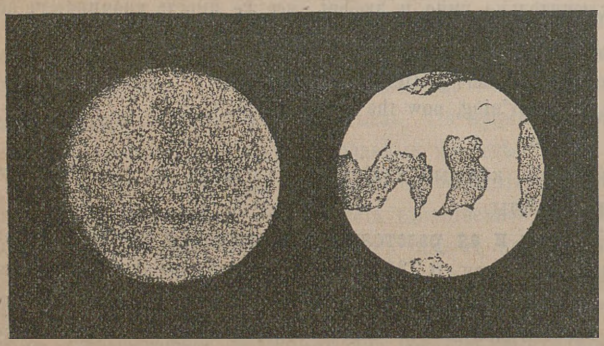


Рис. 115.

Изъ предыдущаго ясно, что Венера есть планета, весьма сходная съ нашей землей, такъ какъ всѣ перечисленныя до сихъ поръ свойства первой весьма мало отличаются отъ соотвѣтственныхъ свойствъ послѣдней. Однако мы скоро увидимъ, что нѣтъ недостатка также и въ различіяхъ между обѣими планетами.

§ 44. **Фазы Венеры и условія ея видимости.** Само собою разумѣется, что у Венеры существуютъ такія же фазы, какъ и у Меркурія; нетрудно понять, что фазы Венеры должны быть болѣе замѣтны, чѣмъ фазы Меркурія, такъ какъ Венера не только

больше Меркурія, но кромѣ того часто подходитъ къ землѣ гораздо ближе, чѣмъ этотъ послѣдній. Фазы Венеры (рис. 116) объясняются совершенно такимъ же образомъ, какъ и фазы Меркурія (§ 36). Фазы Венеры можно замѣтить въ зрительную трубу, обладающую весьма небольшимъ увеличеніемъ, и потому онѣ были открыты еще Галилеемъ тотчасъ послѣ изобрѣтенія зрительной трубы; это открытіе доставило новое блестящее доказательство истинности коперниковой системы міра (часть I, § 69).

Венера можетъ удаляться къ востоку и къ западу отъ солнца на 48°, но во время этихъ элонгацій (часть I, § 59) планеты ея яркость далеко не достигаетъ наибольшей величины. Выше мы уже видѣли, что то же самое имѣетъ мѣсто также и для Меркурія (§ 37). Измѣненіе яркости обѣихъ этихъ планетъ зависитъ отъ двухъ причинъ: отъ измѣненія разстоянія планеты до земли и отъ измѣненія фазы планеты. Вслѣдствіе первой причины яркость планеты постоянно увеличивается при ея перемѣщеніи изъ верхняго соединенія съ солнцемъ въ нижнее, такъ какъ при этомъ планета постепенно приближается къ землѣ; но въ то же самое время вторая причина обусловливаетъ постоянное уменьшеніе яркости вслѣдствіе постепеннаго уменьшенія фазы. Такимъ образомъ обѣ эти причины оказываютъ прямо противоположныя другъ другу вліянія на яркость планеты, и вслѣдствіе этого наибольшая яркость имѣетъ мѣсто тогда, когда уменьшеніе яркости вслѣдствіе уменьшенія фазы начинаетъ превышать ея увеличеніе вслѣдствіе приближенія планеты къ землѣ. Отсюда вытекаетъ весьма интересная задача, состоящая въ опредѣленіи положенія Венеры, когда она достигаетъ наибольшей яркости. Этой задачей занимался еще Галлей въ 1716 году. Теоретическое рѣшеніе этой задачи представляетъ необыкновенныя трудности, такъ какъ законъ зависимости яркости планеты отъ фазы намъ неизвѣстенъ. Для практическаго же рѣшенія ея не было достаточнаго наблюдательнаго матеріала до тѣхъ поръ, пока не предпринялъ своихъ изслѣдованій относительно этого вопроса Мюллеръ, закончившій свою работу въ 1893 году. На основаніи этихъ изслѣдованій оказывается, что наибольшей яркости Венера достигаетъ при удаленіи на 39° къ востоку или къ западу отъ солнца. Такое положеніе планета занимаетъ въ среднемъ за 36 дней до и черезъ столько же дней послѣ своего нижняго соединенія съ солнцемъ. Въ это время ея видимый діаметръ составляетъ приблизительно 40″, а наибольшая ширина освѣщенной части только 10″; но вслѣдствіе близости планеты къ намъ яркость этого узкаго серпа въ 69 разъ больше яркости Веги и въ 18 разъ больше яркости Сиріуса, самой яркой звѣзды на небесной сферѣ. При этомъ измѣненія яркости планеты почти совершенно не замѣтны въ теченіе 14 дней какъ до, такъ и послѣ момента наибольшей ея яркости, вслѣдствіе чего около этого времени приблизительно въ теченіе 4 недѣль наблюдатели, обладающіе зоркимъ зрѣніемъ, могутъ видѣть Венеру невооруженнымъ глазомъ даже въ полдень, если только имъ достаточно точно извѣстно положеніе, занимаемое планетой на небесной сферѣ. Если же обстоятельства, обусловливающія наибольшую яркость планеты, совпадаютъ съ благопріятнымъ положеніемъ Венеры относительно солнца, что случается одинъ разъ каждыя 8 лѣтъ (§ 41), то это свѣтило иногда бросается въ глаза днемъ даже обыкновеннымъ смертнымъ. Такой случай имѣлъ мѣсто, напр., 21 іюня 1716 года, когда народъ въ Лондонѣ принялъ это явленіе за чудо и счелъ его за предзнаменованіе близкаго несчастія. Точно также въ 1750 году не менѣе невѣжественная чернь въ Парижѣ была

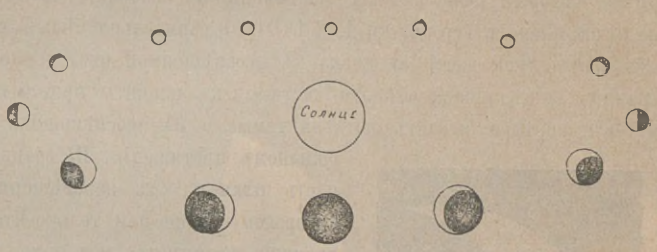


Рис 116.

настолько взволнована подобнымъ же явленіемъ, что пришлось прибѣгнуть къ помощи полиціи для прекращенія возникшихъ безпорядковъ.

Здѣсь слѣдуетъ упомянуть, что иногда и темная часть диска Венеры бываетъ также видима, хотя и въ весьма слабомъ освѣщеніи; это бываетъ замѣтно особенно тогда, когда освѣщенная часть представляется намъ въ видѣ весьма тонкой свѣтлой нити. Первый обратилъ вниманіе на это явленіе, кажется, Рикчіоли въ 1643 году. Послѣ него въ началѣ XVIII столѣтія то же самое явленіе наблюдали Дерхамъ и Кирхъ, въ XIX же столѣтіи такія наблюденія производились неоднократно, причемъ Лиману удалось прослѣдить темную часть диска Венеры въ то время, когда планета находилась въ весьма близкомъ угловомъ разстояніи отъ солнца. Причина этого явленія пока остается еще загадочной, и очень можетъ быть, что ее надо искать въ своего рода фосфоресценціи или въ электрическихъ разрядахъ, подобныхъ тѣмъ, которыми вызываются сѣверныя сіянія.

§ 45. **Атмосфера, пятна и горы Венеры.** Что Венера окружена атмосферой, плотность которой равна плотности нашей земной атмосферы, это было доказано еще Шретеромъ, который вывелъ такое заключеніе на основаніи своихъ наблюденій надъ сумерками на этой планетѣ (ср. часть I, § 110). Ослѣпительно бѣлый свѣтъ Венеры при переходѣ отъ освѣщенной части ея диска къ неосвѣщенной постепенно ослабѣваетъ, и около самой границы, отдѣляющей обѣ эти части, дискъ планеты принимаетъ даже сѣроватую окраску, которая нерѣдко бываетъ замѣтна также и на неосвѣщенной части планеты на довольно большомъ протяженіи. На границѣ, отдѣляющей освѣщенную часть планеты отъ неосвѣщенной, лежатъ такія точки, для которыхъ солнце или только-что зашло или же въ скоромъ времени поднимется изъ-подъ горизонта. Поэтому въ такихъ точкахъ планеты имѣютъ мѣсто или вечернія, или утреннія сумерки. Понятіе о явленіи сумерекъ на Венерѣ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 117, который представляетъ копію съ рисунка, сдѣланнаго Деннингомъ 26 марта 1881 года. По ширинѣ полосы, охватывающей на Венерѣ тѣ мѣста, для которыхъ имѣютъ мѣсто сумерки, Шретеръ сдѣлалъ заключеніе, что рефракція (часть I, § 106) въ горизонтѣ на Венерѣ приблизительно такая же, какую мы наблюдаемъ также и у насъ на землѣ. Точно также замѣчательное удлиненіе роговъ Венеры во время ея серповидныхъ фазъ можетъ быть объяснено только существованіемъ около этой планеты плотной атмосферы.

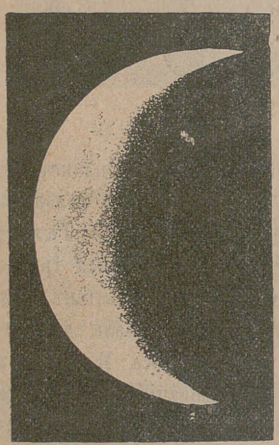
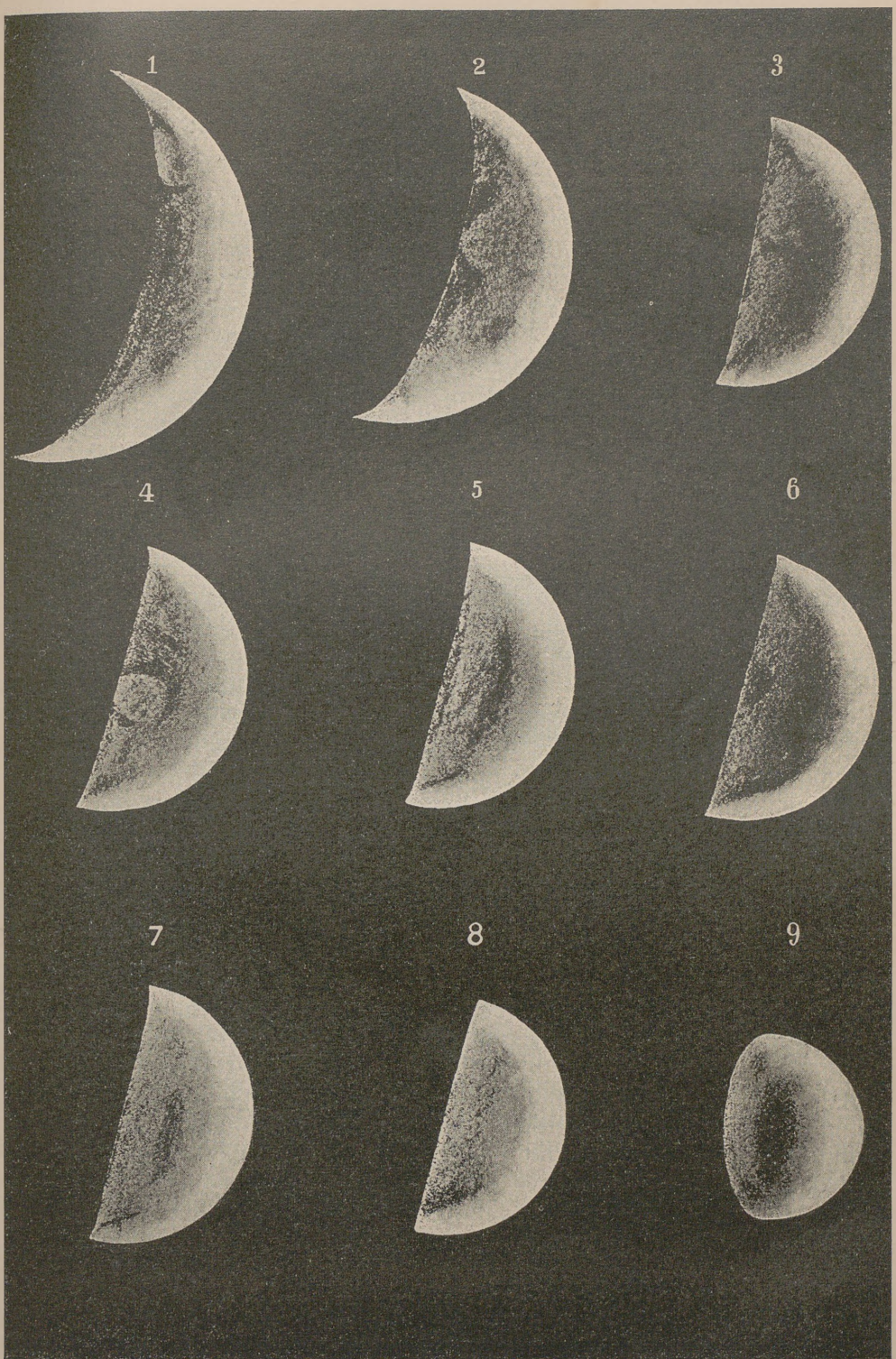


Рис. 117.

Другое доказательство существованія атмосферы у Венеры состоитъ въ томъ, что неподвижныя звѣзды, мимо которыхъ проходитъ эта планета, не исчезаютъ за ея краемъ сразу, какъ это замѣчается при покрытіяхъ звѣздъ луною, но яркость ихъ ослабѣваетъ постепенно, по мѣрѣ ихъ приближенія къ краю планеты или, иначе говоря, по мѣрѣ ихъ погруженія въ нижніе и потому болѣе плотные слои ея атмосферы. Далѣе, при прохожденіи Венеры передъ дискомъ солнца (§ 56) въ 1874 году атмосфера этой планеты была замѣчена многими наблюдателями и между прочимъ Ватсономъ, а во время прохожденія въ 1882 году существованіе атмосферы у Венеры было констатировано почти всѣми наблюдателями (рис. 118)

Весьма цѣнными пополненіями нашихъ свѣдѣній относительно атмосферы Венеры мы обязаны Ландереру, который въ 1892 году доказалъ, что во время элонгаціи планеты идущій отъ нея свѣтъ не поляризованъ, откуда можно заключить, что поверхность этой планеты вполнѣ окутана толстымъ слоемъ облаковъ. Существованіемъ атмосферы объясняется то обстоятельство, что на поверхности Венеры лишь съ большимъ трудомъ можно



Венера въ 1897 году, по рисункамъ, сдѣланнымъ на обсерваторіи въ Жювизи.

замѣтить пятна и вообще какія бы то ни было подробности. Правда, со временъ Кассини и Біанкини пятна на дискѣ Венеры наблюдались неоднократно, но по большей части ихъ очертанія были настолько неопредѣленны и размыты, что отождествленіе ихъ съ пятнами, замѣченными позже, было совершенно невозможно. Только въ новѣйшее время Трувело, Терби, Ландереръ, Фламмаріонъ и др. замѣтили на дискѣ Венеры также свѣтлыя полярныя шапки, подобныя полярнымъ шапкамъ Марса (§ 59), но гораздо менѣе доступныя для наблюденій. Эти шапки, повидимому, представляютъ болѣе постоянныя образованія, чѣмъ пятна вообще. Трувело и Фламмаріонъ нѣсколько разъ имѣли случай наблюдать такія шапки одновременно на обоихъ полюсахъ, и по положенію этихъ шапокъ они заключили, что ось вращенія Венеры приблизительно перпендикулярна къ плоскости ея орбиты. * Приложенная при этомъ таблица изображаетъ различныя подробности на поверхности Венеры по наблюденіямъ, произведеннымъ Фламмаріономъ, Антоніади и Матье съ 11 іюня по 30 августа 1897 года на обсерваторіи въ Жювизи около Парижа. *

По наблюденіямъ Шретера не только замѣчается постепенное уменьшеніе яркости при переходѣ отъ освѣщенной части диска Венеры къ неосвѣщенной, но кромѣ того сама свѣтовая граница имѣетъ, какъ и у нашей луны; весьма неправильный видъ: эта свѣтовая граница во многихъ мѣстахъ разорвана и зазубрена, что особенно замѣтно около роговъ. Изъ этихъ наблюденій, которыя впослѣдствіи были подтверждены Беромъ и Медлеромъ, Шретеръ вывелъ заключеніе, что поверхность Венеры вообще весьма гориста, и что нѣкоторыя горы достигаютъ высоты 40 и даже 50 километровъ. Впрочемъ этотъ результатъ еще нельзя считать вполнѣ установленнымъ, такъ какъ два превосходныхъ наблюдателя, Скіапарелли и Трувело, которые въ послѣднее время занимались весьма подробнымъ изученіемъ поверхности этой планеты, несогласны между собою въ вопросѣ о существованіи горъ на Венерѣ: первый изъ нихъ оспариваетъ справедливость мнѣнія Шретера, а второй, наоборотъ, защищаетъ его.

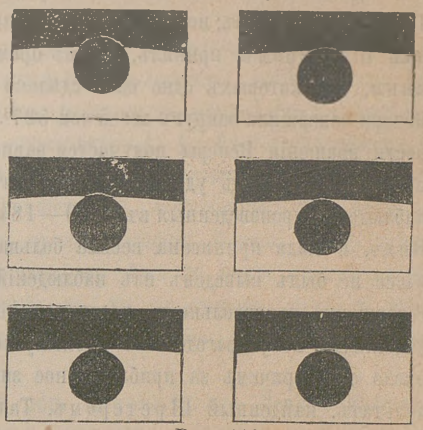


Рис. 118.

Изслѣдованіемъ спектра Венеры занимались Секки и Фогель; этотъ спектръ очень мало отличается отъ солнечнаго спектра. По наблюденіямъ Фогеля въ спектрѣ Венеры появляется нѣсколько тонкихъ полосъ, которыя сходны съ линіями нашей атмосферы и которыя слѣдуетъ приписать, вѣроятно, водянымъ парамъ. Гуггинсу удалось даже сфотографировать спектръ Венеры, и такимъ образомъ онъ прослѣдилъ его до линіи S, лежащей въ ультрафіолетовой части (§ 9).

§ 46. **Вращеніе Венеры.** Доминикъ Кассини, родоначальникъ астрономической фамиліи, давшей парижской обсерваторіи четырехъ директоровъ, послѣ удачнаго опредѣленія времени вращенія Марса и Юпитера, въ 1666 и 1667 годахъ сдѣлалъ попытку опредѣлить также время вращенія Венеры, но вслѣдствіе большой неопредѣленности наблюденій надъ пятнами на поверхности этой планеты наткнулся на такія затрудненія, что не могъ прійти ни къ какому опредѣленному результату. Болѣе удачной оказалась попытка, сдѣланная 60 лѣтъ спустя астрономомъ Біанкини, въ распоряженіи котораго была превосходная для его времени зрительная труба: изъ многочисленныхъ наблюденій онъ вывелъ заключеніе, что продолжительность вращенія Венеры около оси составляетъ 24 часа. Еще болѣе подробныя изслѣдованія были предприняты въ концѣ XVIII-го столѣтія Шретеромъ, который на основаніи своихъ 20-лѣтнихъ наблюденій надъ періодическими измѣненіями роговъ Венеры продолжительность вращенія этой планеты около оси нашелъ равною 23^h21^m.

Послѣ этого астрономы раздѣлились на двѣ партіи, изъ которыхъ одна для времени вращенія Венеры приняла результатъ, найденный Біанкини, а другая — результатъ, полученный Шретеромъ, хотя ни въ пользу того, ни въ пользу другого результата не было никакихъ рѣшительныхъ доказательствъ. Это обстоятельство побудило Ольберса и Шумахера обратиться къ астрономамъ римскаго колледжа съ просьбою снова заняться рѣшеніемъ той же задачи подъ чистымъ итальянскимъ небомъ съ помощью ихъ прекрасныхъ фраунгоферовыхъ трубъ. Согласно съ этой просьбой Де-Вико, вмѣстѣ съ нѣкоторыми другими астрономами, произвелъ съ 1839 по 1842 годъ болѣе 10000 наблюденій съ цѣлью опредѣленія вращенія Венеры, и, на основаніи этихъ наблюденій, продолжительность вращенія окончательно получилась равной $23^h21^m21{,}93^s$. Этотъ результатъ считался настолько точнымъ и вѣрнымъ, что въ теченіе цѣлаго полустолѣтія никому не приходило въ голову провѣрить его, пока, наконецъ, Скіапарелли въ 1890 году не подвергъ критическому пересмотру всѣ прежнія опредѣленія времени вращенія Венеры, причемъ онъ доказалъ, что эти опредѣленія были лишены всякаго сколько-нибудь надежнаго основанія.

Де-Вико не могъ вывести періода вращенія Венеры изъ однихъ только наблюденій 1839—1842 годовъ; поэтому онъ, положивъ въ основу своихъ изслѣдованій результатъ, найденный Шретеромъ, принялъ, что въ промежутокъ времени между двумя наблюденіями Біанкини, изъ которыхъ одно было сдѣлано 9 февраля 1726 года, а другое—7 іюля 1727 г., Венера совершила вокругъ своей оси $527^1/_4$ оборотовъ. Отсюда точная величина продолжительности вращенія Венеры получается равной $23^h21^m21{,}93^s$. По счастливой случайности этотъ періодъ представилъ удовлетворительнымъ образомъ не только старыя наблюденія, но также и наблюденія, произведенныя въ 1839—1842 годахъ, вслѣдствіе чего результату, найденному Де-Вико, и была приписана весьма большая точность. На самомъ же дѣлѣ этотъ результатъ вовсе не былъ выведенъ изъ наблюденій, произведенныхъ въ Римѣ, но былъ полученъ при совершенно произвольномъ предположеніи, что между двумя наблюденіями Біанкини, отдѣленными полуторагодовымъ промежуткомъ времени, Венера совершила $527^1/_4$ оборотовъ около оси, причемъ за приближенное значеніе періода вращенія Венеры былъ принятъ результатъ, найденный Шретеромъ. Такимъ образомъ, результатъ, найденный Де-Вико. очевидно, не заслуживаетъ довѣрія.

Доказавъ, что прежнія попытки опредѣленія времени вращенія Венеры около оси не привели ни къ какому положительному результату, Скіапарелли занялся обработкой большого числа наблюденій, произведенныхъ имъ самимъ съ тою же цѣлью, и какъ на основаніи этихъ наблюденій, такъ и на основаніи сравненія ихъ съ наблюденіями другихъ астрономовъ, онъ заключилъ, что вращеніе Венеры происходитъ весьма медленно, и что Венера, подобно Меркурію, по всей вѣроятности совершаетъ полный оборотъ около оси въ то же самое время, въ которое она описываетъ полный кругъ около солнца. Такимъ образомъ по изслѣдованіямъ Скіапарелли продолжительность вращенія Венеры около оси составляетъ 224,7 дней.

Выводы Скіапарелли относительно равенства временъ вращенія около оси и обращенія около солнца для Меркурія (§ 38) были приняты всѣми астрономами безъ всякихъ возраженій. Совершенно иначе отнеслись ученые къ изслѣдованіямъ Скіапарелли относительно вращенія Венеры. Нѣкоторые астрономы, къ числу которыхъ принадлежатъ Перротэнъ и Терби, были согласны въ этомъ вопросѣ съ миланскимъ астрономомъ, но бо́льшая часть ученыхъ и на первомъ планѣ Трувело, Нистенъ и Лошардтъ считали, что результатъ, найденный Скіапарелли, не подтверждается ихъ собственными наблюденіями, и были того мнѣнія, что періодъ вращенія Венеры около оси равенъ приблизительно 24 часамъ и, слѣдовательно, близко подходитъ къ періоду, опредѣленному Шретеромъ. Точно также Вислиценусъ въ весьма обстоятельномъ и подробномъ критическомъ разборѣ всѣхъ работъ, касающихся этого вопроса, высказывается за 24-часовой періодъ вращенія Венеры.

* Такимъ образомъ вопросъ о вращеніи Венеры до самаго послѣдняго времени оставался спорнымъ. Это обстоятельство побудило А. А. Бѣлопольскаго воспользоваться благопріятнымъ положеніемъ Венеры весною 1900 года, чтобы попытаться обнаружить вліяніе вращенія на положеніе линій въ спектрѣ этой планеты на основаніи принципа Доплера-Физо (§ 19). Если предположить, что время вращенія Венеры равно приблизительно 24 часамъ, то экваторіальная линейная скорость не должна превышать 0,5 километра въ секунду. Хотя новѣйшіе звѣздные спектрографы (часть IV) не въ состояніи обнаружить такой малой величины, однако, благодаря тому, что свѣтъ Венеры есть отраженный солнечный свѣтъ, по законамъ физики смѣщеніе линій въ спектрѣ этой планеты усиливается и притомъ не въ одинаковой степени при различныхъ относительныхъ положеніяхъ земли, Венеры и солнца. Въ наивыгоднѣйшихъ условіяхъ величина смѣщенія въ спектрѣ любого изъ краевъ планеты удвоивается. Слѣдовательно, если на одной и той же пластинкѣ снять спектры восточнаго и западнаго краевъ Венеры, то вслѣдствіе того, что въ одномъ изъ этихъ спектровъ линіи смѣщаются къ фіолетовому краю, а въ другомъ къ красному, относительное смѣщеніе линій въ этихъ спектрахъ должно быть въ четыре раза больше противъ нормальнаго.

Положеніе Венеры весною 1900 года было настолько выгодно, что относительное смѣщеніе линій въ спектрахъ восточнаго и западнаго краевъ планеты должно было равняться почти наибольшей своей величинѣ. Благодаря различнымъ мѣрамъ предосторожности и особенно благодаря высокой наблюдательной опытности А. А. Бѣлопольскаго, ему удалось измѣрить эти, все еще очень малыя смѣщенія линій въ спектрѣ Венеры. На основаніи своихъ измѣреній А. А. Бѣлопольскій пришелъ къ заключенію, что, хотя при современномъ состояніи спектральныхъ приборовъ время вращенія Венеры около оси не можетъ быть опредѣлено съ точностью до одного часа, но тѣмъ не менѣе вполнѣ обнаруживается краткость періода вращенія и направленіе въ ту же сторону, какъ у земли. Попытка А. А. Бѣлопольскаго опредѣлить время вращенія Венеры около оси спектральнымъ путемъ есть первая въ своемъ родѣ. *

§ 47. **Слѣдствія вращенія Венеры около оси.** Допуская, что Венера вращается около оси приблизительно въ 24 часа, мы должны заключить, что сутки на Венерѣ лишь весьма незначительно отличаются отъ нашихъ земныхъ сутокъ. О временахъ же года на Венерѣ едва ли мы имѣемъ право говорить, такъ какъ плоскость, въ которой происходитъ вращеніе этой планеты, во всякомъ случаѣ почти совпадаетъ съ плоскостью ея орбиты. Не вдаваясь въ подробности относительно этого вопроса, мы ограничимся лишь указаніемъ на то, что совпаденіе только-что упомянутыхъ двухъ плоскостей влечетъ за собою такія же явленія, какія наблюдались бы на нашей землѣ въ случаѣ совпаденія плоскостей экватора и эклиптики (часть I, § 32).

§ 48. **Спутникъ Венеры.** Въ прежнія времена часто возбуждался вопросъ о существованіи у Венеры спутника. Такъ, Фонтана неоднократно наблюдалъ этого мнимаго спутника въ 1645 году; Доминикъ Кассини утверждалъ, что онъ наблюдалъ спутника Венеры въ 1672 году и затѣмъ опять—въ 1686 г. Шортъ въ Англіи въ 1740 году также видѣлъ мнимаго спутника Венеры. Также у Монтэня, Горребова и другихъ мы находимъ упоминанія о наблюденіяхъ этого спутника. Во второй половинѣ XVIII-го столѣтія убѣжденіе въ существованіи спутника Венеры было настолько сильно, что для него даже было предложено собственное имя*), а Ламбертъ занялся опредѣленіемъ элементовъ его орбиты.

---

*) Король Фридрихъ II предлагалъ назвать спутника Венеры въ честь своего ученаго друга Даламбера. Однако, этотъ послѣдній отклонилъ отъ себя изъявленіе такого благоволенія, говоря: Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Vénus, ni assez jeune, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament». Надо замѣтить, что всегда было велико стремленіе давать небес-

На основаніи вычисленныхъ имъ элементовъ можно было заключить, что широта спутника во время прохожденій Венеры передъ солнечнымъ дискомъ въ 1761 и 1769 годахъ была настолько значительна, что онъ не могъ быть видимъ на солнечномъ дискѣ; но во время предстоявшаго 1 іюня 1777 г. соединенія Венеры съ солнцемъ этотъ спутникъ по вычисленіямъ Ламберта долженъ былъ проектироваться на солнечный дискъ. Однако, астрономы ни во время этого соединенія, ни позже его не видали; точно также и во время прохожденій Венеры въ 1874 и 1882 году никто не видалъ предполагаемаго спутника этой планеты. Поэтому нѣтъ никакого сомнѣнія, что у Венеры не существуетъ спутника, по крайней мѣрѣ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ. Нѣкоторыя прежнія наблюденія мнимаго спутника Венеры объясняются исключительно оптическимъ обманомъ, состоящимъ въ томъ, что иля-

---

нымъ свѣтиламъ имена великихъ людей. Такъ, Галилей назвалъ открытаго имъ спутника Юпитера Медичейской звѣздой въ честь фамиліи Медичей, правившей въ то время во Флоренціи. Августинскій монахъ Шиллеръ переименовалъ всѣ созвѣздія на небѣ, и принятыя въ теченіе тысячелѣтій названія ихъ замѣнилъ календарными именами святыхъ, какъ это можно видѣть изъ его книги «Coelum Christianum, 1627». Но наибольшаго интереса въ этомъ отношеніи заслуживаетъ исторія названій различныхъ образованій на лунѣ. Знаменитый данцигскій астрономъ Гевелій, составившій въ 1647 году первую хорошую карту луны, различнымъ пятнамъ и блестящимъ точкамъ на поверхности этого свѣтила далъ названія нашихъ горъ, материковъ и морей. Впослѣдствіи одинъ испанскій астрономъ нашелъ эти названія совершенно неподходящими и замѣнилъ ихъ именами святыхъ. Такимъ образомъ Апеннины были замѣнены св. Михаиломъ съ его огненнымъ мечомъ, Эгейское море съ его многочисленными островами—св. Урсулой съ ея 10000 дѣвъ, Этна—св. Товіемъ и т. п. Однако, вскорѣ послѣ этого Риччіоли снова нашелъ эти имена святыхъ неподходящими для такой цѣли и замѣнилъ ихъ именами знаменитыхъ астрономовъ и другихъ ученыхъ, причемъ для себя онъ сохранилъ мѣсто, конечно, изъ скромности, на краю луннаго диска. Такимъ образомъ св. Аѳанасій долженъ былъ уступить свое мѣсто древнему Платону, св. Маргарита — Птоломею, св. Антонъ отшельникъ — Плинію Младшему, св. Женевьева—Галилею и т. д., и только св. Екатерина осталась нетронутой на своемъ мѣстѣ, что объясняется особенною привязанностью Риччіоли къ женщинѣ, носившей это имя. Системѣ названій, предложенной этимъ астрономомъ, во всякомъ случаѣ болѣе посчастливилось, и мы теперь видимъ на лунѣ или, по крайней мѣрѣ, на нашихъ лунныхъ картахъ, много морей и озеръ, сохранившихъ свои названія еще со временъ Гевелія, но въ то же время въ одномъ мѣстѣ самъ Гевелій мирно помѣщается рядомъ съ Гримальди, въ другомъ — король Альфонсъ Кастильскій рядомъ съ Птоломеемъ и, наконецъ, въ третьемъ Аристиппъ изъ Цирены рядомъ съ Кассини изъ Парижа; да и самъ Риччіоли до сихъ поръ красуется въ своей прежней славѣ на краю луннаго диска. Впрочемъ такой обычай сохранять на вѣчныя времена имена знаменитыхъ людей былъ распространенъ еще у римлянъ. Извѣстно, что они весьма часто посвящали храмы, статуи и тріумфальныя арки своимъ императорамъ, заслуживали ли они этого или нѣтъ; но послѣ того какъ такого рода чествованія потеряли прелесть новизны, они стали изыскивать другіе способы оказанія почестей своимъ императорамъ. Римскіе сенаторы не были ни кругосвѣтными мореплавателями, чтобы въ честь императоровъ называть вновь открываемыя страны, ни астрономами, чтобы ихъ имена давать новымъ небеснымъ созвѣздіямъ; точно также нельзя было называть ихъ именами моря и материки на лунѣ, такъ какъ римляне совершенно не были знакомы съ подробностями на поверхности этого свѣтила. Поэтому римскимъ сенаторамъ пришло въ голову измѣнить названія мѣсяцевъ въ ихъ календарѣ, для чего не требовалось ни превосходныхъ инструментовъ, ни особенныхъ знаній, а было совершенно достаточно извѣстнаго запаса лести. Такъ, по постановленію сената, мѣсяцы іюль и августъ, прежде называвшіеся Quintilis и Sextilis, получили свои употребляющіяся и теперь названія въ честь первыхъ двухъ римскихъ императоровъ. Но такъ какъ мѣсяцъ Quintilis равнялся 31 дню, а Sextilis—30 днямъ, то учтивые римскіе царедворцы опасались, чтобы Августъ не обидѣлся, если его мѣсяцъ будетъ на одинъ день короче мѣсяца іюля, который раньше былъ посвященъ Юлію Цезарю; поэтому въ слѣдующемъ засѣданіи сената было рѣшено отнять одинъ день у февраля, который раньше равнялся 29 днямъ, и прибавить этотъ день къ августу. Подобнымъ же образомъ впослѣдствіи мѣсяцъ апрѣль получилъ названіе въ честь порочнаго Нерона, а мѣсяцъ май — въ честь еще болѣе порочнаго Клавдія. Домиціанъ не дожидался распоряженія сената, находившагося у него въ полномъ рабствѣ, но самъ подъ страхомъ смертной казни приказалъ мѣсяцъ октябрь впредь на вѣчныя времена называть Domitianus.

фованныя стекла астрономическихъ трубъ въ случаѣ такого яркаго небеснаго предмета, какъ Венера, могутъ давать иногда второе весьма ясное, но болѣе слабое ложное изображеніе планеты, которое легко можно принять за спутника этой послѣдней. Такое явленіе при наблюденіи Венеры было замѣчено однажды, между прочимъ, Варгентиномъ; но когда онъ, чтобы отдѣлаться отъ этого обмана, сталъ вращать трубу около ея оптической оси, то вмѣстѣ съ тѣмъ и мнимый спутникъ сталъ вращаться около планеты, находящейся въ центрѣ поля зрѣнія трубы, совершенно подобно тому, какъ при такихъ же условіяхъ должно было бы вращаться пятно, находящееся на стеклѣ трубы. Что касается наблюденій Фонтаны, то они, безъ всякаго сомнѣнія, объясняются именно такимъ образомъ. Онъ наблюдалъ мнимаго спутника Венеры въ различныхъ положеніяхъ относительно планеты, наверху, внизу и т. д., но при этомъ около Венеры онъ всегда замѣчалъ большое число лучей. Совершенно подобныя же явленія онъ наблюдалъ и относительно Марса и Сатурна. При этомъ у мнимаго спутника Марса были замѣтны совершенно такія же фазы, какъ и у самой планеты! Точно также нѣкоторые другіе наблюдатели упоминаютъ о сходствѣ фазъ Венеры и ея мнимаго спутника, и одно это обстоятельство уже является подозрительнымъ, такъ какъ съ одной стороны ложное изображеніе планеты, дѣйствительно, должно имѣть такія фазы, а, съ другой стороны, у завѣдомо маленькаго спутника Венеры было бы весьма трудно различить фазы съ помощью небольшихъ трубъ, о которыхъ въ этомъ случаѣ только и можетъ быть рѣчь. Относительно же нѣкоторыхъ другихъ наблюденій мнимаго спутника Венеры Стробантъ въ 1887 году доказалъ, что это были яркія звѣзды, находящіяся вблизи Венеры. Къ такого рода наблюденіямъ относится, напримѣръ, наблюденіе Горребова, сдѣланное имъ въ 1768 году: этотъ наблюдатель за спутника Венеры принялъ звѣзду пятой величины θ Librae.

§ 49. **Важное значеніе наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ.** Въ третьей главѣ мы уже говорили о прохожденіяхъ Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ. Совершенно подобныя же явленія представляетъ намъ и Венера, такъ какъ ея орбита, какъ орбита нижней планеты, заключается внутри земной орбиты, и потому эта планета иногда, находясь между землей и солнцемъ, должна проектироваться на дискъ этого послѣдняго. Прохожденія Венеры играютъ весьма важное значеніе въ новѣйшей астрономіи, и мы нѣсколько подробнѣе остановимся на нихъ. Они даютъ прекрасное средство опредѣлять разстояніе отъ земли до солнца, или, что то же самое, длину большой полуоси земной орбиты. Эта полуось служитъ мѣрой, при помощи которой астрономы измѣряютъ не только различныя разстоянія въ нашей планетной системѣ, но и, вообще, всѣ разстоянія въ міровомъ пространствѣ. Поэтому точное знаніе ея длины представляется крайне необходимымъ. Выборъ этой мѣры не зависитъ отъ нашего произвола, въ противоположность единицамъ различныхъ другихъ мѣръ, но она, такъ сказать, указана намъ самой природой. По третьему закону Кеплера (часть I, § 77) квадраты временъ обращенія планетъ около солнца относятся между собою какъ кубы большихъ полуосей ихъ орбитъ. Времена же обращенія, какъ было сказано выше (часть I, § 87), могутъ быть опредѣлены съ большою точностью. Слѣдовательно, съ такою же точностью мы опредѣлимъ также и большія полуоси планетныхъ орбитъ, иначе говоря,—среднія разстоянія отъ планетъ до солнца, если только будемъ знать одно изъ этихъ разстояній, напр., среднее разстояніе отъ земли до солнца. Съ другой стороны, пока намъ неизвѣстны разстоянія отъ планетъ до солнца, до тѣхъ поръ мы ничего не можемъ знать также и о размѣрахъ какъ планетъ, такъ и самого солнца. Въ самомъ дѣлѣ наблюденія даютъ намъ только видимые размѣры небесныхъ тѣлъ; иначе говоря, изъ наблюденій опредѣляется только тотъ уголъ, подъ которымъ усматривается съ земли истинный діаметръ небесныхъ тѣлъ, а этотъ послѣдній можетъ быть вычисленъ только тогда, когда будутъ извѣстны разстоянія планетъ отъ земли (часть I, § 43).

§ 50. **Условія, при которыхъ возможны прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ.** Если бы Венера совершала свое движеніе въ плоскости эклиптики, то въ теченіе каждаго синодическаго оборота ея (часть I, § 86), т.-е. каждые 584 дня, имѣло бы мѣсто одно прохожденіе планеты передъ солнечнымъ дискомъ, такъ какъ въ теченіе этого времени Венера одинъ разъ непремѣнно занимаетъ положеніе между землей и солнцемъ. Однако, такъ какъ наклонность орбиты Венеры превышаетъ 3^0, а видимый діаметръ солнца составляетъ только $0{,}5^0$, то часто случается, что эта планета во время своего нижняго соединенія, когда она занимаетъ положеніе между землей и солнцемъ, проходитъ или слишкомъ высоко надъ этимъ послѣднимъ, или слишкомъ низко подъ нимъ и потому не можетъ проектироваться на солнечный дискъ. Прохожденіе Венеры возможно только тогда, когда геоцентрическая широта ея (часть I, § 81) не превосходитъ суммы видимыхъ радіусовъ солнца и планеты, т.-е. когда эта широта не больше $16' 35''$, такъ какъ видимый радіусъ солнца въ среднемъ составляетъ $16'2''$, а радіусъ Венеры во время нижняго соединенія равняется $33''$. Поэтому для возможности прохожденія Венера должна находиться въ это время вблизи отъ одного изъ своихъ узловъ (часть I, § 80), и при помощи небольшого вычисленія можно показать, что разстояніе планеты отъ узла по долготѣ не должно превышать $1^0 50'$. Такъ какъ это случается въ общемъ одинъ разъ въ теченіе 100 лѣтъ, и такъ какъ, съ другой стороны, въ 8 земныхъ годахъ заключается почти 13 оборотовъ Венеры около солнца, т.-е. черезъ каждыя 8 лѣтъ геліоцентрическая долгота планеты во время соединенія этой послѣдней принимаетъ приблизительно прежнее значеніе, то по истеченіи нѣкотораго большого промежутка времени мы обыкновенно имѣемъ возможность наблюдать два прохожденія Венеры, отдѣленныя одно отъ другого 8-лѣтнимъ промежуткомъ. Чтобы возможно было прохожденіе Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ, разстояніе этой планеты отъ узла не должно превышать $3^0 28'$, и такъ какъ это разстояніе гораздо больше соотвѣтственнаго разстоянія для Венеры, то вполнѣ понятно, что прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ случаются гораздо чаще, чѣмъ прохожденія Венеры *).

Съ начала XVII столѣтія прохожденія Венеры бываютъ постоянно или въ первой половинѣ іюня, или въ первой половинѣ декабря, и это будетъ такъ продолжаться до 3000 года нашего лѣтосчисленія. При этомъ два слѣдующихъ одно за другимъ прохожденія случаются въ іюнѣ, а послѣ этого новыя два въ декабрѣ и т. д. Если начать съ такого прохожденія, которое является первымъ изъ іюньскихъ, напр., съ прохожденія, наблюдавшагося въ 1761 году, то новыя прохожденія будутъ слѣдовать одно за другимъ по порядку черезъ 8, $105\frac{1}{2}$, 8, $121\frac{1}{2}$ лѣтъ, затѣмъ опять черезъ 8, $105\frac{1}{2}$ и т. д. На основаніи этихъ соображеній легко можно предсказывать будущія прохожденія, если одно какое-нибудь прохожденіе было предвычислено или наблюдалось. Такъ, имѣя въ виду, что послѣднее прохожденіе Венеры наблюдалось въ декабрѣ 1882 года, мы по предыдущему находимъ, что будущія прохожденія произойдутъ въ іюнѣ 2004 и 2012, въ декабрѣ 2117 и 2125, въ іюнѣ 2247 и 2255 и т. д. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены достаточно точныя данныя для 8 будущихъ прохожденій Венеры.

Годъ.	Средн. парижск. время соедин.	Моментъ середины явленія.	Продолжительность прохожденія.	Наим. геоцентр. разст. центра Венеры отъ центра солнца.
2004	8 іюня $9{,}0^h$ утра	$8{,}6^h$ утра	$5^h\ 30^m$	$0^0\ 11{,}3'$ къ югу
2012	6 » $1{,}5^h$ »	$1{,}8^h$ »	$5^h\ 42^m$	$0^0\ 8{,}3'$ » сѣв.
2117	11 дек. $3{,}1^h$ »	$2{,}7^h$ »	$4^h\ 46^m$	$0^0\ 13{,}0'$ » »
2125	8 » $3{,}3^h$ дня	$3{,}9^h$ дня	$5^h\ 36^m$	$0^0\ 11{,}5'$ » югу

*) Еще рѣже бываютъ прохожденія одной планеты передъ другой. Такой случай имѣлъ мѣсто 3 октября 1590 года, когда Марсъ былъ вполнѣ покрытъ Венерой.

Годъ.	Средн. парижск. время соедин.	Моментъ середины явленія.	Продолжительность прохожденія.	Наим. геоцентр. разст. центра Венеры отъ центра солнца.
2247	11 іюня $0{,}5^h$ дня	$0{,}0^h$ дня	$4^h\ 16^m$	$0^0\ 13{,}3'$ къ югу
2255	9 » $4{,}9^h$ утра	$5{,}1^h$ утра	$7^h\ 12^m$	$0^0\ 6{,}4'$ » сѣв.
2360	13 дек. $2{,}0^h$ »	$1{,}6^h$ »	$5^h\ 26^m$	$0^0\ 11{,}8'$ » »
2368	10 » $2{,}2^h$ »	$2{,}8^h$ дня	$4^h\ 58^m$	$0^0\ 12{,}6'$ » югу

§ 51. **Первыя наблюденія прохожденій Венеры.** Кеплеръ первый съ помощью своихъ новыхъ таблицъ движенія Венеры, которыя онъ въ честь императора Рудольфа II назвалъ Рудольфовыми, предсказалъ два прохожденія этой планеты передъ солнечнымъ дискомъ и такимъ образомъ обратилъ вниманіе астрономовъ на эти важныя явленія. Эти два прохожденія по вычисленіямъ Кеплера, опубликованнымъ въ 1627 году, должны были произойти 6 декабря 1631 года и 5 іюня 1761 года. И дѣйствительно, оба эти явленія были наблюдаемы и притомъ первое изъ нихъ спустя короткое сравнительно время послѣ смерти Кеплера, умершаго 15 ноября 1630 г. по новому стилю. Но Кеплеръ при помощи своихъ таблицъ не могъ указать еще одного прохожденія, которое произошло 4 декабря 1639 года. Это прохожденіе было предвычислено Хорроксомъ въ Англіи, причемъ онъ пользовался таблицами движенія Венеры, составленными Ландсбергомъ. Хотя эти таблицы по точности далеко уступали Рудольфовымъ, однако случайно при помощи нихъ оказалось возможнымъ предсказать прохожденіе 4 декабря 1639, котораго таблицы, составленныя Кеплеромъ, не давали. Хорроксъ, питавшій особенное довѣріе къ таблицамъ Ландсберга, приготовился къ наблюденіямъ предвычисленнаго имъ явленія, и дѣйствительно онъ видѣлъ Венеру на солнцѣ приблизительно въ теченіе получаса. Это прохожденіе наблюдалъ также другъ Хорррокса Крабтри, который жилъ всего въ нѣсколькихъ километрахъ отъ мѣстопребыванія Хорррокса и потому былъ предувѣдомленъ этимъ послѣднимъ о предстоящемъ явленіи. Однако, эти наблюденія не имѣли никакого значенія для науки, такъ какъ для того, чтобы изъ такого рода наблюденій можно было вывести какіе-нибудь результаты, наблюдатели, какъ мы скоро увидимъ, должны находиться въ мѣстахъ, лежащихъ весьма далеко другъ отъ друга. Кромѣ того въ тѣ времена еще не имѣли никакого представленія о важности этого явленія для опредѣленія разстоянія отъ земли до солнца, такъ какъ впервые обратилъ на это вниманіе Грегори въ своемъ сочиненіи «Optics», 1663». Однако огромную услугу наукѣ оказалъ собственно Галлей, который представилъ въ надлежащемъ свѣтѣ всю важность этого явленія для только-что названной цѣли и настоятельно рекомендовалъ астрономамъ наблюдать эти прохожденія. Самъ Галлей напалъ на мысль о важности прохожденій Венеры въ 1677 году, когда онъ наблюдалъ прохожденіе Меркурія на о-вѣ св. Елены, прославившемся впослѣдствіи по совершенно другимъ причинамъ. Поэтому астрономы задолго до слѣдующаго прохожденія Венеры, которое должно было произойти 5 іюня 1761 г. и котораго всѣ ожидали съ большимъ нетерпѣніемъ, начали самымъ усерднымъ образомъ готовиться къ наблюденію этого явленія, и многіе изъ нихъ отправились въ весьма отдаленныя страны, чтобы вѣрнѣе достичь своей цѣли. Исторія этихъ приготовленій изложена въ мемуарахъ Парижской Академіи Наукъ за 1757, 1761 и 1781 годы. Прекраснѣйшія наблюденія этого прохожденія были сдѣланы Мазономъ на мысѣ Доброй Надежды, Бергманомъ въ Упсалѣ, Планманомъ въ Каяпебургѣ въ Финляндіи и Шаппъ д'Отерошемъ въ Тобольскѣ. Обработка этихъ наблюденій показала, что горизонтальный параллаксъ солнца (часть I, § 40), соотвѣтствующій среднему разстоянію этого свѣтила отъ земли, заключается между 8″ и 9″. Какъ вывести отсюда самое разстояніе, что собственно и составляетъ главную цѣль этихъ наблюденій, объ этомъ уже было сказано раньше (часть I, § 40). Такимъ образомъ мы находимъ, что среднее разстояніе центра солнца отъ центра земли составляетъ или

25 783, или 22 918 земныхъ радіусовъ, смотря по тому, примемъ ли мы для параллакса солнца 8″ или 9″. Разность обоихъ результатовъ равна 2865 земнымъ радіусамъ или 18 милліонамъ километровъ, т.-е. составляетъ приблизительно одну девятую часть всего разстоянія, такъ что при помощи указанныхъ наблюденій истинное разстояніе отъ земли до солнца не было опредѣлено даже съ точностью до одной десятой части его.

§ 52. **Прежнія попытки опредѣленія солнечнаго параллакса.** Хотя точность вышеприведеннаго опредѣленія разстоянія отъ земли до солнца и невелика, тѣмъ не менѣе она весьма значительно превосходитъ точность прежнихъ опредѣленій. До Гиппарха не имѣли никакого сколько-нибудь близкаго къ истинѣ представленія о разстояніи отъ земли до солнца. Пиѳагоръ принималъ, что это разстояніе въ 3 раза больше разстоянія отъ земли до луны, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности первое болѣе чѣмъ въ 400 разъ превосходитъ второе.

Аристархъ Самосскій въ 260 году до Р. Хр. впервые сдѣлалъ попытку опредѣлить разстояніе отъ земли до солнца изъ наблюденій, на основаніи соображеній, подобныхъ тѣмъ, которыя были развиты въ § 88 первой части; при этомъ онъ нашелъ для солнечнаго параллакса величину, равную 3′, что въ 20 разъ больше истинной величины. Какъ ни велика ошибка этого опредѣленія, тѣмъ не менѣе до начала XVII столѣтія не могли получить болѣе точной величины солнечнаго параллакса. Посидоній, жившій два столѣтія спустя послѣ Р. Хр., принималъ, что разстояніе отъ земли до солнца равно 13150 земнымъ радіусамъ. Но этотъ результатъ, который приблизительно въ два раза меньше истинной величины, не былъ выведенъ изъ наблюденій, а былъ полученъ на основаніи соображеній, подобныхъ соображеніямъ древняго Плинія, считавшаго, что солнце отстоитъ отъ земли въ 12 разъ дальше, чѣмъ луна, такъ какъ первое совершаетъ полный оборотъ около земли въ 12 мѣсяцевъ, а вторая только въ одинъ мѣсяцъ. Риччіоли, умершій въ 1671 году, изъ большого числа наблюденій, произведенныхъ имъ самимъ по способу Аристарха, нашелъ, что солнечный параллаксъ заключается въ предѣлахъ отъ 28″ до 30″. Птоломей, напротивъ того, слѣдуя способу, предложенному Гиппархомъ, воспользовался для этой цѣли наблюденіями солнечныхъ затмѣній; но этотъ способъ, правда, весьма остроумный, не допускаетъ большой точности, такъ какъ разность разстояній отъ земли до солнца съ одной стороны и отъ земли до луны съ другой слишкомъ велика, вслѣдствіе чего Птоломей получилъ для солнечнаго параллакса весьма ошибочный результатъ, а именно 2′50″. Даже великій наблюдатель Тихо-Браге, умершій въ 1601 году, имѣлъ весьма неправильное представленіе о разстояніи, отдѣляющемъ солнце отъ земли. Онъ полагалъ, что это разстояніе равно 1142 земнымъ радіусамъ, и изъ наблюденій лунныхъ затмѣній вывелъ заключеніе, что солнечный параллаксъ не можетъ быть меньше 3′. Напротивъ того, Кеплеръ, со свойственнымъ ему остроуміемъ, замѣтилъ, что параллаксъ Марса во время оппозиціи этой планеты, какъ это слѣдуетъ изъ наблюденій Тихо-Браге, для современныхъ ему наблюдательныхъ средствъ былъ совершенно незамѣтенъ, и что, слѣдовательно, то же самое должно быть еще въ большей степени справедливо и относительно солнечнаго параллакса. Съ помощью инструментовъ того времени было весьма трудно измѣрить какой-нибудь уголъ съ точностью до одной или даже до двухъ минутъ. Поэтому Кеплеръ считалъ солнечный параллаксъ равнымъ 1′, что все еще въ 7 разъ больше истинной величины.

Доминикъ Кассини первый далъ для солнечнаго параллакса величину, близкую къ истинѣ. По его предложенію Ришэ былъ посланъ Парижской Академіей на островъ Кайенну для измѣренія меридіональныхъ высотъ Марса (часть I, § 41), между тѣмъ какъ въ Парижѣ высоты этой планеты наблюдались Пикаромъ и Ремеромъ. Изъ этихъ наблюденій Кассини заключилъ, что параллаксъ Марса равенъ $25^1/_2$″, и, на основаніи третьяго закона Кеплера (часть I, § 77), для параллакса солнца получилъ $9^1/_2$″, откуда слѣ-

дуетъ, что разстояніе отъ земли до солнца равняется 21712 земнымъ радіусамъ. Эти наблюденія были произведены въ сентябрѣ 1672 года. Въ слѣдующіе годы Кассини продолжалъ свои изслѣдованія относительно солнечнаго параллакса по другому способу: онъ опредѣлялъ разности прямыхъ восхожденій Марса и сосѣднихъ звѣздъ за 6 часовъ до и черезъ 6 часовъ послѣ кульминаціи этой планеты. Этимъ путемъ Кассини получилъ результатъ, вообще подтвердившій найденную имъ раньше величину солнечнаго параллакса. Но для такого рода опредѣленій еще болѣе пригодна, повидимому, Венера, такъ какъ она въ своемъ нижнемъ соединеніи подходитъ къ землѣ значительно ближе, чѣмъ Марсъ. Однако, измѣреніе меридіональныхъ высотъ Венеры или опредѣленіе ея положенія относительно сосѣднихъ звѣздъ во время ея нижняго соединенія съ солнцемъ весьма затруднительно вслѣдствіе того, что въ этомъ случаѣ Венера представляется въ видѣ узкаго серпа, и потому вышеупомянутыя наблюденія не могутъ дать большой точности.

Маральди, Біанкини и Лакайль долгое время занимались этимъ вопросомъ и съ большею вѣроятностью вывели заключеніе, что параллаксъ солнца составляетъ приблизительно 9″. Но во всякомъ случаѣ было весьма желательно найти другой, болѣе точный способъ опредѣленія истинной величины этого важнаго элемента нашей солнечной системы.

§ 53. **Прохожденіе Венеры 1769 года.** Прохожденіе Венеры 1761 года, повидимому, давало въ руки астрономовъ прекрасное средство достичь этой цѣли. Однако, въ скоромъ времени замѣтили, что во время этого прохожденія имѣли мѣсто многія неблагопріятныя обстоятельства, и потому пришлось удовольствоваться лишь тѣмъ, что благодаря этимъ наблюденіямъ была подтверждена величина солнечнаго параллакса, найденная Кассини, хотя сначала астрономы надѣялись опредѣлить параллаксъ съ гораздо бо́льшею точностью.

При такихъ обстоятельствахъ съ нетерпѣніемъ ожидали слѣдующаго прохожденія Венеры, которое должно было произойти 3-го іюня 1769 года и которое, какъ показали вычисленія, представлялось гораздо болѣе благопріятнымъ для опредѣленія солнечнаго параллакса при условіи, что наблюденія для этой цѣли будутъ произведены въ надлежащимъ образомъ выбранныхъ мѣстахъ земной поверхности. Наиболѣе пригодными для этого были: южный Ледовитый океанъ, Калифорнія и сѣверныя части Европы и Азіи.

Монархи всѣхъ образованныхъ европейскихъ странъ съ безпримѣрнымъ до тѣхъ поръ рвеніемъ старались оказывать астрономамъ поддержку въ достиженіи этой весьма важной для науки цѣли. Французское правительство, среди котораго съ особеннымъ интересомъ относился къ этому вопросу министръ Шуазель, отправило астрономовъ въ Калифорнію, С. Доминго и Остъ-Индію. Королевская Академія Наукъ въ Лондонѣ по приказанію и на средства короля послала двухъ своихъ членовъ въ Сѣверную Америку, одного въ Мадрасъ и одного на острова Отаити; послѣдній изъ нихъ, академикъ Гринъ, совершилъ свое путешествіе на кораблѣ, командиромъ котораго былъ знаменитый капитанъ Кукъ. Русская императрица Екатерина вызвала черезъ петербургскую академію астрономовъ изъ Германіи и Швейцаріи и пріобрѣла для этой цѣли въ Парижѣ и Лондонѣ различные инструменты; снабженные этими инструментами астрономы организовали восемь наблюдательныхъ станцій: одну въ Петербургѣ и семь въ сѣверной Сибири. Датскій король выписалъ для этой цѣли изъ Вѣны астронома Хеля, который на средства короля отправился въ Вардё въ сѣверной Лапландіи и т. д. Кромѣ того, это прохожденіе наблюдалось, конечно, на всѣхъ европейскихъ обсерваторіяхъ.

Едва только сдѣлались извѣстными результаты наблюденій, какъ ужъ за обработку ихъ принялось весьма большое число лицъ. Горнсби въ Англіи изъ наблюденій, которыя находились въ его распоряженіи, нашелъ, что горизонтальный параллаксъ солнца на среднемъ разстояніи этого послѣдняго отъ земли равенъ 8,8″. Къ совершенно такому же результату пришелъ Пингре. Ниже приведены различныя величины солнечнаго параллакса, полученныя различными вычислителями.

Вычислитель.	Солнечный параллаксъ.	Вычислитель.	Солнечный параллаксъ.
Планманъ . . .	8,4″	Лексель	8,68″
Лаландъ . . .	8,5	Хель	8,70

Энке со всевозможною тщательностью обработалъ всѣ признанныя хорошими наблюденія прохожденій Венеры въ 1761 и 1769 году, причемъ для наблюденія Хеля онъ принялъ поправку, указанную К. Литровымъ. Въ результатѣ солнечный параллаксъ для средняго разстоянія отъ солнца до земли и для наблюдателя, находящагося на экваторѣ, получился равнымъ 8,57″.

Это значеніе солнечнаго параллакса до середины XIX столѣтія считалось необыкновенно точнымъ: неточность этой величины не превосходила, какъ полагали, $^1/_{200}$ части ея, т.-е. 0,04″. Поэтому и разстояніе отъ земли до солнца, повидимому, можно было разсматривать какъ одну изъ хорошо опредѣленныхъ постоянныхъ величинъ. Прежде чѣмъ переходить къ новѣйшимъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, мы въ слѣдующемъ параграфѣ изложимъ способъ, при помощи котораго изъ наблюденій прохожденій Венеры опредѣляется солнечный параллаксъ, а теперь въ концѣ этого параграфа считаемъ долгомъ замѣтить, что на основаніи величины солнечнаго параллакса, найденной Энке, разстояніе отъ земли до солнца получается равнымъ $153^1/_2$ милліонамъ километровъ съ возможною ошибкою только въ 700 000 километровъ.

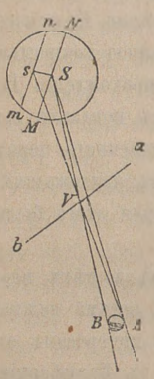


Рис. 119.

§ 54. Способъ опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ. Положимъ, что AB на рис. 119 представляетъ землю, V—Венеру и S—солнце.

Если мы допустимъ, что земля не перемѣщается по своей орбитѣ, но зато заставимъ мысленно Венеру совершать движеніе около солнца со скоростью, равною разности скоростей этихъ двухъ планетъ, то такое допущеніе, очевидно, не окажетъ никакого вліянія на явленіе прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ. Пусть же поэтому aVb представляетъ тотъ путь, который Венера проходитъ въ такомъ относительномъ движеніи въ промежутокъ времени, равный продолжительности всего явленія. Для большей простоты выберемъ на поверхности земли положенія A и B двухъ наблюдателей такъ, чтобы они находились на противоположныхъ концахъ одного и того же діаметра AB, перпендикулярнаго къ плоскости эклиптики, и, оставляя предварительно безъ разсмотрѣнія также и суточное вращеніе земли, такимъ образомъ примемъ, что оба наблюдателя не мѣняютъ своего положенія относительно солнца. Въ такомъ случаѣ въ нѣкоторый опредѣленный моментъ для одного наблюдателя A центръ Венеры проектируется въ точку s солнечнаго диска, а для другого B—въ точку S. Если оба наблюдателя тѣмъ или другимъ способомъ съ удовлетворительною точностью измѣрятъ разстоянія точекъ s и S отъ центра солнца или отъ его края, то такимъ образомъ опредѣлится величина дуги sS. Такъ какъ линіи sS и AB, будучи обѣ перпендикулярны къ плоскости эклиптики, взаимно параллельны, то на основаніи простыхъ геометрическихъ соображеній мы выводимъ слѣдующую пропорцію:

$$sS : AB = SV : VB.$$

Здѣсь SV есть разстояніе отъ солнца до Венеры, а VB—разстояніе отъ Венеры до земли. Принимая разстояніе BS отъ солнца до земли за единицу, мы по третьему закону Кеплера (часть I, § 77) легко получаемъ, что SV приблизительно равно 0,72 и что слѣдовательно $VB = 0{,}28$. Такимъ образомъ получается:

$$sS : AB = 72 : 28.$$

Эту пропорцію съ достаточнымъ приближеніемъ мы можемъ переписать въ слѣдующемъ видѣ:

$$sS : AB = 5 : 2.$$

Слѣдовательно, эта дуга sS занимаетъ на поверхности солнца протяженіе, которое въ $2^1/_2$ раза больше земного діаметра AB. Если мы обѣ дуги выразимъ въ секундахъ дуги, то между ними должно существовать то же самое отношеніе. Въ такомъ случаѣ, переходя отъ дуги къ угламъ, мы можемъ сказать, что уголъ SAs также въ $2^1/_2$ раза больше угла BSA. Но этотъ послѣдній уголъ есть ни что иное, какъ удвоенный параллаксъ солнца (часть I, § 40). Поэтому, если уголъ SAs, равный въ угловыхъ единицахъ дугѣ Ss, заключаетъ въ себѣ, напр., $44''$, то удвоенный параллаксъ солнца долженъ быть равенъ $44 \times {}^2/_5 = 17{,}6''$, и, слѣдовательно, самый параллаксъ солнца составляетъ $8{,}8''$.

Изъ предыдущаго ясно, что вліяніе на параллаксъ солнца всякой ошибки наблюденій, сдѣланной при измѣреніи угла SAs или дуги Ss, уменьшается въ пять разъ, и въ этомъ-то и заключается выгода опредѣленія солнечнаго параллакса изъ такого рода наблюденій, особенно, если есть возможность измѣрить съ большою точностью дугу Ss. Для этой цѣли необходимо въ двухъ мѣстахъ A и B земной поверхности наблюдать какъ вступленіе Венеры на солнечный дискъ въ точкахъ m и M, такъ и ея схожденіе съ этого диска въ точкахъ n и N.

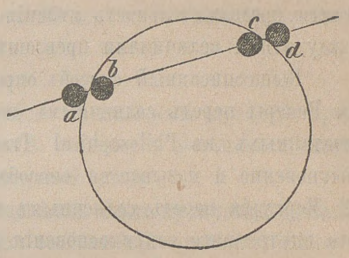


Рис. 120.

Но какъ начало этого явленія, такъ и конецъ его въ свою очередь состоятъ изъ двухъ фазъ, а именно изъ внѣшняго (рис. 120, a и d) и внутренняго (рис. 120, b и c) соприкосновеній краевъ Венеры и солнца. Первое внѣшнее соприкосновеніе въ точкѣ a при вступленіи Венеры обыкновенно наблюдается слишкомъ неточно и притомъ всегда позже, чѣмъ слѣдуетъ, такъ какъ наблюдатель никогда не знаетъ съ достаточною точностью той точки восточнаго края солнца, гдѣ должно произойти это соприкосновеніе, хотя бы эта точка и была опредѣлена на основаніи предварительныхъ вычисленій. Зато оба внутреннія соприкосновенія въ точкахъ b и c могутъ быть наблюдаемы съ весьма большою точностью такъ какъ въ самые моменты этихъ соприкосновеній образуется тонкая свѣтлая нить между краями обоихъ небесныхъ тѣлъ. Точно также съ достаточною, хотя и немного меньшею точностью наблюдается послѣднее четвертое соприкосновеніе въ точкѣ d.

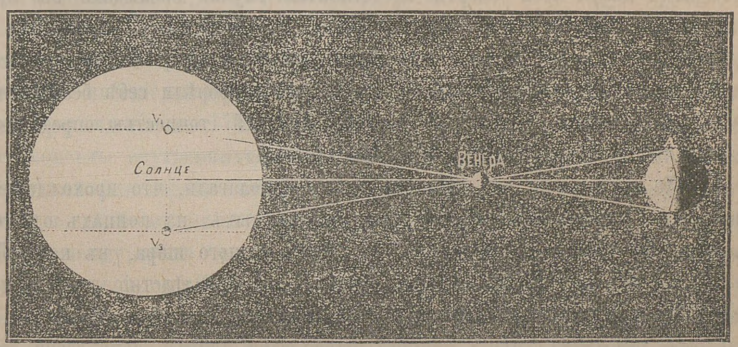


Рис. 121.

Изъ наблюденій моментовъ соприкосновенія въ началѣ и въ концѣ явленія въ двухъ мѣстахъ A и B легко могутъ быть вычислены длины тѣхъ путей, которые видимымъ образомъ описываетъ на солнечномъ дискѣ Венера, проектируясь соотвѣтственно въ точкахъ V_1 и V_2 (рис. 121), такъ какъ, съ одной стороны, эти пути безъ ощутительной погрѣшности могутъ быть разсматриваемы какъ прямолинейные, съ другой же стороны движеніе

Венеры относительно солнца благодаря таблицамъ этой планеты намъ извѣстно съ большою точностью. Поэтому все дѣло сводится на рѣшеніе весьма простой задачи объ опредѣленіи разстоянія V_1V_2 между двумя хордами, причемъ извѣстны длины этихъ хордъ, а также радіусъ того круга, которому онѣ принадлежатъ, такъ какъ этотъ радіусъ есть ни что иное, какъ радіусъ солнца. Это разстояніе V_1V_2 въ данномъ случаѣ можетъ быть опредѣлено съ большою точностью, потому что движеніе Венеры относительно солнца происходитъ весьма медленно, и вслѣдствіе этого даже незначительное измѣненіе въ длинѣ хордъ, проходящихъ соотвѣтственно черезъ точки V_1 и V_2, является причиной весьма значительной разницы въ продолжительностяхъ всего явленія для точекъ A и B земного шара. Такъ, во время прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ 3-го іюня 1769 года Хель въ Вардё нашелъ, что продолжительность явленія между двумя внутренними соприкосновеніями составляла $5^h\,53^m\,14^s$, между тѣмъ какъ по наблюденіямъ Кука, Грина и Золандера на островахъ Отаити продолжительность явленія получилась равной только $5^h30^m\,4^s$, такъ что разность между этими величинами превзошла 23 минуты.

Вышеописанный способъ опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій прохожденій Венеры передъ солнечнымъ дискомъ былъ развитъ Галлеемъ въ двухъ статьяхъ, напечатанныхъ въ Philosophical Transactions въ 1691 и 1716 годахъ, вслѣдствіе чего онъ обыкновенно и называется способомъ Галлея. На основаніи своихъ наблюденій прохожденія Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ въ 1677 году онъ заключилъ, что моментъ любого внутренняго соприкосновенія можно замѣтить по крайней мѣрѣ съ точностью до одной секунды, и что, слѣдовательно, продолжительность всего прохожденія можетъ быть опредѣлена съ точностью не менѣе, какъ до 2^s. Далѣе, если мы даже допустимъ, что разность продолжительностей явленія для двухъ мѣстъ земной поверхности, надлежащимъ образомъ выбранныхъ, ошибочна на цѣлыхъ четыре секунды, то и тогда для вышеразсмотрѣннаго случая, для котораго эта разность равнялась 23^m10^s или 1390^s, ошибка составитъ всего только $^1/_{350}$-ую часть всей величины. Слѣдовательно, даже при такой огромной ошибкѣ солнечный параллаксъ долженъ получиться съ точностью до $^1/_{350}$ своей величины, т.-е. до $0{,}04''$, если круглымъ числомъ принять параллаксъ равнымъ $9''$.

Поэтому Галлей заканчиваетъ свою поучительную статью слѣдующими словами:

«Я самымъ настоятельнымъ образомъ рекомендую этотъ способъ всѣмъ астрономамъ, которымъ послѣ моей смерти представится случай наблюдать это явленіе. Пусть же они вспомнятъ мой совѣтъ и дѣйствительно съ особеннымъ вниманіемъ отнесутся къ этимъ наблюденіямъ, для чего я отъ всей души желаю, чтобы неблагопріятная погода не помѣшала ихъ наблюденіямъ, и чтобы они пріобрѣли себѣ безсмертную славу и почести, если имъ удастся съ бо́льшею противъ прежней точностью опредѣлить истинные размѣры планетныхъ орбитъ нашей солнечной системы».

До сихъ поръ, для простоты, мы предполагали, что прохожденіе Венеры наблюдается изъ двухъ мѣстъ земного шара, расположенныхъ на концахъ одного и того же діаметра земли. Въ дѣйствительности же та полоса земного шара, въ которой это явленіе можетъ быть наблюдаемо, всегда бываетъ гораздо уже, и, вслѣдствіе этого, вычисленія дѣлаются болѣе сложными. Но во всякомъ случаѣ, чѣмъ больше разность между продолжительностями явленія для двухъ мѣстъ земного шара, тѣмъ точнѣе, само собой разумѣется, выводимый изъ этихъ наблюденій результатъ. Вращеніе земли, которое мы до сихъ поръ оставляли безъ разсмотрѣнія, смотря по обстоятельствамъ, иногда оказываетъ одинаковое вліяніе на продолжительности явленія въ обоихъ мѣстахъ, иногда же—прямо противоположное, такъ что въ первомъ изъ этихъ случаевъ разность между продолжительностями почти совсѣмъ не измѣняется, а во второмъ — увеличивается. Послѣдній случай имѣлъ мѣсто во время прохожденій Венеры въ 1769 и 1882 годахъ, между тѣмъ какъ во время прохожденія въ 1874 году вращеніе земли почти не оказывало никакого вліянія на разность продолжитель-

постей. Замѣтимъ, наконецъ, что изъ прохожденій, случающихся попарно и отдѣленныхъ другъ отъ друга восьмилѣтнимъ промежуткомъ (§ 50), болѣе поздніе всегда оказываются и болѣе благопріятными для опредѣленія солнечнаго параллакса изъ наблюденій продолжительностей явленія въ разныхъ мѣстахъ.

Если же изъ моментовъ начала и конца явленія былъ замѣченъ только какой-нибудь одинъ, то вычисленія дѣлаются еще болѣе сложными, такъ какъ въ этомъ случаѣ надо знать уже не разность временъ, а абсолютное время наблюденій, а для этого въ свою очередь необходимо знать географическое положеніе мѣстъ наблюденія, что очень часто представляетъ значительныя трудности. Въ этомъ случаѣ большая или меньшая пригодность явленія для преслѣдуемой здѣсь цѣли обусловливается тѣмъ, чтобы абсолютныя времена начала или конца явленія были по возможности различны.

Если мы въ точкѣ V (рис. 119) представимъ себѣ Меркурія вмѣсто Венеры, то длины SV и VB будутъ относиться между собою какъ 0,39 къ 0,61, или приближенно мы можемъ написать это отношеніе такъ:

$$SV : VB = 2 : 3.$$

Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ случайная ошибка въ измѣреніи дуги Ss произведетъ въ $1^1/_2$ большую неточность въ искомой величинѣ солнечнаго параллакса, вслѣдствіе чего прохожденіями Меркурія и не пользуются для такой цѣли.

§ 55. **Затрудненія, встрѣчающіяся при наблюденіяхъ надъ прохожденіемъ Венеры.** Хотя, на основаніи изложенныхъ выше теоретическихъ соображеній, прохожденія Венеры являются весьма пригодными для опредѣленія солнечнаго параллакса, однако на практикѣ наблюденія этихъ прохожденій представляютъ извѣстныя трудности, которыя существеннымъ образомъ уменьшаютъ точность выводимыхъ результатовъ. Непосредственное наблюденіе соприкосновеній въ началѣ и въ концѣ явленія обусловливается видимыми радіусами солнца и Венеры, а величина этихъ радіусовъ, какъ извѣстно, вообще измѣняется вслѣдствіе иррадіаціи (часть I, § 112); именно, иррадіація увеличиваетъ радіусъ солнца и уменьшаетъ радіусъ Венеры, такъ какъ эта послѣдняя во время прохожденія представляется темнымъ дискомъ на свѣтломъ фонѣ. Поэтому дѣйствительные контакты происходятъ не въ тотъ моментъ, когда намъ кажется, что края солнца и Венеры соприкасаются, а въ нѣкоторый другой моментъ.

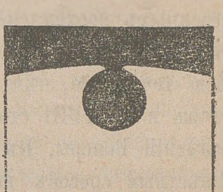


Рис. 122.

Мы считаемъ необходимымъ нѣсколько дольше остановиться на этомъ вопросѣ, такъ какъ при этомъ происходитъ явленіе, которое уже во время прохожденія Венеры въ 1761 г., а еще болѣе во время прохожденія въ 1769 году крайне удивило и смутило наблюдателей, которые ожидали, что моменты внутреннихъ соприкосновеній должны вполнѣ рѣзко характеризоваться при началѣ явленія образованіемъ тонкой свѣтлой нити, а при концѣ—разрывомъ ея; на самомъ же дѣлѣ въ началѣ явленія края солнца и Венеры долгое время оставались соединенными между собою черной болѣе или менѣе широкой полосой, и когда эта полоса наконецъ разорвалась, то Венера отстояла отъ солнечнаго края сравнительно уже довольно далеко. Нѣчто подобное же наблюдалось и при окончаніи явленія. Въ этомъ случаѣ задолго до видимаго соприкосновенія солнечнаго края съ краемъ темнаго диска Венеры внезапно образовался между этими краями черный мостикъ, вслѣдствіе чего наблюденіе этого момента оказалось весьма затруднительнымъ и источнымъ. Впрочемъ образованіе этой темной полосы или, какъ ее нерѣдко называютъ, черной капли (рис. 122), замѣчалось также и раньше—при прохожденіяхъ Меркурія, но только, вслѣдствіе весьма быстраго движенія этой планеты, явленіе это продолжалось болѣе короткое время и потому не такъ бросалось въ глаза и не въ такой степени уменьшало точность наблюденій. Напротивъ того, при солнечныхъ затмѣніяхъ, вслѣдствіе еще болѣе быстраго движенія луны, вслѣдствіе

почти полнаго равенства видимыхъ радіусовъ обоихъ свѣтилъ и вслѣдствіе неровностей луннаго края образованіе черной капли до сихъ поръ вообще еще не наблюдалось, хотя правда Гонессіа и Маршанъ во время солнечнаго затмѣнія 17-го мая 1882 года, а также Бигурданъ 17-го апрѣля 1883 года при покрытіи солнечныхъ пятенъ луной замѣтили совершенно подобное же явленіе.

Энке и послѣ него въ теченіе долгаго времени всѣ астрономы при сужденіи о точности результата, который получился для солнечнаго параллакса изъ прохожденій Венеры въ 1761 и 1769 годахъ, слишкомъ мало вниманія обращали на только-что описанное явленіе и на цѣлый рядъ другихъ обстоятельствъ, затруднявшихъ наблюденія. Поэтому параллаксу солнца, вычисленному на основаніи этихъ наблюденій, была приписана слишкомъ большая точность. Только послѣ того какъ благодаря успѣхамъ наблюдательной астрономіи мало-по-малу было открыто еще нѣсколько другихъ способовъ точнаго опредѣленія разстоянія отъ земли до солнца, чаще и чаще стали встрѣчаться указанія на то, что значеніе солнечнаго параллакса, найденное Энке и равное 8,57″, слишкомъ мало и что оно должно быть увеличено до 8,8″ или даже до 8,9″. Другими словами, это значитъ, что солнце отстоитъ отъ земли круглымъ числомъ на 5 милліоновъ километровъ ближе, чѣмъ это принималось до тѣхъ поръ.

§ 56. **Прохожденія Венеры 1874 и 1882 годовъ.** Вполнѣ понятно, что при такомъ положеніи дѣла съ большимъ напряженіемъ ожидали приближавшагося новаго прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ, которое должно было произойти въ 1874 году. Благодаря улучшенію зрительныхъ трубъ, изъ которыхъ. при наблюденіи предшествовавшаго прохожденія, многія не были еще ахроматическими, благодаря значительному усовершенствованію измѣрительныхъ приборовъ, наконецъ, вообще, благодаря успѣхамъ наблюдательной астрономіи и особенно благодаря цѣлесообразному упражненію астрономовъ въ наблюденіяхъ искусственныхъ прохожденій Венеры, не безъ основанія слѣдовало надѣяться, что и въ XIX-мъ столѣтіи изъ прохожденій Венеры удастся вывести солнечный параллаксъ съ гораздо большею точностью, чѣмъ по другимъ способамъ, подобно тому, какъ это безспорно имѣло мѣсто также и въ XVIII столѣтіи, несмотря на вышеуказанныя трудности при наблюденіяхъ прохожденій Венеры. Къ тому же въ это время уже выступилъ на сцену новый, ранѣе неизвѣстный способъ наблюденій — фотографическій, отъ котораго, повидимому, слѣдовало ожидать особенно хорошихъ результатовъ.

Поэтому не удивительно, что и въ этотъ разъ правительства всѣхъ образованныхъ государствъ, въ благородномъ соревнованіи, приложили всевозможныя старанія, чтобы изъ этого рѣдкаго явленія извлечь наибольшую пользу для науки. Можно смѣло утверждать, что до тѣхъ поръ на научныя предпріятія еще ни разу не тратились такія большія суммы денегъ.

Но всѣ эти приготовленія далеко не увѣнчались тѣмъ успѣхомъ, котораго можно было ожидать и на который надѣялись всѣ астрономы. Въ самомъ дѣлѣ, хотя точность наблюденій этого явленія и увеличилась довольно значительно, но не въ такой мѣрѣ, какъ этого можно было ожидать, соотвѣтственно успѣхамъ наблюдательной астрономіи, вообще; кромѣ того, фотографія въ то время еще не достигла такого развитія, чтобы вполнѣ соперничать съ другими способами наблюденій, напримѣръ съ измѣреніями помощью геліометра.

Впрочемъ результатъ наблюденій новаго прохожденія оказался не настолько неудовлетворительнымъ, какъ это казалось съ перваго взгляда. Въ самомъ дѣлѣ, даже къ результатамъ, которые должны были получиться изъ наблюденій прохожденія Венеры 1874 года, астрономы никогда не предъявляли тѣхъ требованій, которыя можно было бы предъявить въ другихъ случаяхъ согласно съ нашими новѣйшими наблюдательными средствами; на прохожденіе Венеры смотрѣли скорѣе только какъ на прекрасное средство испытать

сравнительныя достоинства новыхъ наблюдательныхъ способовъ, и впредь все вниманіе было сосредоточено на прохожденіи Венеры 1882 года, во время котораго слѣдовало по возможности цѣлесообразно воспользоваться уже пріобрѣтенною опытностью. Поэтому тѣмъ болѣе было достойно сожалѣнія то обстоятельство, что на обработку наблюденій предшествовавшаго прохожденія потребовалось времени больше, чѣмъ протекло отъ одного прохожденія до другого, такъ что для наблюденій прохожденія 1882 года можно было воспользоваться опытомъ 1874 года не вполнѣ, а лишь въ извѣстной степени. Вслѣдствіе этого, по мѣрѣ того, какъ приближалось 8-ое декабря 1882 года, большія надежды, возлагавшіяся на это новое прохожденіе Венеры, значительно уменьшились. Правда, и на этотъ разъ были приложены необыкновенныя старанія къ тому, чтобы вполнѣ и притомъ по возможности наиболѣе цѣлесообразнымъ образомъ воспользоваться наблюденіями этого явленія; но все же уже далеко не было того возвышеннаго настроенія, которое замѣчалось восемь лѣтъ назадъ, и, главное, не было прежней надежды получить солнечный параллаксъ съ точностью до 0,01″.

Ниже помѣщены различныя значенія солнечнаго параллакса π, полученныя на основаніи совокупной обработки наблюденій прохожденій Венеры какъ 1874, такъ и 1882 годовъ, причемъ всѣ наблюденія были раздѣлены на группы, въ зависимости отъ тѣхъ методовъ, по которымъ они были произведены.

	π
1) На основаніи фотографическихъ снимковъ французскихъ, англійскихъ и американскихъ астрономовъ	отъ 8,84″ до 8,86″,
2) на основаніи наблюденій соприкосновеній въ началѣ и въ концѣ явленія	» 8,82″ » 8,86″,
3) на основаніи наблюденій нѣмецкой экспедиціи, произведенныхъ помощью геліометра	8,88″.

Ньюкомбъ же, обработавъ вновь наблюденія прохожденій 1761 и 1769 годовъ, нашелъ для солнечнаго параллакса величину 8,79″

§ 57. **Другіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса.** Выше (§ 55) мы уже упоминали, что въ настоящее время существуетъ цѣлый рядъ способовъ опредѣленія солнечнаго параллакса, и что эти способы привели астрономовъ къ убѣжденію, что значеніе солнечнаго параллакса, найденное Энке, слишкомъ мало. Впервые сомнѣніе въ вѣрности этой величины возбудилъ въ 1854 году Ганзенъ на основаніи подготовительныхъ работъ къ своимъ прекраснымъ луннымъ таблицамъ, а немного спустя противъ значенія солнечнаго параллакса, найденнаго Энке, высказались также Эри и Леверье,—первый исходя изъ теоріи движенія луны, а второй на основаніи теоріи движеній солнца, Венеры и Марса. Дѣйствительно, въ движеніяхъ солнца, луны, Венеры и Марса замѣчаются нѣкоторыя неравенства, зависящія отъ массы земли, которая, въ свою очередь, находится въ извѣстномъ соотношеніи съ солнечнымъ параллаксомъ, такъ что на основаніи упомянутыхъ неравенствъ можно опредѣлить массу земли, а отсюда затѣмъ получается и солнечный параллаксъ.

Эти способы, по которымъ изъ сравненія астрономическихъ наблюденій какой-нибудь планеты съ теоріей ея движенія, развитой на основаніи закона всемірнаго тяготѣнія, опредѣляется масса земли, а затѣмъ и солнечный параллаксъ, могутъ быть по справедливости названы аналитическими. Со временемъ, когда возмущенія, оказываемыя планетами другъ на друга въ теченіе многихъ тысячелѣтій, будутъ извѣстны съ огромною точностью, какая только доступна нашимъ современнымъ способамъ вычисленія, эти способы дадутъ намъ въ руки вѣрнѣйшее средство для опредѣленія солнечнаго параллакса.

Этимъ аналитическимъ способамъ противополагаются способы геометрическіе, по которымъ разстояніе отъ солнца до земли опредѣляется на основаніи зависящихъ отъ параллакса (часть I, глава V) смѣщеній близкихъ къ землѣ планетъ. Къ этимъ способамъ

должны быть причислены прежде всего прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ, а затѣмъ наблюденія Марса во время его оппозицій, которыя Эри рекомендовалъ астрономамъ еще въ 1857 году. Однако, надлежащимъ образомъ этотъ послѣдній способъ былъ оцѣненъ только въ 1862 году, когда оппозиція Марса была особенно благопріятна для этихъ наблюденій. Въ это же время Виннеке обратилъ вниманіе на то, что упомянутыя уже раньше (§ 52) наблюденія Марса во время его оппозицій дали прежнимъ астрономамъ менѣе точные результаты, исключительно по причинамъ, не имѣющимъ ничего общаго съ сущностью самого способа. Въ 1872 году Галле для той же цѣли предложилъ наблюдать такія малыя планеты, для которыхъ ихъ разстояніе отъ земли во время оппозиціи меньше средняго разстоянія отъ земли до солнца. Какъ на особенныя преимущества этого способа онъ указывалъ на то обстоятельство, что малыя планеты, иначе называемыя астероидами, вслѣдствіе своей малости нисколько не отличаются отъ неподвижныхъ звѣздъ, и потому ихъ положеніе относительно этихъ послѣднихъ можетъ быть опредѣлено легче и точнѣе, чѣмъ положеніе Марса, который представляетъ собою довольно значительный дискъ. Второе преимущество этого способа заключается въ томъ, что имъ можно пользоваться весьма часто, не производя при этомъ никакихъ лишнихъ затратъ, такъ какъ при большомъ числѣ этихъ небесныхъ тѣлъ не проходитъ года, когда бы тотъ или другой изъ астероидовъ во время оппозиціи не находился въ положеніи, благопріятномъ для опредѣленія солнечнаго параллакса. Поэтому этотъ способъ съ полнымъ успѣхомъ примѣнялся послѣ того уже неоднократно. Наконецъ, въ 1881 году Виннеке указалъ на то, что покрытія звѣздъ Венерой случаются не такъ рѣдко, какъ это думали раньше, и что наблюденіями этихъ покрытій также можно было бы воспользоваться для опредѣленія солнечнаго параллакса.

Благодаря опредѣленію скорости свѣта, впервые сдѣланному французскимъ физикомъ Фуко въ 1862 году и впослѣдствіи неоднократно повторявшемуся при помощи болѣе усовершенствованныхъ средствъ (часть I, § 46), были открыты третьяго рода способы опредѣленія солнечнаго параллакса, именно физическіе способы. Такъ называемая аберрація (часть I, глава VI) обусловливается, какъ извѣстно, соотношеніемъ между скоростью движенія земли по ея орбитѣ и скоростью свѣта. Слѣдовательно, если извѣстна эта послѣдняя скорость, то по ней и по извѣстной величинѣ аберраціи можно опредѣлить скорость движенія земли, а затѣмъ и разстояніе отъ земли до солнца или, что то же, солнечный параллаксъ. Кромѣ только-что разсмотрѣннаго физическаго или, какъ его иначе называютъ, тахиметрическаго способа, со временемъ долженъ получить важное значеніе еще другой. Въ самомъ дѣлѣ, когда уравненіе свѣта (часть I, § 48) для Юпитера будетъ опредѣлено изъ наблюденій затмѣній его спутниковъ при помощи современныхъ вспомогательныхъ средствъ точнѣе, чѣмъ это было сдѣлано до сихъ поръ, то по тому промежутку времени, который свѣтъ употребляетъ, чтобы дойти отъ солнца до земли, можно будетъ непосредственно заключить о величинѣ разстоянія, отдѣляющаго эти два тѣла одно отъ другого.

Обстоятельно разобравъ различныя опредѣленія солнечнаго параллакса, Ньюкомбъ въ 1865 году вывелъ для него величину 8,85″. Отсюда среднее разстояніе отъ земли до солнца получается равнымъ 148 600 000 километровъ.

Это значеніе солнечнаго параллакса до самаго послѣдняго времени было общепринятымъ, и оно можетъ быть ошибочно лишь на нѣсколько сотыхъ долей секунды, такъ что нельзя опасаться, чтобы новыя наблюденія дали результатъ, значительнымъ образомъ отличающійся отъ только-что приведеннаго. * Впрочемъ, на астрономическомъ конгрессѣ, имѣвшемъ мѣсто въ Парижѣ весною 1896 года и занимавшимся вопросомъ о томъ, какую систему астрономическихъ постоянныхъ величинъ слѣдуетъ принять въ четырехъ большихъ астрономическихъ ежегодникахъ, издаваемыхъ въ Парижѣ, Лондонѣ, Вашингтонѣ и Берлинѣ, было рѣшено, начиная съ 1900 года, принимать для солнечнаго параллакса величину 8,80″. *

ГЛАВА V.

Марсъ.

§ 58. **Общія свѣдѣнія.** Марсъ уже два раза игралъ весьма важную роль въ дѣлѣ расширенія нашихъ знаній о солнечной системѣ. Въ самомъ дѣлѣ, выше (часть I, § 74) мы видѣли, что вслѣдствіе большого эксцентриситета орбиты этой планеты Кеплеру удалось доказать, что планеты нашей солнечной системы движутся по эллипсамъ, и, благодаря этому открытію, вся астрономія приняла совершенно новую форму. Далѣе, въ предыдущей главѣ (§ 52) мы упоминали, что на основаніи наблюденій надъ Марсомъ было сдѣлано первое точное опредѣленіе солнечнаго параллакса, и что также и въ новѣйшее время (§ 57) эти цѣнныя наблюденія послужили къ установленію надежнаго значенія этого важнаго элемента солнечной системы.

Среднее разстояніе отъ Марса до солнца, или, иначе говоря, большая полуось орбиты этой планеты составляетъ 1,524 средняго разстоянія отъ земли до солнца, что равняется 226 милліонамъ километровъ. Вслѣдствіе этого Марсъ является первой изъ планетъ, которыя при своемъ движеніи около солнца находятся внѣ земной орбиты и потому называются верхними (часть I, § 60), въ отличіе отъ нижнихъ — Меркурія и Венеры (часть I, § 59), орбиты которыхъ заключаются внутри земной орбиты. Такъ какъ Марсъ принадлежитъ къ числу верхнихъ планетъ, то мы можемъ усматривать его не только по сосѣдству съ солнцемъ, но иногда также и въ части неба, прямо противоположной солнцу. Въ это время онъ проходитъ черезъ меридіанъ въ полночь, и астрономы говорятъ, что онъ находится въ противостояніи съ солнцемъ. По той же самой причинѣ Марсъ никогда не представляется намъ въ видѣ серпа, подобно Меркурію и Венерѣ, хотя около того времени, когда онъ отстоитъ на 90^0 отъ солнца или, какъ говорятъ, когда онъ находится въ квадратурахъ съ солнцемъ, бо́льшая или меньшая часть его восточнаго или западнаго края представляется темной, и Марсъ имѣетъ видъ, подобный тому, какой имѣетъ наша луна приблизительно за три дня до или черезъ три дня послѣ полнолунія. Еще меньшихъ размѣровъ бываетъ эта темная часть у остальныхъ верхнихъ планетъ: Юпитера, Сатурна и т. д., такъ что онѣ даже въ лучшія астрономическія трубы представляются намъ въ видѣ совершенно правильныхъ дисковъ.

Эксцентриситетъ орбиты Марса, какъ уже было сказано вначалѣ, достигаетъ весьма значительной величины: поэтому въ перигеліи Марсъ приближается къ солнцу на 205 милліоновъ километровъ, между тѣмъ какъ въ афеліи разстояніе отъ Марса до солнца составляетъ 248 милліоновъ километровъ. Еще большей величины достигаетъ разность между разстояніями отъ земли до Марса при различныхъ его положеніяхъ на орбитѣ. Во время оппозиціи, когда это разстояніе дѣлается наименьшимъ, онъ иногда отстоитъ отъ земли только на 57 милліоновъ километровъ; наоборотъ, во время соединенія Марса съ солнцемъ, когда разстояніе отъ этой планеты до земли достигаетъ наибольшей величины, оно можетъ доходить до 396 милліоновъ километровъ, что въ 7 разъ превосходитъ выше приведенное наименьшее разстояніе.

Сообразно съ этими разстояніями и видимый съ земли діаметръ Марса также мѣняется въ весьма значительныхъ предѣлахъ. Во время соединенія Марса съ солнцемъ видимый діаметръ планеты составляетъ только $4''$, и въ этомъ случаѣ Марсъ представляется намъ по величинѣ такимъ же, какъ и Ураиъ. Во время оппозиціи видимый діаметръ Марса равняется $26''$, и тогда мы можемъ эту планету по величинѣ сравнить съ Юпитеромъ, когда этотъ послѣдній наиболѣе удаленъ отъ земли.

* Рис. 123 представляетъ сравнительные видимые размѣры Марса въ двухъ крайнихъ и среднемъ разстояніяхъ его отъ земли. *

Не менѣе измѣнчивой является и яркость Марса при различныхъ его положеніяхъ. Во время соединенія по яркости мы можемъ его сравнить съ звѣздой третьей величины. Во время оппозицій онъ посылаетъ намъ такое количество свѣта, которое по изслѣдованіямъ Цельнера въ 6994 милліона разъ меньше количества свѣта, посылаемаго намъ солнцемъ; по новѣйшимъ же изслѣдованіямъ Пикеринга это количество свѣта еще значительно меньше и составляетъ всего только половину вышеприведенной величины. Но даже останавливаясь на результатѣ, найденномъ Пикерингомъ, мы приходимъ къ заключенію, что въ это время Марсъ на $1^1/_2$ звѣздныхъ величины ярче средней звѣзды первой величины.

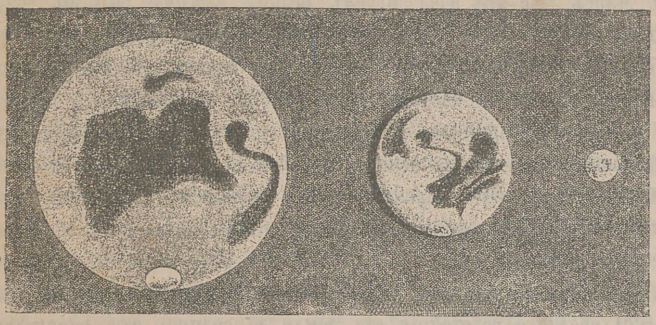


Рис. 123.

Діаметръ Марса равенъ 6 750 километрамъ и, такимъ образомъ, приблизительно въ два раза меньше земного діаметра. Поверхность Марса содержитъ 143 милліона квадратныхъ километровъ, а объемъ—161 000 милліоновъ кубическихъ километровъ. Слѣдовательно, поверхность Марса составляетъ 0,3 земной поверхности, а объемъ—0,14 объема земного шара. * Сравнительные размѣры Марса и земли представлены на рис. 124. *

Жителямъ Марса, если таковые существуютъ, солнечный дискъ представляется подъ угломъ 22,7′. Слѣдовательно, діаметръ солнца, видимый съ Марса, приблизительно на 9′ меньше, чѣмъ діаметръ солнца, видимый съ земли. Далѣе, дневной свѣтъ, получаемый Марсомъ отъ солнца, въ 2 раза слабѣе, чѣмъ у насъ на землѣ, такъ какъ освѣщеніе обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ освѣщаемаго предмета до источника свѣта.

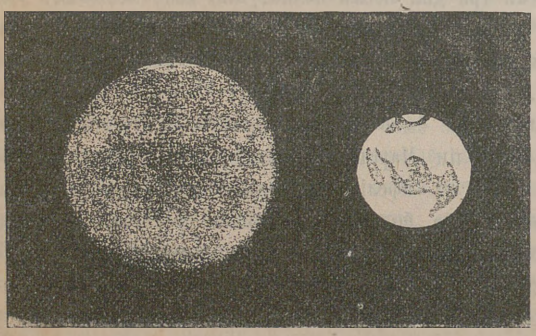


Рис. 124.

Сидерическое время обращенія Марса около солнца составляетъ 686,980 дней, тропическое—686,930 дней и синодическое—779,46 дней (часть I, §§ 84, 85, 86). Отсюда вытекаетъ, что Марсъ движется по своей орбитѣ со среднею скоростью 29,6 километровъ въ секунду.

Еще не такъ давно опредѣленіе массы Марса представляло значительныя трудности, такъ какъ въ рукахъ астрономовъ не было другого средства, кромѣ возмущеній, производимыхъ этой планетой въ движеніи земли. На основаніи этихъ возмущеній возможно сдѣлать заключеніе о той силѣ, которая ихъ вызвала, а слѣдовательно и о массѣ возмущающаго тѣла, въ данномъ случаѣ—Марса. Но такъ какъ эти возмущенія, вслѣдствіе незначительности массы Марса достигаютъ даже въ крайнемъ случаѣ всего только 7″, то разсматриваемый здѣсь способъ не могъ дать достаточно точнаго результата. Со времени открытія Азафомъ Холемъ двухъ спутниковъ Марса въ августѣ 1877 года положеніе дѣла измѣнилось существеннымъ образомъ. Ниже (часть III, глава II) будетъ изложено, какимъ

образомъ можетъ быть опредѣлено отношеніе массы планеты, имѣющей спутника, къ массѣ солнца, если изъ наблюденій извѣстны время обращенія планеты около солнца, время обращенія спутника около планеты и, наконецъ, видимый радіусъ орбиты спутника около времени, когда планета находится въ среднемъ разстояніи отъ солнца. Если буквой a назовемъ кубъ этого радіуса, умноженный на квадратъ времени обращенія планеты и раздѣленный на квадратъ времени обращенія спутника, то, принимая массу солнца за единицу, мы массу планеты вычислимъ по выраженію

$$\frac{a}{1-a}.$$

Съ этимъ превосходнымъ и простымъ способомъ опредѣленія массы планеты, имѣющей спутника, впервые познакомилъ астрономовъ Ньютонъ; онъ вмѣстѣ съ тѣмъ примѣнилъ свой способъ къ вычисленію массы Юпитера, такъ какъ тогда эта планета была единственной, для которой элементы орбитъ спутниковъ были извѣстны съ достаточною для такого рода вычисленій точностью. Въ настоящее время изъ наблюденій спутника Марса съ большою точностью выведено, что масса Марса составляетъ $^1/_{3093500}$ массы солнца, и что, слѣдовательно, она равняется приблизительно 0,1 массы земли. Вмѣстѣ съ тѣмъ найдено, что плотность Марса составляетъ 0,7 средней плотности земли.

Тѣла при свободномъ паденіи на поверхности Марса проходятъ въ первую секунду только 1,9 метра, т.-е. немного болѣе, чѣмъ на Меркуріи.

Марсъ, какъ богъ войны, изображается знакомъ ♂, представляющимъ собою стрѣлу со щитомъ.

§ 59. **Вращеніе Марса.** Марса всякій легко можетъ узнать по его темнокрасному цвѣту, напоминающему цвѣтъ раскаленнаго желѣза. Вскорѣ послѣ изобрѣтенія зрительной трубы на поверхности Марса были замѣчены пятна, изъ которыхъ одни буро-краснаго цвѣта, а другія зеленоватаго и даже голубого.

Самое замѣчательное изъ этихъ пятенъ наблюдалось еще въ 1636 году Фонтаной, и онъ на основаніи видимыхъ измѣненій этого пятна въ 1638 году сдѣлалъ заключеніе, что Марсъ вращается около оси. Такимъ образомъ, эта планета была первой, вращеніе которой около оси было открыто на основаніи наблюденій. Однако, на эти интересныя наблюденія долгое время не обращали никакого вниманія. Наконецъ, въ 1659 году Гюйгенсъ снова вернулся къ этому вопросу, а вскорѣ послѣ него въ 1660 году Кассини нашелъ изъ своихъ наблюденій, что продолжительность вращенія Марса около оси составляетъ 24 часа 40 минутъ средняго времени (часть I, § 95). Съ тѣхъ поръ опредѣленія вращенія Марса повторялись весьма часто; этимъ вопросомъ, между прочимъ, занимались: Маральди, Гершель, Шрётеръ, Беръ, Медлеръ и др., такъ что въ настоящее время продолжительность вращенія Марса около оси извѣстна съ точностью до сотыхъ долей секунды. Это обстоятельство слѣдуетъ объяснить тѣмъ, что на рисункахъ, сдѣланныхъ Гукомъ и Гюйгенсомъ въ 1666 и 1672 годахъ, съ увѣренностью можно отличить нѣкоторыя пятна, существующія на поверхности Марса еще и теперь (сравни часть I, § 87). Ниже сопоставлены заслуживающія наибольшаго довѣрія опредѣленія продолжительности вращенія Марса около оси, сдѣланныя въ новѣйшее время:

Вычислитель.	Продолжительность вращенія.	Вычислитель.	Продолжительность вращенія.
Р. Вольфъ и Линсеръ.	$24^h\ 37^m\ 22{,}9^s$	Мартъ	$24^h\ 37^m\ 22{,}63^s$
Кайзеръ	22,62	Бакхюйзенъ . . .	22,66
Шмидтъ	22,60	Вислиценусъ . . .	22,65
Прокторъ	22,72		

Такимъ образомъ продолжительность вращенія планеты около оси едва ли отличается отъ величины $24^h\ 37^m\ 22{,}65^s$ болѣе, чѣмъ на нѣсколько сотыхъ частей секунды.

§ 60. **Времена года на Марсѣ.** Такъ какъ время вращенія Марса около оси, какъ мы только-что видѣли, лишь немного болѣе чѣмъ на полчаса превосходитъ время вращенія земли около оси, то, слѣдовательно, и продолжительность сутокъ на обѣихъ этихъ планетахъ приблизительно одна и та же. Точно также существуетъ сходство и между временами года на обѣихъ планетахъ, такъ какъ наклонность оси вращенія Марса къ плоскости его орбиты по величинѣ приблизительно равняется наклонности земной оси къ плоскости эклиптики.

Первая попытка опредѣлить положеніе оси вращенія Марса была сдѣлана астрономомъ Маральди. Затѣмъ это опредѣленіе было повторено В. Гершелемъ, который изъ своихъ наблюденій вывелъ, что наклонность плоскости экватора Марса къ плоскости его орбиты составляетъ $28^{0}42'$. Новѣйшія изслѣдованія и, особенно, изслѣдованія Скіапарелли дали для этого угла меньшую величину, именно $24^{0}52'$, что весьма незначительно (на $1,5^{0}$) отличается отъ наклонности нашего экватора къ эклиптикѣ. Вслѣдствіе этого не только послѣдовательность временъ года на Марсѣ такая же, какъ и у насъ на землѣ, но также и распредѣленіе жаркаго, умѣренныхъ и холодныхъ поясовъ (часть I, § 34) одинаково на поверхности обѣихъ планетъ. Однако нѣтъ недостатка и въ различіяхъ между обѣими планетами. Въ этомъ отношеніи прежде всего слѣдуетъ обратить вниманіе на то обстоятельство, что время обращенія Марса около солнца, т.-е. годъ этой планеты, составляетъ круглымъ числомъ 687 дней и, слѣдовательно, приблизительно въ два раза длиннѣе нашего земного года, а вслѣдствіе этого и продолжительность отдѣльныхъ временъ года на Марсѣ въ среднемъ вдвое больше продолжительности соотвѣтственныхъ временъ года у насъ на землѣ. Еще болѣе существенное различіе между обѣими планетами обусловливается значительной величиной эксцентриситета орбиты Марса, вслѣдствіе чего продолжительность какого-нибудь опредѣленнаго времени года на Марсѣ, смотря по положенію линіи апсидъ этой планеты относительно линіи равноденствій, можетъ мѣняться въ весьма значительныхъ предѣлахъ, и, кромѣ того, различныя времена года по своей продолжительности гораздо больше отличаются одно отъ другого, чѣмъ у насъ на землѣ (ср. часть I, §§ 91 и 92). Въ настоящее время расположеніе линій апсидъ у обѣихъ планетъ приблизительно одинаково; поэтому и на Марсѣ въ сѣверномъ полушаріи продолжительность обоихъ теплыхъ временъ года (весны и лѣта) больше, чѣмъ продолжительность обоихъ холодныхъ временъ года (осени и зимы). Именно, времена года въ томъ смыслѣ, какъ мы ихъ понимаемъ у насъ на землѣ, имѣютъ въ сѣверномъ полушаріи Марса слѣдующую продолжительность:

	въ земныхъ дняхъ	въ дняхъ Марса		въ земныхъ дняхъ	въ дняхъ Марса
весна	199,6	194	зима	160,1	156
лѣто	181,7	176	весна и лѣто вмѣстѣ	381,3	370
осень	145,6	142	осень и зима вмѣстѣ	305,7	298

Слѣдовательно, въ то время какъ у насъ на землѣ въ сѣверномъ полушаріи продолжительность весны и лѣта, вмѣстѣ взятыхъ, составляетъ 186,5 дней, а продолжительность осени и зимы—178,8 дней (часть I, § 92), и такимъ образомъ первый промежутокъ времени только на 7,7 дней длиннѣе второго, для Марса та же самая разность, выраженная въ земныхъ дняхъ, доходитъ до 75,6 дней или до $2^{1}/_{2}$ мѣсяцевъ. Въ южномъ полушаріи, конечно, имѣетъ мѣсто обратное явленіе: тамъ продолжительность осени и зимы, вмѣстѣ взятыхъ, больше продолжительности весны и лѣта, и кромѣ того зима на 21,6 дней длиннѣе лѣта. Далѣе, для Марса, совершенно такъ же, какъ и для земли, прохожденіе черезъ перигелій падаетъ на тѣ мѣсяцы, когда въ южномъ полушаріи планеты имѣетъ мѣсто лѣто, такъ что и на Марсѣ, какъ и на землѣ, въ южномъ полушаріи лѣто хотя короче, но зато жарче, чѣмъ въ сѣверномъ, съ тою только разницею, что на Марсѣ, вслѣдствіе большого эксцентриситета орбиты этой планеты, разность температуръ въ обоихъ полушаріяхъ гораздо

значительнѣе, чѣмъ на землѣ. Для орбиты Марса разстоянія перигелія и афелія до солнца относятся между собою какъ 5 къ 6, а такъ какъ освѣщеніе и нагрѣваніе измѣняются обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то въ разгарѣ лѣта въ теченіе дня сѣверное полушаріе Марса получаетъ приблизительно только 0,7 того количества теплоты, которое при тѣхъ же обстоятельствахъ приходится на долю южнаго. Поэтому-то южное полушаріе и характеризуется хотя болѣе короткимъ, но зато гораздо болѣе жаркимъ лѣтомъ, чѣмъ сѣверное, между тѣмъ какъ зима въ южномъ полушаріи бываетъ не только длиннѣе, но, вслѣдствіе бо́льшаго удаленія Марса отъ солнца въ это время, также и холоднѣе, чѣмъ въ сѣверномъ. Поэтому разница въ температурѣ между обоими полушаріями на Марсѣ должна быть гораздо чувствительнѣе, чѣмъ у насъ на землѣ.

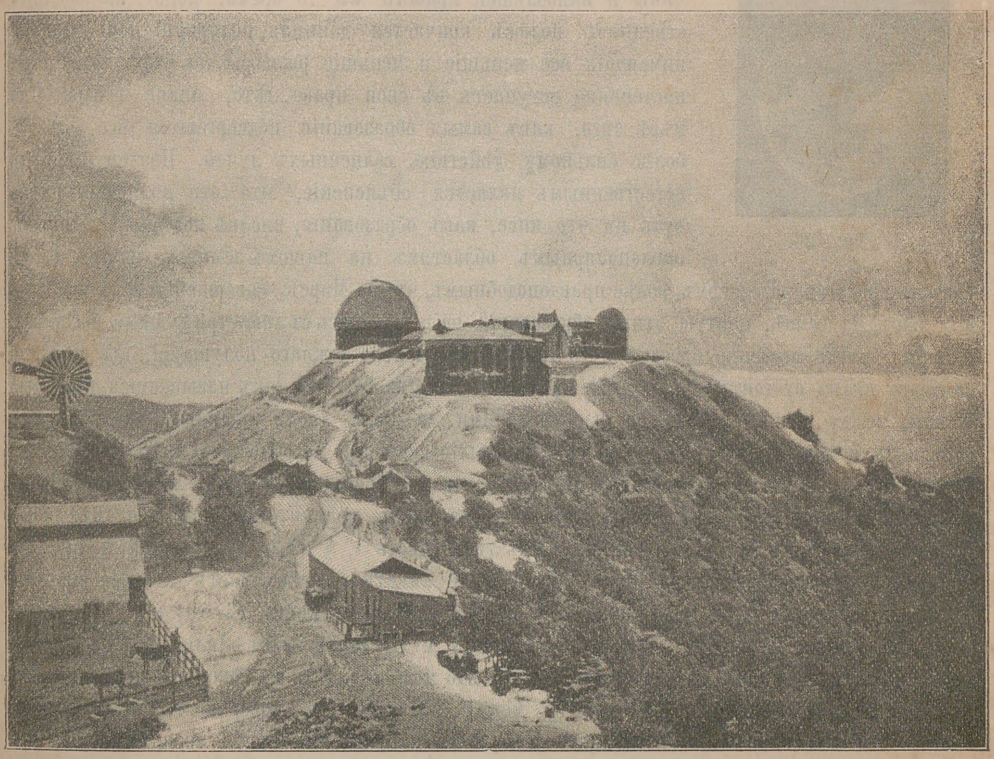


Рис. 125.

§ 61. **Топографія Марса.** Выше (§ 59) уже было упомянуто, что пятна на Марсѣ имѣютъ частью красноватый оттѣнокъ, частью зеленовато-голубой. Пятна перваго рода обыкновенно считаются материками, пятна второго рода—морями планеты. Однако, вопреки этому общераспространенному мнѣнію, въ новѣйшее время астрономы Ликской обсерваторіи и между ними особенно Шеберле высказали совершенно противоположный взглядъ, а именно, что зеленовато-голубыя пятна, какъ болѣе темныя, представляютъ собою материки, а красноватыя, какъ болѣе свѣтлыя,—моря Марса. Въ подтвержденіе своего взгляда они приводили то обстоятельство, что съ высоты горы Гамильтонъ, на вершинѣ которой, какъ извѣстно, находится Ликская обсерваторія (рис. 125), Санъ-Францисская бухта при солнечномъ освѣщеніи кажется всегда свѣтлѣе, чѣмъ окружающій ее ландшафтъ. Однако, противъ такого взгляда слѣдуетъ возразить, что водная поверхность, особенно находящаяся въ движеніи, лишь въ томъ случаѣ кажется свѣтлѣе, чѣмъ, напр., песчаная поверхность береговъ, если, благодаря положенію солнца, въ глазъ наблюдателя попадаетъ не только раз-

сѣянный свѣтъ, но также значительное количество правильно отраженнаго свѣта. Однако, въ такихъ условіяхъ освѣщенія Марсъ по отношенію къ землѣ не находится. Кромѣ того, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что окрестности Ликской обсерваторіи покрыты густыми лѣсами, и потому вполнѣ естественно, что въ этомъ случаѣ материкъ кажется темнѣе моря. Поэтому мы полагаемъ, что въ настоящее время нѣтъ никакого достаточнаго основанія отказываться отъ общепринятаго допущенія, что свѣтлыя красныя пятна соотвѣтствуютъ нашимъ материкамъ, а темныя зеленовато-голубыя—нашимъ морямъ.

Къ интереснѣйшимъ образованіямъ на Марсѣ, безспорно, принадлежатъ замѣченныя впервые въ 1716 году астрономомъ Маральди бѣлыя пятна довольно неправильной формы, находящіяся вблизи полюсовъ и достигающія наибольшей величины и наибольшей яркости въ то время, когда на соотвѣтственномъ полюсѣ кончается длинная полярная ночь, и принимающія все меньшіе и меньшіе размѣры по мѣрѣ того, какъ постепенно вступаетъ въ свои права лѣто, иначе говоря,—по мѣрѣ того, какъ самыя образованія подвергаются все болѣе и болѣе сильному дѣйствію солнечныхъ лучей. Поэтому вполнѣ естественнымъ является объясненіе, что эти полярныя пятна суть ни что иное, какъ образованія, вполнѣ подобныя ледянымъ околополярнымъ областямъ на нашемъ земномъ шарѣ. Такой взглядъ представляется тѣмъ болѣе правдоподобнымъ, что на Марсѣ, совершенно такъ же, какъ и у насъ на землѣ, центры этихъ образованій не совпадаютъ съ геометрическими полюсами планеты, и это особенно бросается въ глаза относительно южнаго полушарія, гдѣ середина свѣтлаго пятна отстоитъ отъ полюса приблизительно на 5°. Эти такъ называемыя полярныя шапки, между прочимъ, кажутся выступающими за края диска планеты, что слѣдуетъ объяснить исключительно оптическимъ обманомъ, совершенно подобно тому, какъ объясняется другое извѣстное явленіе, состоящее въ томъ, что мы освѣщенную часть луны принимаемъ за сегментъ, принадлежащій диску бо́льшихъ размѣровъ, сравнительно съ дискомъ, которому принадлежитъ остальная темная часть луны (часть I, § 112). * Одна изъ полярныхъ шапокъ Марса изображена на рис. 126, который вмѣстѣ съ тѣмъ даетъ читателю представленіе о фазѣ этой планеты во время ея квадратуры съ солнцемъ (§ 58). *



Рис. 126.

Со времени Шретера, который въ концѣ XVIII столѣтія въ Лилиенталѣ посвятилъ свои силы тщательному изученію всего того, что можно видѣть на поверхности различныхъ планетъ нашей солнечной системы и, между прочимъ, на поверхности Марса, наши знанія относительно этого послѣдняго въ этомъ направленіи почти совершенно не подвигались впередъ до тѣхъ поръ, пока наконецъ въ 1840 году Беру и Медлеру не удалось послѣ десятилѣтней работы составить весьма подробную карту Марса, на которой впервые относительное положеніе нѣкоторыхъ пятенъ планеты было нанесено не по оцѣнкѣ на глазъ, а на основаніи измѣреній. Послѣ этого снова протекаетъ почти двадцать лѣтъ, которыя не ознаменовались никакими существенными успѣхами въ топографіи Марса, и только въ 1858 году Скіапарелли, занявшійся старательнымъ изученіемъ цвѣтовыхъ оттѣнковъ пятенъ этой планеты, обратилъ на нее вниманіе астрономовъ, и съ этихъ поръ Марсъ сдѣлался предметомъ серьезнаго изслѣдованія для такихъ выдающихся наблюдателей, какъ Локьеръ, Кайзеръ, Довесъ, Шмидтъ, Фламмаріонъ, Проктеръ, Гринъ, Терби и др. Въ 1867 году Проктеръ, съ цѣлью облегчить описаніе различныхъ частей поверхности Марса, предложилъ для нихъ систематическую номенклатуру; впрочемъ, уже нѣсколько раньше итальянскій астрономъ Секки далъ собственныя имена нѣкоторымъ наиболѣе замѣчательнымъ образованіямъ на этой планетѣ. Проктеру образцомъ послужила номенклатура, принятая для нашихъ лунныхъ картъ (прим. къ § 48); именно, онъ отдѣльныя пятна назвалъ именами знаменитыхъ астрономовъ. Вполнѣ есте-

Марсъ

Земля

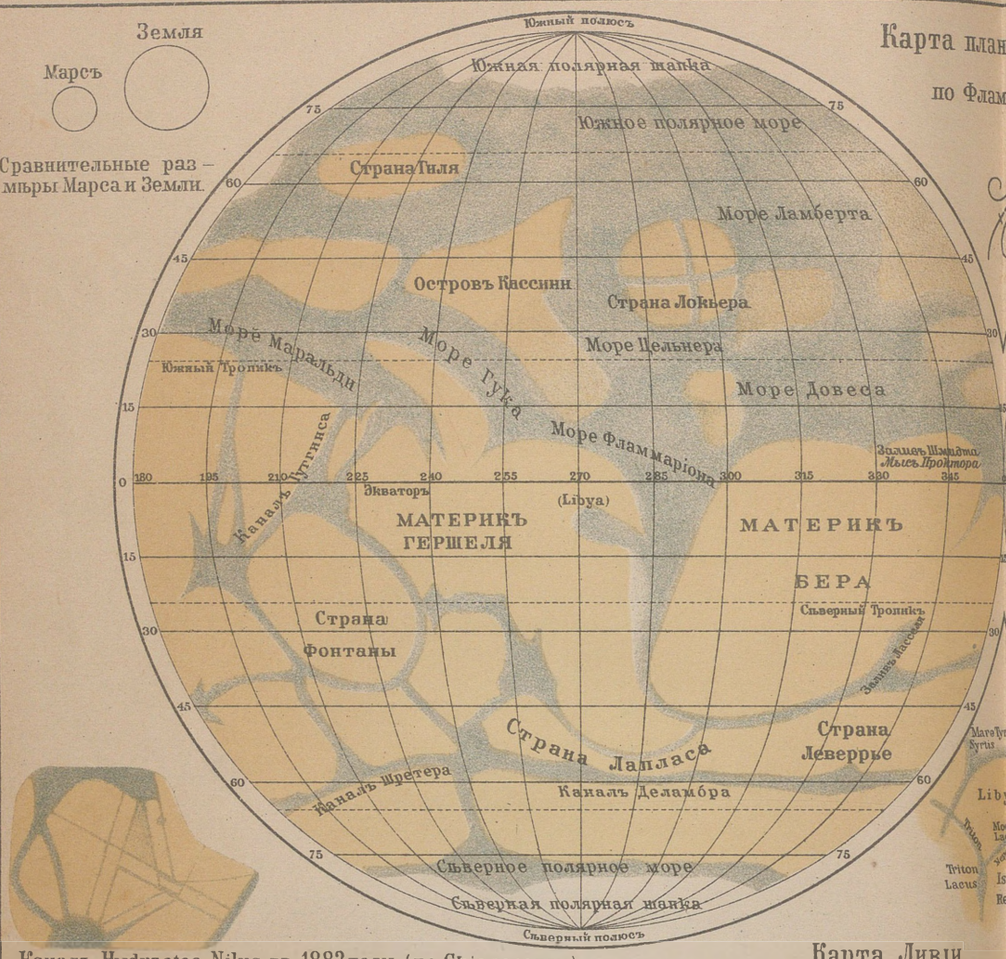
Марсъ

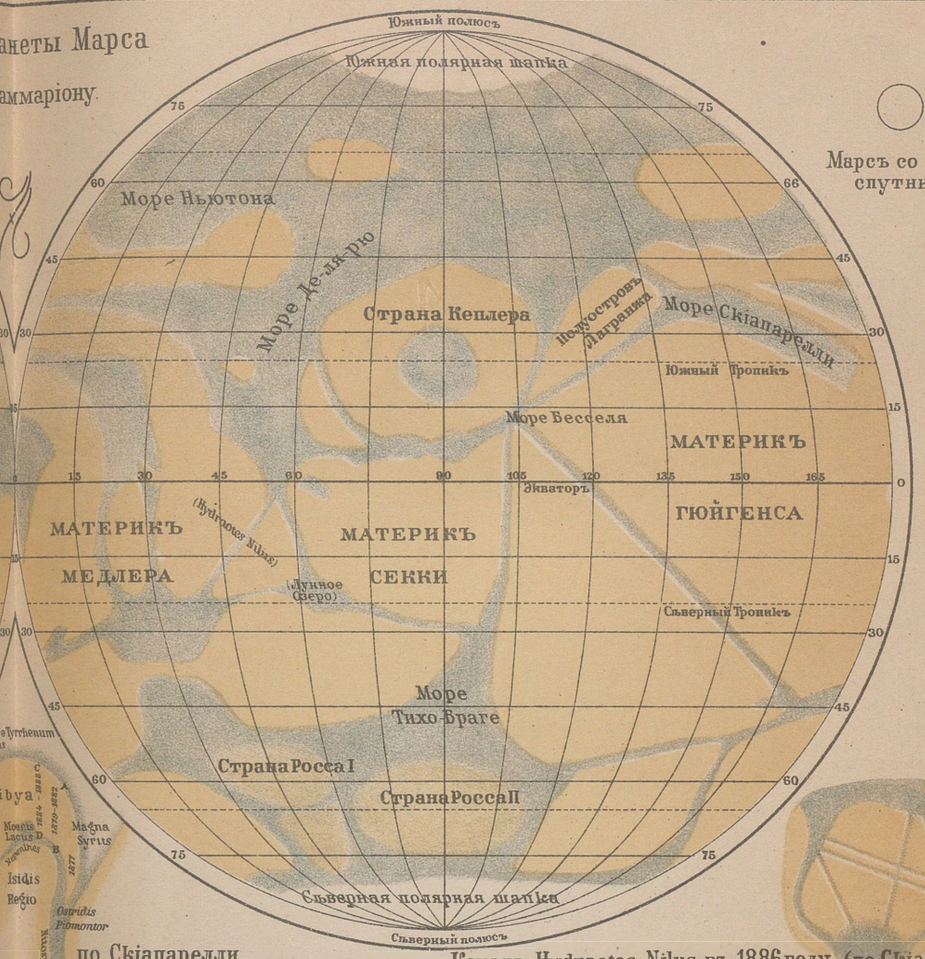
Сравнительные размѣры Марса и Земли.

Карта планеты Марса

по Фламмаріону.

Марсъ со своими спутниками.





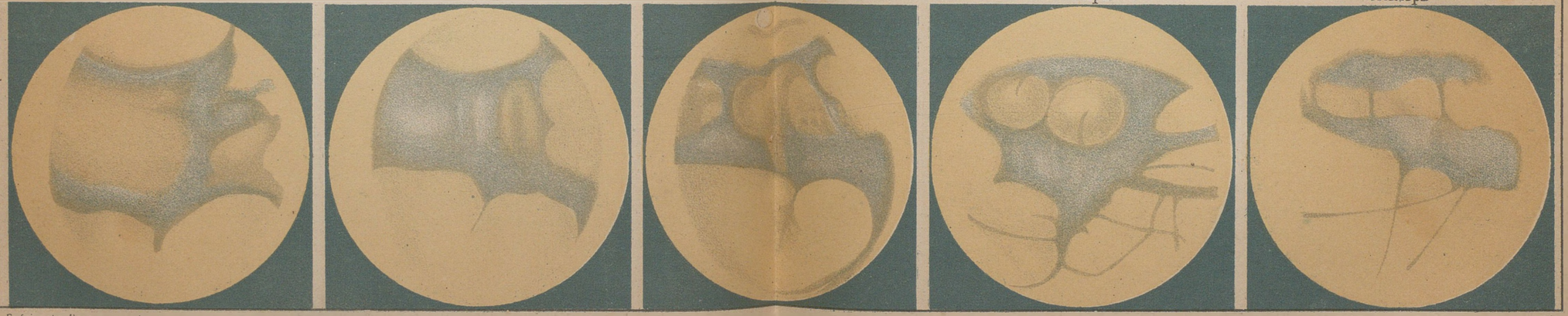


Карта Ливіи по Скіапарелли

Каналъ Hydraotes Nilus въ 1882 году (по Скіапарелли)

Каналъ Hydraotes Nilus въ 1886 году (по Скіапарелли.)

Іюнь. Іюнь Августъ. Октябрь Октябрь



Поверхность Марса по наблюденіямъ, произведеннымъ на Ловельской обсерваторіи въ 1894 году.

Библіотека Естествознанія

Картографическое зав. Я.М.Лапинера. Б. Мастерская ул. № 9/25.

ственно, что предпочтеніе онъ отдалъ тѣмъ астрономамъ, которые много потрудились въ области изслѣдованія этой планеты, причемъ львиная часть была удѣлена его соотечественникамъ. Эта номенклатура, принятая съ нѣкоторыми измѣненіями ареографами *), затѣмъ была дополнена Фламмаріономъ, Гриномъ и другими. Однако, десять лѣтъ спустя Скіапарелли предложилъ другую номенклатуру, въ которой названія пятенъ на Марсѣ были заимствованы изъ древней и отчасти даже изъ миѳической географіи. Эта новая номенклатура мало-по-малу пріобрѣла права гражданства, и прежняя такимъ образомъ была совершенно вытѣснена, такъ что, въ этомъ отношеніи для Марса имѣло мѣсто обратное явленіе, чѣмъ для луны.

Совершенно новая эпоха въ развитіи нашихъ знаній относительно Марса наступила съ 1877 года, когда вышеназванный миланскій астрономъ Скіапарелли, обладавшій необыкновенно острымъ зрѣніемъ, занялся подъ благодатнымъ небомъ Италіи изученіемъ поверхности этой планеты, которую онъ съ тѣхъ поръ наблюдалъ во время каждаго ея противостоянія съ неутомимымъ рвеніемъ и съ достойнымъ удивленія успѣхомъ. * На прилагаемой при семъ цвѣтной таблицѣ, между прочимъ, даны рисунки, представляющія нѣкоторыя части поверхности Марса по наблюденіямъ Скіапарелли. Карта же всей поверхности планеты, въ видѣ такъ называемыхъ плоскошарій (часть I, § 118), составлена на основаніи наблюденій Фламмаріона. Наконецъ, рисунки диска Марса, какъ онъ намъ представляется въ различные мѣсяцы, сдѣланы на основаніи наблюденій, произведенныхъ въ Ловельской обсерваторіи въ 1894 году. * Одного взгляда на карту Марса достаточно, чтобы убѣдиться въ томъ, что въ южномъ полушаріи планеты темныхъ пятенъ гораздо больше, чѣмъ въ сѣверной **). Поэтому, если мы вмѣстѣ съ огромнымъ большинствомъ астрономовъ темныя пятна на Марсѣ будемъ считать водными вмѣстилищами, а свѣтлыя части — материками, то мы должны будемъ допустить новое сходство между Марсомъ и землей, такъ какъ и на этой послѣдней южное полушаріе гораздо богаче обширными океанами, чѣмъ сѣверное. Но сходство между обѣими планетами на этомъ и кончается, такъ какъ, если исключить огромный южный океанъ, покрывающій треть поверхности Марса, то вся остальная часть поверхности этой планеты вплоть до сѣвернаго полюса занята материками, отдѣленными другъ отъ друга сравнительно небольшими массами воды.

Оттѣнокъ какъ красныхъ, такъ и голубовато-зеленыхъ частей диска Марса никогда не бываетъ сплошь одинаковымъ. Напротивъ того, въ образованіяхъ перваго рода общераспространенный оранжевый оттѣнокъ мѣстами переходитъ въ свѣтлокрасный, мѣстами въ желтый и бѣловатый; въ образованіяхъ же второго рода темный цвѣтъ постепенно переходитъ въ свѣтло-сѣрый. Кромѣ того окраска пятенъ на Марсѣ почти никогда не бываетъ постоянной; напротивъ того, почти всѣ пятна время-отъ-времени мѣняютъ свой цвѣтъ.

Но самыми загадочными образованіями на поверхности Марса являются нѣжныя тонкія полосы, перерѣзывающія материки по прямому направленію. Цвѣтъ этихъ образованій гораздо свѣтлѣе цвѣта морей. Наиболѣе короткія изъ такихъ полосъ простираются приблизительно на 500 километровъ, иныя же достигаютъ длины въ нѣсколько тысячъ километровъ, наконецъ, въ исключительныхъ случаяхъ, онѣ тянутся на разстояніи четверти, а иногда даже и трети диска планеты. Скіапарелли назвалъ эти образованія каналами, не связывая впрочемъ съ этимъ названіемъ представленія, что каналы Марса суть сооруженія, подобныя искусственнымъ каналамъ на нашемъ земномъ шарѣ. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ употреблять это слово только въ томъ смыслѣ, какой ему придавалъ самъ Скіапарелли.

---

*) Отъ греческихъ словъ: Ἄρης—Марсъ, богъ войны, и γράφω—описываю.

Переводчикъ.

**) Такъ какъ астрономическія трубы даютъ обратныя изображенія, то на рисункѣ южная часть диска планеты находится наверху.

Нѣкоторые изъ этихъ такъ называемыхъ каналовъ были замѣчены еще Медлеромъ и Довессомъ; но эти астрономы могли прослѣдить ихъ только на короткомъ протяженіи, вслѣдствіе чего ихъ свѣдѣнія относительно этихъ образованій остались весьма скудными. Что поверхность Марса пересѣчена цѣлою обширною сѣтью такихъ каналовъ, это впервые мы узнали благодаря изслѣдованіямъ Скіапарелли, такъ какъ по большей части каналы Марса имѣютъ въ ширину только отъ 30 до 40 километровъ, а потому находятся лишь на предѣлѣ видимости даже при наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ, въ которыхъ находился Скіапарелли, и представляются въ видѣ необыкновенно тонкихъ паутинъ, какъ бы натянутыхъ передъ дискомъ планеты.

Каналы всегда вливаются въ какое-нибудь море. Нерѣдко въ одной и той же точкѣ пересѣкается нѣсколько каналовъ; въ такомъ случаѣ въ точкѣ пересѣченія образуется темное пятно довольно значительныхъ размѣровъ. Число пересѣкающихся каналовъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ доходитъ до 6, а иногда даже до 8. Такіе пересѣкающіеся каналы читатель можетъ видѣть на помѣщенныхъ ниже рисункахъ 127 и 128, на которыхъ изображены всѣ извѣстные до сихъ поръ каналы. Но надо имѣть въ виду, что одновременно обыкновенно бываютъ видимы не всѣ каналы, а лишь весьма немногіе изъ нихъ, такъ какъ внѣшняя форма и степень видимости каналовъ весьма сильно мѣняются въ теченіе короткаго промежутка времени, причемъ такія измѣненія наблюдаются въ различныхъ каналахъ неодновременно, и весьма часто одни каналы или совсѣмъ бываютъ невидимы, или же бываютъ видимы весьма неясно, между тѣмъ какъ другіе, сосѣдніе съ первыми, бываютъ настолько интенсивны, что могутъ быть наблюдаемы въ сравнительно небольшія зрительныя трубы. Поэтому на рисунки 127 и 128 слѣдуетъ смотрѣть лишь какъ на схематическое изображеніе поверхности Марса: на нихъ представлено не то, что можно заразъ видѣть на Марсѣ, а все то, что было подмѣчено на поверхности планеты въ теченіе многихъ лѣтъ послѣ длиннаго ряда весьма трудныхъ наблюденій. Въ популярныхъ сочиненіяхъ при воспроизведеніи подобныхъ рисунковъ до сихъ поръ еще никогда не дѣлались указанія на это обстоятельство, вслѣдствіе чего у многихъ читателей могъ составиться совершенно невѣрный взглядъ на изслѣдованія поверхности Марса, произведенныя въ новѣйшее время.

Послѣ 1877 года Скіапарелли уже нѣсколько разъ обращалъ вниманіе наблюдателей Марса на весьма блестящія точки въ нѣкоторыхъ мѣстахъ поверхности планеты. Это явленіе, которое бываетъ видимо въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени, особенно рѣзко бросается въ глаза въ сѣверномъ полушаріи планеты въ областяхъ, которымъ Скіапарелли далъ названія Элизія и Темпе. Такія свѣтлыя точки легче всего могутъ быть замѣчены тогда, когда онѣ, вслѣдствіе вращенія планеты, находятся вблизи ея края; достигая же центра планетнаго диска, эти точки почти совершенно исчезаютъ. Послѣ противостоянія Марса, имѣвшаго мѣсто въ 1888 году, подобныя свѣтлыя точки на его поверхности наблюдались также и другими астрономами. Такъ, въ 1890 году астрономамъ Ликской обсерваторіи, а на нѣсколько недѣль раньше Перотэну удалось замѣтить на границѣ, отдѣляющей освѣщенную часть Марса отъ неосвѣщенной (§ 58), свѣтлыя точки и линіи, которыя вдавались въ темную часть планеты и вполнѣ напоминали своимъ видомъ вершины лунныхъ горъ и кратеровъ, когда эти послѣдніе выступаютъ за границу, отдѣляющую освѣщенную часть отъ неосвѣщенной. На обстоятельныхъ рисункахъ, сдѣланныхъ на Ликской обсерваторіи 5 и 6 іюля 1890 года, эти свѣтлыя образованія имѣютъ видъ эллипсовъ, большая ось которыхъ заключается въ предѣлахъ отъ 1,5″ до 2″ и нѣсколько наклонена къ линіи, отдѣляющей освѣщенную часть отъ неосвѣщенной. Эти образованія въ теченіе нѣсколькихъ дней были видны на одномъ и томъ же мѣстѣ планетнаго диска, которое по вычисленіямъ Кемпбеля было расположено по сосѣдству съ областью Темпе, гдѣ, какъ мы выше упоминали, Скіапарелли неоднократно наблюдалъ свѣтлыя

точки, но во всякомъ случаѣ всегда на освѣщенной части планеты. Свѣтлыя образованія, которыя въ іюнѣ 1890 года были замѣчены на поверхности Марса Перотэномъ и затѣмъ съ середины іюля до начала августа наблюдались также нѣкоторыми астрономами Ликской обсерваторіи, также проектировались на неосвѣщенную часть планеты, но находились въ южномъ ея полушаріи въ той области, которая на картахъ Скіапарелли носитъ названіе Ноахиса. Изъ этихъ наблюденій Кемпбель вывелъ заключеніе, что разсматриваемыя здѣсь образованія суть ни что иное, какъ горныя цѣпи, которыя тянутся въ направленіи приблизительно перпендикулярномъ къ линіи, отдѣляющей освѣщенную часть планеты отъ неосвѣщенной; онъ же вычислилъ, что при сравнительно небольшой высотѣ въ 3000 метровъ проекціи такихъ горъ на неосвѣщенную часть планеты дѣйствительно могли бы имѣть видъ, вполнѣ согласный съ наблюденіями. Во время оппозиціи 1894 года на Ликской обсерваторіи на эти свѣтлыя образованія было обращено особенное вниманіе, и астрономами этой обсерваторіи было произведено много соотвѣтственныхъ наблюденій и измѣреній. Эти наблюденія также говорятъ въ пользу гипотезы Кемпбеля, по которой такія образованія представляютъ собою ни что иное, какъ горныя цѣпи.

§ 62. **Измѣненія, происходящія на поверхности Марса.** Сравненіе старыхъ наблюденій Марса съ новѣйшими приводитъ насъ къ важному заключенію (сравни § 59), что внѣшнія очертанія и распредѣленіе пятенъ на Марсѣ въ своихъ главныхъ чертахъ остаются неизмѣнными. Но это постоянство никоимъ образомъ не простирается на мельчайшія подробности, какъ это имѣетъ мѣсто на лунѣ: Марсъ не представляетъ отвердѣвшаго и, такъ сказать, уже умершаго небеснаго тѣла, подобно лунѣ; напротивъ того, на его поверхности происходятъ многочисленныя измѣненія, съ одной стороны затрудняющія изученіе вида этой поверхности, а съ другой стороны придающія особенную прелесть этому изученію.

Изъ такихъ измѣненій на первомъ планѣ слѣдуетъ поставить періодическія измѣненія, зависящія отъ временъ года на Марсѣ. На самыя замѣчательныя изъ періодическихъ измѣненій мы уже указывали раньше: это—періодическое увеличеніе и уменьшеніе размѣровъ полярныхъ пятенъ. Эти измѣненія при нѣкоторомъ вниманіи наблюдателя могутъ быть замѣчены даже въ небольшія зрительныя трубы и, дѣйствительно, были открыты еще В. Гершелемъ въ 1783 году. Но особенно интереснымъ представляется наблюденіе таянія полярныхъ шапокъ въ сильныя астрономическія трубы, такъ какъ въ такомъ случаѣ можно прослѣдить всѣ мельчайшія подробности этого явленія. Эти бѣлыя околополярныя массы сначала начинаютъ зазубриваться на своихъ краяхъ; затѣмъ внутри ихъ появляются какъ бы темныя отверстія и весьма значительные разрывы; наконецъ отъ главной массы отдѣляются большія части, которыя постепенно распадаются на болѣе мелкія и въ теченіе короткаго времени совершенно исчезаютъ. Словомъ, въ этомъ случаѣ наблюдаются явленія, совершенно подобныя тѣмъ, которыя имѣютъ мѣсто въ нашихъ арктическихъ странахъ.

Наибольшей величины полярныя пятна достигаютъ три или четыре мѣсяца спустя послѣ зимняго солнцестоянія на соотвѣтственномъ полюсѣ, и въ это время они доходятъ до 70° или даже до 65° ареографической широты *). Съ приближеніемъ лѣта, а также въ теченіе этого послѣдняго таяніе полярныхъ пятенъ происходитъ значительно быстрѣе и въ гораздо бо́льшихъ размѣрахъ, чѣмъ таяніе полярнаго льда на земномъ шарѣ. Такъ, каждое лѣто размѣры полярнаго пятна, лежащаго по срединѣ огромнаго южнаго океана, уменьшаются настолько, что по причинѣ весьма эксцентричнаго его положенія относительно южнаго полюса этотъ послѣдній лѣтомъ никогда не бываетъ захваченъ полярной шапкой. Въ иные же годы южное полярное пятно совершенно исчезаетъ. Такое его исчезновеніе

*) Ареографической широтой какой-нибудь точки на поверхности Марса называется угловое возвышеніе этой точки надъ экваторомъ этой планеты.

Переводчикъ.

наблюдалось между прочимъ въ 1894 году, когда въ южномъ полушаріи планеты солнцестояніе падало на время противостоянія Марса съ солнцемъ.

Еще болѣе замѣчательныя подробности наблюдаются во время таянія сѣверной полярной шапки. Эта шапка окружаетъ сѣверный полюсъ со всѣхъ сторонъ такъ, что онъ находится почти въ самомъ центрѣ ея, и она расположена въ обширной области желтаго цвѣта, слѣдовательно въ такой, которую мы считаемъ материкомъ. Во время таянія сѣвернаго полярнаго пятна происходящія отъ этого жидкія массы затопляютъ окрестности на далекое пространство, и материкъ, на которомъ лежитъ это пятно, на время превращается въ море. Въ это время бѣлое полярное пятно представляется намъ окруженнымъ темнымъ пространствомъ, которое все болѣе и болѣе суживается, по мѣрѣ уменьшенія самого пятна. На границахъ этого темнаго пространства появляются развѣтвленія въ формѣ темныхъ линій, перссѣкающихъ окрестности по разнымъ направленіямъ и имѣющихъ видъ каналовъ. Одновременно съ этимъ нѣкоторыя моря, лежащія въ сѣверномъ полушаріи, принимаютъ болѣе темную окраску и потому дѣлаются болѣе замѣтными. Въ то же самое время происходятъ потемнѣніе и расширеніе многихъ изъ такъ называемыхъ каналовъ, вслѣдствіе чего они также становятся болѣе доступными для наблюденій. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока площадь полярнаго пятна, вслѣдствіе таянія, не достигнетъ наименьшихъ размѣровъ: тогда ширина каналовъ опять уменьшается, временное море исчезаетъ, и материковая область желтаго цвѣта снова принимаетъ свой нормальный видъ.

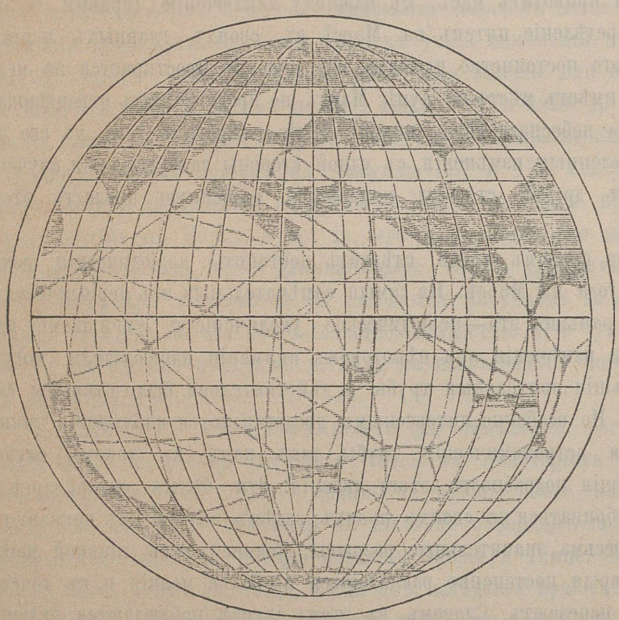


Рис. 127.

Но наиболѣе загадочнымъ явленіемъ представляется временное раздвоеніе каналовъ Марса, которое впервые было открыто въ 1882 году миланскимъ астрономомъ Скіапарелли. Однако, наблюдать такое раздвоеніе настолько трудно, что послѣ 1882 года во время нѣсколькихъ оппозицій Марса никто кромѣ Скіапарелли не могъ прослѣдить этого явленія, вслѣдствіе чего въ теченіе долгаго времени астрономы сомнѣвались въ его реальности и даже считали его не болѣе какъ оптическимъ обманомъ.

Раздвоеніе каналовъ Марса, повидимому, происходитъ обыкновенно около времени равноденствій, т.-е. въ такіе мѣсяцы, которые предшествуютъ большому наводненію въ сѣверномъ полушаріи или слѣдуютъ непосредственно за нимъ. Такое раздвоеніе каналовъ всегда происходитъ чрезвычайно быстро, очень часто даже въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. При этомъ данный каналъ по всей своей длинѣ раздѣляется на двѣ темныя полосы, которыя почти совершенно параллельны другъ другу и на всемъ протяженіи имѣютъ одинаковую ширину. Иногда одна изъ этихъ полосъ располагается почти въ точности на мѣстѣ прежняго канала, другая—рядомъ. Но въ большинствѣ случаевъ одна изъ полосъ появляется

вправо отъ прежняго канала, другая — влѣво, и такимъ образомъ обѣ занимаютъ совершенно новыя мѣста на поверхности планеты. Взаимное разстояніе двухъ полосъ, на которыя раздѣляются различные каналы, бываетъ весьма различно: оно мѣняется отъ 600 до 50 километровъ. Послѣднее изъ этихъ разстояній представляетъ крайній предѣлъ, при которомъ раздвоеніе каналовъ можетъ быть замѣчено при помощи нашихъ астрономическихъ трубъ. Точно также колеблется и ширина полосъ; эти колебанія заключаются въ предѣлахъ отъ 30 до 100 километровъ. Пространство между обѣими полосами имѣетъ по бо́льшей части желтую, иногда же бѣловатую окраску. Раздвоеніе никогда не имѣетъ мѣста одновременно для всѣхъ каналовъ, но обыкновенно наблюдается то въ одномъ изъ нихъ, то въ другомъ, причемъ въ послѣдовательности, повидимому, не существуетъ никакого закона. Кромѣ того, по крайней мѣрѣ до сихъ поръ, такое раздвоеніе было замѣчено еще не для всѣхъ извѣстныхъ каналовъ. Такое раздвоеніе обыкновенно держится въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, послѣ чего обѣ полосы постепенно блѣднѣютъ и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаютъ. На рисункахъ 127 и 128 изображены всѣ извѣстные до сихъ поръ каналы, находящіеся на одной половинѣ поверхности Марса. При этомъ рис. 127 относится къ тому случаю, когда каналы представляются намъ въ обыкновенномъ своемъ видѣ; на рисункѣ же 128 они изображены раздвоенными. Считаемъ необходимымъ еще разъ напомнить нашимъ читателямъ, что на рис. 127 и 128 никоимъ образомъ нельзя смотрѣть какъ на изображенія поверхности Марса, соотвѣтствующія нѣкоторому опредѣленному моменту: на нихъ только схематически представлены всѣ извѣстные до сихъ поръ каналы и ихъ раздвоенія.

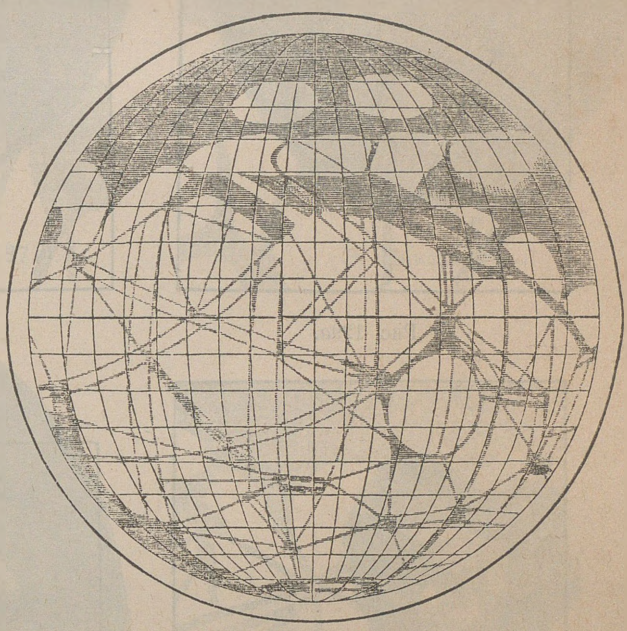


Рис. 128.

Для полноты слѣдуетъ еще прибавить, что Скіапарелли неоднократно замѣчалъ небольшія бѣлыя пятна, подобныя полярнымъ шапкамъ, также въ странахъ, лежащихъ вблизи экватора Марса; только эти пятна, обыкновенно, быстро исчезали. Точно также Перотэну иногда удавалось наблюдать, что цѣлыя полосы на материкахъ становилось на нѣкоторое время гораздо бѣлѣе, чѣмъ обыкновенно, какъ-будто бы въ этихъ мѣстахъ поверхности планеты выпадалъ свѣжій снѣгъ.

Кромѣ описанныхъ выше періодическихъ измѣненій, на Марсѣ замѣчены также довольно значительныя измѣненія прогрессивнаго характера. Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ измѣненій такого рода произошло въ пятнѣ, извѣстномъ подъ названіемъ Lacus solis. На рисункахъ 129 *a*—*d* изображено, по наблюденіямъ Скіапарелли, это пятно, какъ оно намъ представлялось во время оппозицій Марса съ солнцемъ въ 1877, 1879, 1881 и 1890 годахъ. Къ этому необходимо прибавить, что Скіапарелли еще въ 1877 году обратилъ особенное вниманіе на это пятно, такъ какъ уже тогда его рисунки значительно уклонялись отъ рисунковъ, сдѣланныхъ Довесомъ, Локьеромъ и Кайзеромъ въ 1862

и 1864 годахъ. Одного взгляда на рисунки 129 *a*—*d* достаточно, чтобы понять, какія сильныя измѣненія происходятъ съ теченіемъ времени въ этомъ пятнѣ. Такъ, въ 1877 году внутреннее озеро было круглымъ и соединялось съ окружающимъ его моремъ только двумя рукавами. Въ 1879 году прибавился еще третій рукавъ, а въ 1881 году озеро приняло грушевидную форму. Наконецъ, въ 1890 году, помимо всѣхъ другихъ измѣненій, происшедшихъ въ окружающихъ это озеро областяхъ, появились еще два новыхъ соединительныхъ канала, и самое озеро раздѣлилось на двѣ части. Кромѣ того, цвѣтъ всего ландшафта, непосредственно прилегающаго со всѣхъ сторонъ къ этому озеру, въ промежутокъ времени съ 1881 до 1890 года изъ свѣтло-желтаго превратился въ грязный сѣро-желтый, какъ будто-бы вся эта область покрылась болотомъ. Впрочемъ, принимая во вниманіе все вышесказанное о большихъ наводненіяхъ на Марсѣ, едва ли мы можемъ удивляться только-что описаннымъ измѣненіямъ на поверхности этой планеты: эти измѣненія, напротивъ того, являются естественнымъ слѣдствіемъ такихъ наводненій

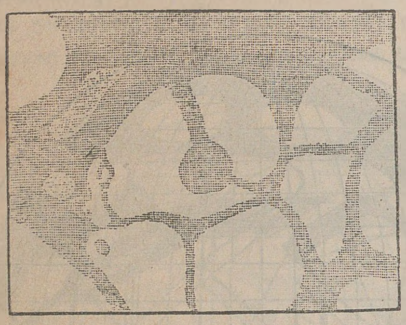


Рис. 129*a*.

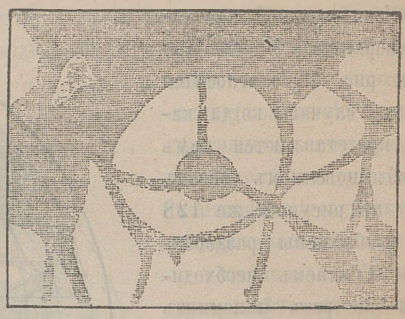


Рис. 129*b*.

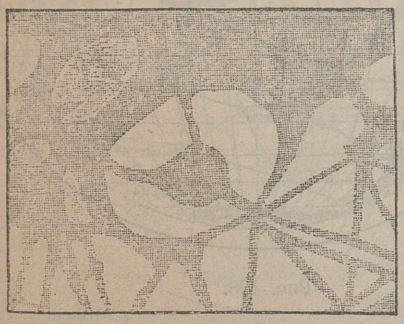


Рис. 129*c*.

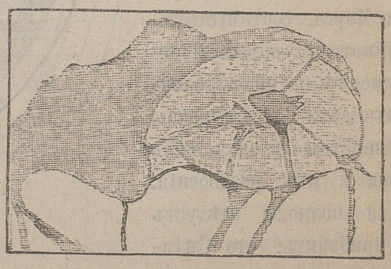
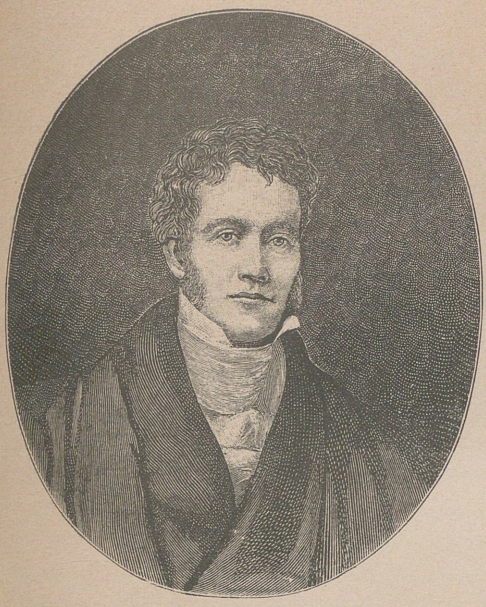


Рис. 129*d*.

§ 63. **Атмосфера Марса.** Еще Кассини и Рёмеръ указывали на то, что слабыя звѣзды, въ томъ случаѣ, когда Марсъ покрывалъ ихъ при своемъ движеніи среди неподвижныхъ звѣздъ, постепенно ослабѣвали въ яркости и, наконецъ, даже совершенно исчезали раньше, чѣмъ онѣ достигали края планеты. Отсюда эти ученые заключили, что у Марса существуетъ весьма плотная атмосфера. Позднѣйшіе астрономы приняли эту гипотезу съ тѣмъ бо́льшимъ довѣріемъ, что съ ней вполнѣ согласовались наблюдаемыя періодическія измѣненія полярныхъ пятенъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ такимъ образомъ представлялась возможность объяснить красный цвѣтъ Марса, именно—поглощеніемъ свѣта его атмосферой. Однако, въ прямомъ противорѣчіи съ только-что высказаннымъ предположеніемъ Кассини и Ремера находится наблюденіе Соута (South), который 28 ноября 1832 года, во время покрытія Марсомъ одной звѣзды 8-й величины, какъ исчезновеніе ея за дискомъ планеты,



Д. Гершель (1792—1871).



Э. Пикерингъ.



Д. Скіапарелли.



К. Фламмаріонъ.

такъ и появленіе изъ-за него наблюдалъ около самаго края Марса и при исчезновеніи звѣзды вовсе не замѣтилъ постепеннаго ослабленія ея яркости. Напротивъ того, спектральныя наблюденія Фогеля, Гуггинса и Жансена говорятъ въ пользу существованія у Марса атмосферы, мало отличной отъ нашей и также богатой водяными парами.

Въ такомъ положеніи находился этотъ вопросъ до тѣхъ поръ, пока, сравнительно въ недавнее время, Кемпбель и Скіапарелли не высказали различныхъ соображеній противъ существованія плотной атмосферы у Марса. Въ этомъ отношеніи особенное вниманіе слѣдуетъ обратить на то обстоятельство, что при существованіи плотной атмосферы пятна на Марсѣ, перемѣщаясь вслѣдствіе вращенія планеты отъ центра диска къ его краю, по причинѣ поглощенія свѣта атмосферой, должны были бы дѣлаться болѣе блѣдными и неясными, чего, однако, въ дѣйствительности не наблюдается, и даже, напротивъ того, на краяхъ пятна скорѣе кажутся болѣе отчетливыми. Далѣе, хотя иногда на поверхности Марса наблюдались, правда, потемнѣнія отдѣльныхъ небольшихъ полосъ на материкахъ, что могло бы быть объяснено образованіемъ облаковъ въ атмосферѣ, тѣмъ не менѣе до сихъ поръ еще никогда не было замѣчено, чтобы на поверхности этой планеты дѣлались невидимыми цѣлыя обширныя области, между тѣмъ какъ на нашей землѣ, если бы наблюдатель могъ помѣститься внѣ ея, такая картина, вслѣдствіе обильнаго образованія облаковъ въ атмосферѣ, имѣла бы мѣсто иногда въ теченіе нѣсколькихъ дней, а иногда даже въ теченіе нѣсколькихъ недѣль подрядъ. Поэтому Скіапарелли прямо высказываетъ убѣжденіе, что на Марсѣ или вообще никогда не бываетъ дождя, или же онъ выпадаетъ очень рѣдко. Далѣе, Кемпбель указалъ также на то, что вышеупомянутыми спектральными наблюденіями существованіе у Марса атмосферы, богатой водяными парами, никоимъ образомъ не доказывается съ такою несомнѣнностью, какъ это думали раньше: изъ этихъ наблюденій самое большее можно было бы вывести только то, что въ атмосферѣ этой планеты есть слѣды водяныхъ паровъ. Наконецъ, не слѣдуетъ также забывать, что Марсъ есть небесное тѣло гораздо меньшихъ размѣровъ, чѣмъ наша земля, и что поэтому онъ, по всей вѣроятности, не могъ бы удержать около себя такой обширной и плотной атмосферы, какую удерживаетъ эта послѣдняя.

На основаніи всѣхъ этихъ соображеній, повидимому, съ большой вѣроятностью можно заключить, что Марсъ окруженъ сравнительно разрѣженной атмосферой, которая, по своему строенію и химическому составу, существеннымъ образомъ отличается отъ земной. Далѣе, если мы вспомнимъ то, что было раньше (§ 39) сказано о значеніи атмосферъ для планетъ, то мы придемъ къ убѣжденію, что на Марсѣ контрасты между температурой дня и температурой ночи должны проявляться болѣе рѣзко, чѣмъ у насъ на землѣ: температура полярныхъ странъ Марса во время длинной полярной ночи должна, напр., опускаться до температуры мірового пространства, которая, несомнѣнно, очень низка. При такомъ положеніи дѣла вполнѣ допустимымъ является мнѣніе Бретса (Breits), что полярныя шапки Марса суть не снѣжныя поля, а продукты отвердѣнія газовъ и жидкостей съ болѣе низкой точкой замерзанія, чѣмъ у воды, напр., продукты отвердѣнія углекислоты. * Въ самое послѣднее время Роговскій въ Истербургѣ и Стопей въ Дублинѣ, на основаніи теоретическихъ соображеній, доказали, что водяные пары лежатъ на преѣлѣ газовъ, удерживаемыхъ Марсомъ. Поэтому оба эти ученые, подобно Бретсу, пришли къ заключенію, что полярныя пятна на Марсѣ обязаны своимъ образованіемъ осадкамъ кристаллической углекислоты. *

§ 64. **Жители Марса.** Мысль о томъ, что небесныя тѣла заселены существами, подобными людямъ, живущимъ на землѣ, и что вообще органическая жизнь существуетъ не только на землѣ, но также и на другихъ планетахъ, не нова; напротивъ того, она теряется въ глубокой древности. Однако, на все то, что до сихъ поръ было написано объ этомъ предметѣ, начиная отъ Цицерона и Люціана до новѣйшихъ временъ, слѣдуетъ

смотрѣть исключительно какъ на болѣе или менѣе остроумныя мечтанія. Въ этомъ отношеніи Секки совершенно справедливо замѣтилъ, что только люди съ весьма узкимъ умственнымъ кругозоромъ могутъ предполагать, что вся вселенная устроена по образцу обитаемаго нами крошечнаго, такъ сказать, микроскопическаго мірового тѣльца, и взглядъ, что всѣ небесныя свѣтила должны быть населены существами, подобными намъ самимъ, и что, вообще, условія жизни повсюду такія же, какъ и у насъ на землѣ, не можетъ считаться глубокофилософскимъ. И дѣйствительно, условія жизни, существующія на землѣ, насколько мы можемъ судить по наблюденіямъ, представляютъ лишь исключительный случай. Такъ, имѣя въ виду физическія свойства солнца, неподвижныхъ звѣздъ, туманностей и кометъ, совершенно невозможно представить себѣ на этихъ небесныхъ тѣлахъ такую же органическую жизнь, какъ на земномъ шарѣ. Луна, единственное небесное тѣло, находящееся въ такомъ близкомъ разстояніи отъ насъ, что мы съ помощью зрительной трубы можемъ разсмотрѣть на ней мелкія подробности (напр., пятна съ наибольшимъ линейнымъ протяженіемъ отъ 400 до 500 метровъ), представляетъ собою пустыню, усѣянную крутыми горами и лишенную всего того, что необходимо для органической жизни. На Меркуріи равенство времени вращенія планеты около оси и обращенія ея около солнца создаетъ условія, совершенно несравнимыя съ тѣми, которыя существуютъ на нашей землѣ. Поверхность Венеры до сихъ поръ не изучена нами съ достаточною точностью вслѣдствіе того, что въ окружающей ее атмосферѣ, повидимому, постоянно плаваютъ густыя облака. Что касается до верхнихъ планетъ, начиная съ Юпитера, то онѣ настолько удалены отъ солнца, этого источника всей жизни на нашемъ земномъ шарѣ, что оно уже не можетъ имѣть для нихъ такого значенія, какое имѣетъ для нашей земли. Остается одинъ только Марсъ, который, естественно, въ этомъ отношеніи все болѣе и болѣе привлекалъ къ себѣ вниманіе астрономовъ. Еще В. Гершель, приблизительно 110 лѣтъ тому назадъ, открывъ періодическія измѣненія въ полярныхъ пятнахъ на Марсѣ, высказалъ мнѣніе, что жители этой планеты находятся въ условіяхъ, во многихъ отношеніяхъ весьма сходныхъ съ условіями, господствующими у насъ на землѣ. Когда же въ наше время Скіапарелли открылъ на Марсѣ цѣлую систему загадочныхъ каналовъ, происхожденіе которыхъ, благодаря ихъ геометрически правильному расположенію на поверхности этой планеты, съ трудомъ можетъ быть объяснено дѣйствіемъ однѣхъ силъ природы и которые скорѣе производятъ впечатлѣніе сооруженій, построенныхъ разумными существами, авторы популярныхъ астрономическихъ сочиненій, съ Фламмаріономъ во главѣ, безъ дальнѣйшихъ размышленій признали эти каналы за несомнѣнныя гигантскія сооруженія жителей Марса, вслѣдствіе чего многія лица, въ надеждѣ вступить въ сношенія съ людьми, живущими на этой планетѣ, дошли до лихорадочнаго напряженія и назначили въ видѣ премій большія суммы тому, кто непосредственными наблюденіями несомнѣннымъ образомъ доказалъ бы существованіе подобныхъ намъ людей на какомъ-нибудь небесномъ тѣлѣ. Чтобы выяснить, насколько призрачны увлеченія такого рода, стоитъ только указать на то, что даже самые большіе города на земномъ шарѣ, въ родѣ Парижа и Лондона, все еще слишкомъ малы, чтобы наблюдатель, находящійся на Марсѣ, даже при помощи лучшихъ нашихъ астрономическихъ трубъ, могъ замѣтить хотя бы слабый намекъ на существованіе этихъ городовъ. Островъ круглой формы, по величинѣ равный острову Маіорка, или продолговатый островъ такихъ размѣровъ, какъ Критъ или Кипръ, еще могли бы быть доступны для наблюденій съ планеты Марса, но только при продолжительномъ и весьма внимательномъ изученіи поверхности земли. Въ какое затруднительное положеніе были бы поставлены тѣ лица, которыя считаютъ каналы Марса безусловно за сооруженія жителей этой планеты, если бы этимъ лицамъ пришлось отвѣтить на вопросъ: съ какою цѣлью жители Марса проложили водяные пути длиною въ нѣсколько тысячъ километровъ и шириною по крайней мѣрѣ въ 30 километровъ, а то и значительно больше? Поэтому, вмѣсто того, чтобы создавать различныя безплодныя гипо-

тезы, изъ которыхъ ни одна не можетъ имѣть за собой достаточныхъ основаній, лучше всего откровенно сознаться, что въ ближайшемъ будущемъ мы не можемъ надѣяться вывести сколько-нибудь близкія къ истинѣ заключенія о природѣ каналовъ и тѣмъ болѣе о весьма загадочномъ явленіи ихъ раздвоенія.

Возвращаясь, послѣ этого отступленія отъ главнаго предмета, снова къ вопросу о жителяхъ или, вѣрнѣе сказать, объ обитаемости Марса, мы, согласно съ тѣмъ, что было сказано въ предыдущихъ параграфахъ, не можемъ не признать, что Марсъ во многихъ отношеніяхъ имѣетъ гораздо больше сходства съ нашей землей, чѣмъ всякое другое изъ извѣстныхъ намъ небесныхъ тѣлъ. Однако нѣтъ недостатка также и въ различіяхъ между этими двумя планетами. Такъ, напр., солнце нагрѣваетъ и освѣщаетъ Марса, вслѣдствіе его болѣе значительнаго разстоянія отъ этого центральнаго свѣтила, далеко не такъ сильно, какъ землю; вслѣдствіе бо́льшей продолжительности временъ года на Марсѣ и вслѣдствіе болѣе значительнаго эксцентриситета его орбиты разность между крайними температурами зимой и лѣтомъ на этой планетѣ гораздо больше, чѣмъ на землѣ и т. д. Но такъ какъ органическія существа, населяющія нашъ земной шаръ, обладаютъ весьма большой способностью приспособляться къ различнымъ условіямъ и могутъ переносить не только палящій жаръ тропическаго пояса, но также и леденящій холодъ арктическихъ странъ, то вышеупомянутыя различія между двумя планетами едва ли мы можемъ считать настолько существенными, чтобы они могли служить препятствіемъ къ развитію на Марсѣ такой же органической жизни, какъ и у насъ на землѣ. Гораздо болѣе важнымъ въ этомъ отношеніи является различіе въ строеніи атмосферъ Марса и земли: этимъ различіемъ на первой изъ планетъ должны обусловливаться, безъ сомнѣнія, другія формы жизни, чѣмъ на второй.

ГЛАВА VI.

Астероиды.

§ 65 **Законъ Боде-Тиціуса.** При внимательномъ разсматриваніи чиселъ, представляющихъ среднія разстоянія отъ большихъ планетъ до солнца, невольно бросается въ глаза значительный пробѣлъ между Марсомъ и Юпитеромъ, пробѣлъ, на который указывалъ еще Кеплеръ. Въ самомъ дѣлѣ, если мы среднее разстояніе отъ Меркурія до солнца примемъ равнымъ 4, то, вообще, разстоянія отъ различныхъ планетъ до солнца выразятся слѣдующими числами:

Планета.	Разстояніе.	Планета.	Разстояніе.
Меркурій	4	Юпитеръ	52
Венера	7	Сатурнъ	100
Земля	10	Уранъ	196
Марсъ	16		

Всѣ эти числа могутъ быть получены изъ перваго по нѣкоторому закону. Чтобы въ этомъ убѣдиться, стоитъ только предыдущую табличку переписать въ слѣдующемъ видѣ:

Планета.	Разстояніе.	Планета.	Разстояніе.
Меркурій	4	Юпитеръ . .	$4+(3\times16)=$ 52
Венера	$4+(3\times1)=$ 7	Сатурнъ	$4+(3\times32)=$ 100
Земля	$4+(3\times2)=$ 10	Уранъ	$4+3(\times64)=$ 196
Марсъ . . .	$4+(3\times4)=$ 16		

Этотъ рядъ чиселъ обыкновенно называется закономъ Боде, хотя еще раньше на него обращали вниманіе Вольфъ, Тиціусъ и другіе. Числа 2, 4, 8, 16, 32 и 64 представляютъ, какъ всякому извѣстно, первую, вторую, третью, четвертую, пятую и т. д. степени числа 2. Такимъ образомъ въ вышеприведенномъ ряду изъ этихъ степеней недостаетъ третьей, иначе говоря, числа 8 Этотъ пробѣлъ давно былъ извѣстенъ астрономамъ, которые поэтому подозрѣвали, что въ пространствѣ между орбитами Марса и Юпитера обращается около солнца какая-то еще неизвѣстная намъ планета. Впрочемъ, числа вышеприведеннаго ряда не вполнѣ точно представляютъ разстоянія отъ планетъ до солнца. Точнѣе эти разстоянія представляются слѣдующими числами:

4,0 7,5 10,3 15,7 53,7 98,6 198,3

Если бы мы пожелали выразить среднія разстоянія отъ планетъ до солнца въ милліонахъ километровъ, то должны были бы воспользоваться слѣдующимъ рядомъ, вполнѣ аналогичнымъ ряду Боде:

Планета.	Разстояніе въ милл. кил.	Планета.	Разстояніе въ милл. кил.
Меркурій	60	Земля	$60+(40\times2)=$ 140
Венера . . .	$60+(40\times1)=$ 100	Марсъ . . .	$60+(40\times4)=$ 220 и т. д.

Въ новѣйшее время многіе астрономы на основаніи теоретическихъ соображеній старались отыскать ряды, подобные ряду Боде. Такого рода вопросами занимались между прочимъ Фаустъ, Гаусинъ, Лакенбахъ, Рожеръ, Троска и др.

§ 66. **Открытіе первыхъ астероидовъ.** Еще во времена Кеплера астрономы постоянно интересовались тѣмъ пробѣломъ въ нашей планетной системѣ, который существовалъ между Марсомъ и Юпитеромъ, и открытію перваго изъ такъ называемыхъ астероидовъ предшествовало общее стремленіе отыскать на небѣ новую планету, которая, по предположенію, должна была обращаться около солнца въ пространствѣ между орбитами двухъ упомянутыхъ большихъ планетъ. Съ середины XVIII-го столѣтія къ этому вопросу постоянно возвращались различные астрономы, изъ которыхъ мы упомянемъ Вольфа († 1754), Тиціуса, Ламберта, Цаха, Вурма и Боде. Но, по аналогіи съ извѣстными уже планетами, рѣчь всегда шла объ одномъ новомъ небесномъ тѣлѣ, которое астрономы надѣялись открыть, и орбита котораго, по закону Боде, должна была находиться въ пространствѣ между орбитами Марса и Юпитера. Ко всему предыдущему слѣдуетъ прибавить, что эти стремленія открыть новое небесное тѣло собственно не привели къ желанной цѣли, такъ какъ новая планета была замѣчена на небѣ совершенно случайно прежде, чѣмъ начавшіеся въ 1800 году систематическіе поиски ея увѣнчались успѣхомъ.

Именно Піацци уже долгое время былъ занятъ пересмотромъ прежнихъ звѣздныхъ каталоговъ и съ этой цѣлью въ каждый ясный вечеръ наблюдалъ много неподвижныхъ звѣздъ. 1-го января 1801 года, отыскивая на небѣ въ 9 часовъ вечера звѣзду, находящуюся въ созвѣздіи Тельца и занесенную въ каталогъ Лакайля, онъ замѣтилъ къ западу отъ нея другую весьма слабую звѣздочку, принадлежащую, по его оцѣнкѣ, къ звѣздамъ 8-ой величины, и, считая ее также за неподвижную, пронаблюдалъ объ эти звѣзды, причемъ въ этотъ вечеръ новая звѣздочка не возбудила въ наблюдателѣ никакого подозрѣнія. Но у Піацци была весьма похвальная привычка опредѣлять положеніе каждой звѣзды по нѣсколько разъ; поэтому онъ и въ слѣдующій вечеръ опять навелъ трубу на упомянутыя выше звѣздочки. При этомъ оказалось, что ни прямое восхожденіе, ни склоненіе слабой звѣздочки, полученныя изъ наблюденій второго вечера, не согласовались съ положеніемъ ея, опредѣленнымъ наканунѣ. Сначала Піацци подозрѣвалъ, что онъ во время одного изъ наблюденій сдѣлалъ ошибку или въ записи момента или въ записи отсчетовъ. Однако 3-го января онъ замѣтилъ, что звѣздочка снова измѣнила свое положеніе, и притомъ измѣненіе, происшедшее въ ея положеніи со 2-го на 3-ье января, почти въ точности равнялось

измѣненію, имѣвшему мѣсто съ 1-го на 2-ое января, такъ что эта звѣздочка, повидимому, обладала совершенно правильнымъ движеніемъ. Наблюденія, повторенныя также и 4-го января, вполнѣ подтвердили заключеніе Піацци о движеніи звѣздочки. Піацци очень хорошо сдѣлалъ бы, если бы тотчасъ же извѣстилъ ученый міръ о своемъ открытіи съ тѣмъ, чтобы это новое свѣтило возможно было наблюдать также и въ другихъ мѣстахъ, такъ какъ въ Палермо въ распоряженіи Піацци не было достаточныхъ вспомогательныхъ средствъ, съ которыми онъ могъ бы слѣдить за открытымъ небеснымъ тѣломъ въ теченіе возможно болѣе продолжительнаго времени. Но онъ на первыхъ порахъ никому не сообщилъ о своемъ открытіи, вѣроятно, съ цѣлью удержать за собою честь перваго вычисленія орбиты новаго тѣла, и только 24-го января онъ послалъ извѣщеніе объ этомъ открытіи астрономамъ Боде въ Берлинѣ и Оріани въ Миланѣ. Его письма, отчасти вслѣдствіе тогдашнихъ почтовыхъ порядковъ въ Европѣ, а отчасти вслѣдствіе войны, которая велась въ лежащихъ на пути странахъ, дошли по назначенію приблизительно только черезъ 3 мѣсяца.

Піацци долгое время колебался, причислить ли открытое имъ небесное тѣло къ числу кометъ, лишенныхъ туманной оболочки, или считать его малой планетой. Боде же тотчасъ по полученіи извѣстія отъ Піацци въ серединѣ апрѣля въ письмѣ къ Цаху высказалъ убѣжденіе, что наблюденія итальянскаго астронома относятся къ планетѣ, существованіе которой уже давно подозрѣвалось и которая должна обращаться около солнца въ пространствѣ между орбитами Марса и Юпитера. Цахъ былъ согласенъ съ нимъ въ этомъ вопросѣ; въ такомъ же смыслѣ высказался относительно новаго свѣтила и Оріани.

Но въ это время новая планета настолько близко подошла къ солнцу, что ее уже не могли болѣе замѣтить даже на такихъ обсерваторіяхъ, на которыхъ имѣлись средства для наблюденія небесныхъ тѣлъ внѣ меридіана, и, вслѣдствіе этого, пришлось ограничиться только наблюденіями Піацци, охватывавшими промежутокъ времени съ 1-го января по 15-ое февраля. Послѣ этого астрономы стали прилагать всѣ старанія къ возможно точному вычисленію орбиты новой планеты, съ тѣмъ, чтобы можно было снова найти ее на небѣ послѣ того, какъ она выйдетъ изъ лучей солнца; однако эта задача въ то время, какъ это выяснилъ Піацци, была одной изъ самыхъ трудныхъ.

Піацци, который все еще сомнѣвался, представляетъ ли собою открытое имъ небесное тѣло комету или планету, предложилъ назвать его, въ томъ случаѣ если бы оно оказалось постояннымъ членомъ нашей солнечной системы, Фердинандовой Церерой въ честь своего короля; но противъ этого названія возстали Лаландъ и Лапласъ. Первый изъ нихъ настаивалъ на томъ, чтобы новая планета была названа непремѣнно въ честь Піацци, Лапласъ же, по желанію Наполеона, высказался за то, что въ данномъ случаѣ наиболѣе подходящимъ является имя Юноны, уже раньше предложенное для новой планеты герцогомъ Готскимъ. Это послѣднее названіе между прочимъ указывало бы на близость новой планеты къ Юпитеру. Цахъ, одинъ изъ выдающихся въ то время авторитетовъ въ астрономіи, рѣшилъ однако остановиться на имени Цереры и для обозначенія этой планеты предложилъ особый знакъ, представляющій собою серпъ; впрочемъ по причинамъ, разсмотрѣннымъ ниже, этотъ знакъ впослѣдствіи былъ замѣненъ знакомъ (1).

Отысканіе Цереры послѣ того, какъ она вышла изъ лучей солнца и вновь сдѣлалась доступна для наблюденій, заслуживаетъ бо́льшей славы, чѣмъ открытіе этой планеты; въ самомъ дѣлѣ, это открытіе было дѣломъ простого случая, и Піацци собственно составилъ себѣ имя въ наукѣ другими, весьма важными работами, хотя лица, не занимающіяся спеціально астрономіей, съ именемъ Піацци непремѣнно связываютъ именно открытіе Цереры. Опредѣлить же положеніе планеты на небесной сферѣ для того времени, когда она опять будетъ доступна для наблюденій, могъ только первоклассный геометръ, такъ какъ въ то время ученіе объ опредѣленіи орбиты какого-нибудь новаго небеснаго тѣла еще совершенно не было разработано. Кеплеръ сдѣлалъ первую попытку опредѣлить элементы орбитъ

большихъ планетъ на основаніи наблюденій Тихо-Браге, но при этомъ ему были извѣстны времена обращеній планетъ около солнца, что представляло весьма большія выгоды.

Ньютонъ показалъ, что небесныя тѣла могутъ двигаться около солнца не только по эллиптическимъ кривымъ, но вообще по такъ называемымъ коническимъ сѣченіямъ *), и, сообразно съ этимъ, онъ измѣнилъ третій законъ Кеплера такъ, чтобы онъ былъ примѣнимъ также и къ разомкнутымъ кривымъ, по которымъ движется большая часть кометъ. Но успѣхъ, внесенный этими изслѣдованіями въ теорію движенія небесныхъ тѣлъ, не былъ такъ великъ, какъ это казалось съ перваго взгляда. Вслѣдствіе большихъ эксцентриситетовъ кометныхъ орбитъ, вслѣдствіе незначительности лежащей вблизи перигелія дуги, на которой кометы только и доступны для наблюденій, и, наконецъ, вслѣдствіе неизбѣжныхъ ошибокъ наблюденій, достигающихъ въ этомъ случаѣ довольно большой величины, въ то время весьма легко было смѣшать параболу съ эллипсомъ, да и теперь это еще вполнѣ возможно.

Большая комета 1759 года, получившая названіе Галлеевой въ честь астронома, занимавшагося изслѣдованіемъ ея движенія, составляла въ этомъ отношеніи исключеніе; но эллиптическая кривая, по которой двигалась эта комета, была опредѣлена изъ прежнихъ наблюденій, слѣдовательно при предположеніи, что время обращенія ея около солнца было извѣстно. Для движенія по параболической кривой два элемента можно считать извѣстными, такъ какъ въ этомъ случаѣ большая полуось орбиты дѣлается безконечно большой, а эксцентриситетъ равняется единицѣ. Отдѣльныя попытки перейти отъ параболической кривой, получившейся какъ первое приближеніе при опредѣленіи орбиты кометы, къ эллиптической, по которой комета въ дѣйствительности совершаетъ движеніе, оставались, за единственнымъ исключеніемъ кометы 1770 года, безрезультатными, такъ какъ такой переходъ является возможнымъ лишь въ случаѣ незначительнаго уклоненія одной кривой отъ другой. Для Урана, открытаго въ 1781 году, непригодность параболической орбиты сразу бросалась въ глаза; но для этой планеты сначала было допущено, что орбита ея — круговая, и такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Урана дѣйствительно очень малъ, то затѣмъ легко было перейти и къ эллиптической кривой. Довольно значительная яркость Урана, его медленное движеніе и небольшая наклонность орбиты къ плоскости эклиптики облегчали отысканіе этой планеты послѣ ея соединенія съ солнцемъ.

До начала XIX-го столѣтія никто даже не осмѣливался заняться задачей, которая съ открытіемъ Цереры въ первый разъ по необходимости была выдвинута на очередь и которая состоитъ въ слѣдующемъ: опредѣлить изъ наблюденій, охватывающихъ всего нѣсколько дней, орбиту новаго небеснаго тѣла, не задаваясь заранѣе видомъ кривой линіи, по которой это тѣло совершаетъ свое движеніе. Въ то время рѣшеніе этой задачи по многимъ причинамъ считалось невозможнымъ. При такомъ положеніи дѣла легко понять то соединенное со страхомъ напряженіе, которое испытывали тогда всѣ астрономы, опасавшіеся, какъ бы не ускользнуло отъ нихъ вновь открытое небесное тѣло. Дуга, описанная Церерой за тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго ее наблюдалъ Піацци, едва достигала 3°; астрономы хорошо понимали, что, пользуясь прежними способами, они совершенно не могли надѣяться снова отыскать этотъ такъ сказать планетарный атомъ, который, по истеченіи года, могъ перемѣститься въ противоположную часть небесной сферы. Къ счастью уже нѣсколько раньше занимался упомянутой выше задачей одинъ изъ величайшихъ умовъ всѣхъ столѣтій, Гауссъ (рис. 130), который тогда жилъ въ Брауншвейгѣ. Въ то время онъ былъ еще совсѣмъ молодымъ человѣкомъ, 24 лѣтъ отъ роду, но уже прославился на весь міръ какъ авторъ знаменитаго сочиненія «Disquisitiones arithmeticae».

Свои изслѣдованія относительно опредѣленія орбиты новаго небеснаго тѣла онъ неза-

*) Коническими сѣченіями называются окружность круга, эллиптическая, параболическая и гиперболическая кривыя.

долго передъ тѣмъ отложилъ въ сторону за неимѣніемъ подходящаго случая для провѣрки своего способа на практикѣ въ примѣненіи къ какому-нибудь опредѣленному частному случаю. Такимъ образомъ съ открытіемъ Цереры Гауссу представлялась полная возможность не только окончательно разработать свой способъ, но и испытать его пригодность на практикѣ.

Въ октябрѣ 1801 года онъ принялся за вычисленія и вскорѣ послѣ этого сообщилъ астрономамъ полученные результаты, не изложивъ однако основаній своего способа. Неслыханная до тѣхъ поръ точность, съ которою вычисленная имъ орбита согласовалась съ первыми наблюденіями Цереры, произведенными открывшимъ ее астрономомъ Піацци, снискала вполнѣ заслуженное довѣріе къ указанному Гауссомъ положенію, которое новое небесное тѣло должно было занимать на небѣ послѣ выхода изъ солнечныхъ лучей, и дѣйствительно Цаху въ первую же ночь, удобную для отысканія планеты, именно 7-го декабря 1801 г., посчастливилось, на основаніи указаній Гаусса, снова найти ее на небѣ.

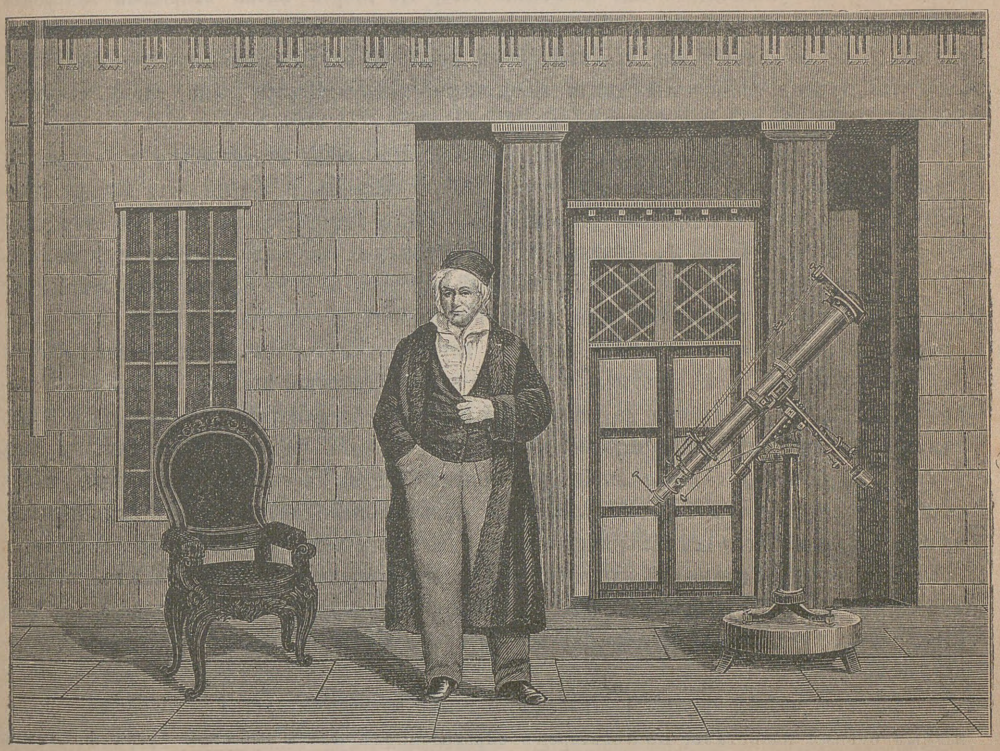


Рис. 130.

Открытіе Цереры, этого перваго члена группы малыхъ планетъ, составляетъ важную эпоху въ астрономіи. Къ этому случаю вполнѣ подходитъ французское изреченіе: «c'est le premier pas qui coûte», и притомъ не столько по тому, что благодаря этому открытію намъ сдѣлался извѣстенъ первый изъ астероидовъ (тогда еще никто не подозрѣвалъ, что существуетъ цѣлый классъ небесныхъ тѣлъ, обращающихся около солнца въ промежуткѣ между орбитами Марса и Юпитера), сколько по тому главнымъ образомъ, что Гауссъ, побуждаемый этимъ случаемъ, далъ астрономамъ средство не выпускать изъ рукъ открытій такого рода, такъ какъ безъ разработаннаго Гауссомъ весьма замѣчательнаго способа опредѣленія орбитъ новыхъ небесныхъ тѣлъ не только это открытіе, но также и всѣ слѣдующія, ему подобныя, легко могли бы быть снова потеряны.

Переходя къ открытію второго астероида, названнаго Палладой, мы прежде всего

должны обратить вниманіе на ту осторожность, съ которою знаменитый Ольберсъ сообщилъ объ этомъ открытіи, сдѣланномъ имъ исключительно благодаря счастливой случайности: 28 марта 1802 года онъ наблюдалъ Цереру и совсѣмъ близко отъ нея замѣтилъ звѣзду седьмой величины, относительно которой навѣрное могъ сказать, что раньше ея не было въ этой очень хорошо извѣстной ему части неба. Вскорѣ оказалось, что эта звѣздочка имѣетъ собственное движеніе, и хотя, вообще, обстоятельства, сопровождавшія это открытіе, были во многихъ отношеніяхъ сходны съ тѣми, которыя раньше сопровождали открытіе Цереры, однако самъ Ольберсъ, а вмѣстѣ съ нимъ и другіе астрономы, опять долгое время затруднялись окончательно рѣшить, представляетъ ли собою новое тѣло комету или планету: весьма большая наклонность орбиты этого тѣла къ плоскости эклиптики позволяла думать, что это была комета, лишенная туманной оболочки. Къ счастью орбита Цереры въ это время была опредѣлена уже вполнѣ надежно; въ противномъ случаѣ затрудненіе могло бы увеличиться еще вслѣдствіе того, что второй вновь открытый астероидъ легко могъ бы быть принятъ за Цереру. Всякія сомнѣнія относительно того, слѣдуетъ ли считать Палладу кометой или планетой, были разсѣяны опять Гауссомъ, который показалъ, что Паллада совершенно такая же планета, какъ и Церера. Имя вновь открытой планетѣ было дано самимъ Ольберсомъ.

Съ открытіемъ Паллады измѣнилось мнѣніе астрономовъ относительно того пробѣла, который существовалъ въ планетной системѣ между Марсомъ и Юпитеромъ. Прежде предполагали, что въ этомъ промежуткѣ обращалось около солнца только одно небесное тѣло; теперь же, по необходимости, пришли къ предположенію, что такихъ тѣлъ существуетъ, можетъ-быть, нѣсколько. В. Гершель, который все еще не могъ освободиться отъ мысли, что эти тѣла не представляютъ собою собственно планетъ, а занимаютъ среднее мѣсто между кометами и планетами, предложилъ для всей группы такихъ тѣлъ общее названіе: сначала аоратовъ *), такъ какъ ихъ нельзя видѣть невооруженнымъ глазомъ, а затѣмъ—астероидовъ **), такъ какъ они по своему виду напоминаютъ неподвижныя звѣзды. Послѣднее названіе мало-по-малу вошло во всеобщее употребленіе, хотя оно, совершенно такъ же, какъ и другія предложенныя впослѣдствіи различными лицами названія (планетоиды, малыя планеты и т. д.), совсѣмъ не указываетъ на единственный дѣйствительно отличительный признакъ этихъ небесныхъ тѣлъ, именно на ихъ положеніе между орбитами Марса и Юпитера. Вполнѣ было бы подходящимъ въ этомъ случаѣ предложенное К. Литровымъ названіе «Дзенареиды» ***), и едва ли удастся избѣжать этого или ему подобнаго названія, если когда-нибудь будетъ открыта подобная же группа планетъ въ другой области нашей солнечной системы.

Сходство орбитъ Цереры и Паллады, а также то обстоятельство, что кривыя, описываемыя обѣими планетами, въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ небесной сферы подходятъ весьма близко одна къ другой, навело Ольберса на остроумную мысль, что эти планеты представляютъ, можетъ-быть, осколки одной большой планеты. Справедливо ли такое воззрѣніе, или нѣтъ, но оно во всякомъ случаѣ принесло наукѣ пользу тѣмъ, что побудило астрономовъ къ новымъ поискамъ. Гардингъ, который въ то время былъ наблюдателемъ на принадлежавшей прежде Шретеру обсерваторіи въ Лиліенталѣ около Бремена, занялся составленіемъ точныхъ звѣздныхъ картъ и такимъ образомъ вступилъ на путь, который впослѣдствіи, послѣ нѣкоторыхъ, правда, несущественныхъ видоизмѣненій, далъ весьма обильные плоды. Теперь уже нельзя было назвать дѣломъ простого случая открытіе, сдѣ-

*) Это слово взято съ греческаго языка и состоитъ изъ приставки ἀ—не и слова ὁράω—вижу. *Переводчикъ.*

**) Отъ греческаго слова ἀστήρ—звѣзда. *Переводчикъ.*

***) Отъ греческихъ словъ Ζεύς (род. пад., употребляемый въ поэзіи, Ζηνός) — Юпитеръ и Ἄρης - Марсъ.

ланное Гардингомъ, когда онъ, сравнивая свои карты съ небомъ, замѣтилъ 1 сентября 1804 года въ созвѣздіи Рыбъ звѣзду отъ 7-ой до 8-ой величины, которой раньше не было въ этомъ мѣстѣ и которую онъ тотчасъ же призналъ за новую планету, третью изъ группы астероидовъ. Орбита новой планеты пересѣкала плоскость орбиты Цереры недалеко отъ того мѣста, гдѣ орбиты первыхъ двухъ астероидовъ также весьма близко подходили другъ къ другу, что самымъ замѣчательнымъ образомъ согласовалось съ гипотезой Ольберса и что естественнымъ образомъ послужило къ широкому распространенію этой гипотезы. Еще до открытія этой планеты, герцогомъ Готскимъ Эрнстомъ было предложено для слѣдующаго члена разсматриваемой здѣсь группы планетъ названіе Геры; Ольберсъ, признавая это имя царицы боговъ вполнѣ подходящимъ для вновь открытаго небеснаго тѣла, только перемѣнилъ греческое имя на латинское и назвалъ новую планету Юноной. Гауссъ ко всеобщему удивленію опять съ необычайною точностью вычислилъ орбиту Юноны изъ первыхъ ея наблюденій, едва охватившихъ 14 дней.

Открытіе Юноны, повидимому, самымъ блестящимъ образомъ подтвердило гипотезу Ольберса, которая вслѣдствіе этого въ то время пустила глубокіе корни (въ дѣйствительности же она, какъ оказалось въ новѣйшее время, совершенно несостоятельна). Ольберсъ, исходя изъ того взгляда, что всѣ планеты этой группы, которыя въ будущемъ могли бы быть открыты, подобно первымъ 3 астероидамъ, должны одинъ разъ въ теченіе полнаго оборота около солнца проходить черезъ созвѣздія Дѣвы и Кита, открылъ 29 марта 1807 года въ первомъ изъ названныхъ созвѣздій еще одну новую планету, которой, по его желанію, было дано имя Весты. Гауссъ опять въ самое короткое время вычислилъ ея орбиту и вскорѣ послѣ этого въ своемъ безсмертномъ сочиненіи: «Theoria motus corporum coelestium» опубликовалъ въ окончательномъ видѣ свой превосходный способъ опредѣленія орбитъ вновь открытыхъ небесныхъ тѣлъ.

Веста, это—самая яркая изъ извѣстныхъ до сихъ поръ малыхъ планетъ, и по изслѣдованіямъ Хейса оказывается, что ее иногда можно видѣть даже невооруженнымъ глазомъ. Фогель думаетъ, что ему удалось при помощи спектральныхъ наблюденій замѣтить даже слѣды атмосферы у этой планеты.

§ 67. **Второй періодъ въ исторіи открытій астероидовъ.** Такъ какъ Гардингъ и Ольберсъ, какъ это было всѣмъ извѣстно, несмотря на самые тщательные поиски въ теченіе весьма продолжительнаго времени, не могли открыть болѣе ни одного астероида кромѣ тѣхъ, о которыхъ уже было упомянуто выше, то, вполнѣ естественно, стало мало-по-малу распространяться мнѣніе, что астероидовъ, кромѣ открытыхъ, болѣе совсѣмъ не существуетъ. Ольберсъ съ полною опредѣленностью заявилъ, что въ той области неба, въ которой онъ производилъ розыски, въ промежутокъ времени съ 1808 по 1816 годъ онъ не видѣлъ ни одной новой планеты. Послѣ этого на нѣкоторое довольно продолжительное время розыски новыхъ планетъ были совершенно прекращены. Только тогда, когда, по предложенію Бесселя, Берлинская Академія предприняла въ 1825 году изданіе точныхъ звѣздныхъ картъ экваторіальной полосы неба, многіе снова обратили вниманіе на этотъ сравнительно легкій способъ составлять себѣ имя въ наукѣ. Вмѣстѣ съ тѣмъ распространеніе хорошихъ трубъ дало возможность наблюдать несравненно болѣе слабыя звѣзды, чѣмъ раньше, и, вообще, такого рода изслѣдованія сдѣлались вполнѣ доступными даже для любителей астрономіи. Одинъ изъ такихъ страстныхъ любителей, Генке въ Дризенѣ, самъ составилъ въ увеличенномъ масштабѣ звѣздныя карты нѣкоторыхъ частей неба и, время-отъ-времени, сравнивалъ ихъ съ небомъ. Такимъ образомъ онъ, послѣ 15-лѣтней работы, открылъ наконецъ въ 1845 году съ помощью берлинской карты новую планету, которую Энке назвалъ Астреей. Въ слѣдующемъ 1846 году совершенно инымъ путемъ было сдѣлано знаменитое открытіе Нептуна. А затѣмъ Генке, менѣе чѣмъ черезъ 2 года послѣ перваго своего от-

крытія, именно 1-го іюля 1847 года, снова при помощи берлинской карты, открылъ еще новую планету изъ группы астероидовъ, которую Гауссъ предложилъ назвать Гебой.

Черезъ нѣсколько недѣль послѣ этого Хиндъ, астрономъ частной обсерваторіи Бишопа въ Лондонѣ, обогатилъ группу малыхъ планетъ еще однимъ новымъ членомъ; открытую имъ планету онъ назвалъ Иридой. Съ этого момента началось систематическое изслѣдованіе неба съ цѣлью отысканія новыхъ астероидовъ. Оно было предпринято самимъ Хиндомъ, который своимъ первымъ открытіемъ былъ обязанъ опять-таки берлинскимъ картамъ. Начатое по почину Хинда изслѣдованіе неба вскорѣ приняло такіе грандіозные размѣры, что съ тѣхъ поръ годы, въ которые не было бы открыто нѣсколько новыхъ астероидовъ, являлись лишь рѣдкимъ исключеніемъ. Хиндъ и Фальцъ, директоръ обсерваторіи въ Марсели, почти одновременно напали на счастливую мысль, что для подобной цѣли нѣтъ необходимости пользоваться картами, на которыхъ изображенъ поясъ значительной ширины (берлинскія карты охватывали по склоненію 30^0), и такъ какъ всякое небесное тѣло, совершающее свое движеніе вокругъ солнца, два раза въ теченіе полнаго оборота около него проходитъ черезъ плоскость эклиптики, то совершенно достаточно слѣдить за звѣздами, лишь незначительно удаленными къ сѣверу или югу отъ этой плоскости.

И дѣйствительно, нетрудно понять, что, обращая свое вниманіе постоянно только на эту узкую и потому легко доступную для изслѣдованій полосу неба, астрономы мало-помалу могли бы открыть всѣ неизвѣстныя до тѣхъ поръ планеты. Небольшая площадь картъ, представляющихъ такую узкую полосу, давала возможность нанести на нихъ всѣ звѣзды, доступныя астрономическимъ трубамъ средней величины, а черезъ это значительно увеличивалась вѣроятность натолкнуться на новое небесное тѣло. Хиндъ первый составилъ такія карты, и послѣдовавшія въ скоромъ времени многочисленныя открытія самымъ наглядным образомъ подтвердили справедливость вышеизложенныхъ разсужденій. Пока карты Хинда еще не были готовы, онъ пользовался берлинскими картами, на которыя нанесъ еще нѣкоторыя болѣе слабыя звѣзды, и такимъ образомъ всего только черезъ два мѣсяца послѣ открытія Ириды подарилъ астрономамъ новую планету, которую Д. Гершель уже заранѣе, въ ожиданіи дальнѣйшаго скораго обогащенія нашей планетной системы, предложилъ назвать Флорой. Для каждаго изъ открытыхъ ранѣе астероидовъ, кромѣ собственнаго имени, былъ придуманъ астрономами также особый знакъ, главнымъ образомъ, съ цѣлью сокращенія письма. Знакъ, придуманный для Флоры, представлялъ собою цвѣтокъ и, хотя онъ былъ принятъ всѣми безъ всякихъ возраженій, однако на самомъ дѣлѣ былъ настолько сложенъ, что тогда же у многихъ явилось сомнѣніе, вообще, въ пользѣ такихъ знаковъ для астероидовъ. Это сомнѣніе все болѣе и болѣе разросталось по мѣрѣ того какъ, съ теченіемъ времени, открывались новые астероиды, для которыхъ предлагались все болѣе и болѣе сложные знаки. Наконецъ, въ 1852 году, который ознаменовался особенно большимъ числомъ открытій астероидовъ, явилась настоятельная необходимость ввести какое-нибудь болѣе цѣлесообразное обозначеніе для этихъ небесныхъ тѣлъ. Американскій астрономъ Гульдъ и Р. Вольфъ изъ Цюриха предложили пользоваться для обозначенія астероидовъ кружочками съ помѣщенными внутри нумерами, показывающими хронологическій порядокъ открытія данной планеты. Это предложеніе оказалось весьма практичнымъ, и въ скоромъ времени такой способъ обозначенія вошелъ во всеобщее употребленіе, причемъ сначала онъ былъ примѣненъ только къ Астреѣ и ко всѣмъ послѣдующимъ астероидамъ, а впослѣдствіи былъ распространенъ и на первые четыре астероида (Цереру, Палладу, Юнону и Весту), для которыхъ, конечно, были сохранены первые четыре нумера: ①, ②, ③, ④. Сообразно съ этимъ, для Астреи, Гебы, Ириды, Флоры и другихъ позже открытыхъ астероидовъ были приняты обозначенія: ⑤, ⑥, ⑦, ⑧ и т. д.

Здѣсь мы считаемъ умѣстнымъ сказать нѣсколько словъ о названіяхъ астероидовъ.

Когда въ началѣ XVIII столѣтія были открыты первые астероиды и когда затѣмъ, по

истеченіи довольно продолжительнаго промежутка времени, началась, съ открытіемъ Астреи въ 1845 году, новая эпоха, ознаменовавшаяся весьма быстрымъ увеличеніемъ числа членовъ этой группы планетъ, на каждое новое открытіе такого рода смотрѣли какъ на весьма важное астрономическое событіе и не меньшую важность придавали выбору собственныхъ именъ для вновь открытыхъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому пригодность предлагавшихся различными лицами именъ подробно обсуждалась въ спеціальныхъ журналахъ, и только уже послѣ такихъ обсужденій астрономы останавливались на томъ или другомъ имени. Наиболѣе выдающіеся астрономы устанавливали условія, которымъ должны были удовлетворять названія, дававшіяся новымъ планетамъ. Такъ, напр., Д. Гершель настаивалъ на томъ, чтобы въ именахъ планетъ по возможности дѣлались указанія на то мѣсто, гдѣ было сдѣлано открытіе. Сообразно съ этимъ принципомъ были даны названія, между прочимъ слѣдующимъ астероидамъ:

№ астероида.	Названіе.	№ астероида.	Названіе.
(11)	Партенопа (=Неаполь).	(142)	Полана (=Пола).
(20)	Массалія.	(226)	Веринтія (=Веринтъ).
(21)	Лютеція.	(231)	Виндобона.
(51)	Немауза (=Низмесъ).	(325)	Гейдельберга.
(138)	Толоза.		

Нѣкоторыя планеты получили свои названія отъ той страны или даже отъ той части свѣта, къ которымъ принадлежитъ мѣсто ихъ открытія. Нѣкоторые изъ такихъ астероидовъ помѣщены въ нижеслѣдующей табличкѣ:

№ астероида.	Названіе.	№ астероида.	Названіе.
(52)	Европа.	(148)	Галлія.
(67)	Азія.	(183)	Истрія.
(63)	Авзонія (=Италія).	(241)	Германія.
(136)	Австрія.	(333)	Баденія.

Къ этому же разряду можно, пожалуй, отнести планеты (257) и (255), изъ которыхъ первая получила названіе Силезіи, а вторая—Оппавіи (=Троппау), причемъ этими названіями имѣлось въ виду указать страну и городъ, гдѣ родился Пализа, открывшій эти планеты. Подобнымъ же образомъ планета (263) была названа Дрездой, съ цѣлью указанія города, въ которомъ жилъ астрономъ, давшій ей имя, и т. д.

Съ другой стороны, высказывалось также желаніе, чтобы имена, даваемыя астероидамъ, указывали на тѣ или другія замѣчательныя событія, современныя открытію этихъ небесныхъ тѣлъ, или, вообще, на обстоятельства, сопровождавшія открытіе. На основаніи такихъ соображеній, повидимому, получили свои названія слѣдующія планеты:

1) (28) Беллона, въ воспоминаніе о воинственномъ времени, съ которымъ связано ея открытіе;

2) (55) Пандора, какъ бы съ цѣлью указанія на тогдашнія политическія осложненія, особенно въ Америкѣ;

3) (58) Конкордія, въ воспоминаніе о томъ, что въ то время въ Европѣ неожиданнымъ образомъ явились надежды на миръ.

Подобнымъ же образомъ планета (72) получила названіе Феронія, въ воспоминаніе о тогдашнихъ событіяхъ въ сѣверной Америкѣ и въ честь древнеиталійскаго божества, въ храмѣ котораго въ Пренестѣ было провозглашено освобожденіе рабовъ. Точно также въ именахъ Либератриксъ, Велледа и Іоанна, которыя братья Анри въ Парижѣ дали открытымъ ими планетамъ (125), (126) и (127), безъ труда можно усмотрѣть: въ первомъ—намекъ на совер-

шившееся въ то время освобожденіе Франціи отъ непріятельской оккупаціи, во второмъ—указаніе на связанныя съ этимъ событіемъ мысли объ отмщеніи и въ третьемъ—воспоминаніе о Жаннѣ д'Аркъ. Наконецъ Петерсъ двѣ планеты, открытыя имъ въ первую же ночь послѣ благополучнаго возвращенія изъ экспедиціи, снаряженной въ Южный океанъ въ 1874 году для наблюденій надъ прохожденіемъ Венеры передъ солнечнымъ дискомъ, назвалъ первую Вибиліей, въ честь богини отъѣзжающихъ, вторую—Адеоной въ честь богини прибывающихъ.

Изъ остальныхъ довольно многочисленныхъ именъ, которыя принадлежатъ къ этой категоріи и которыя должны напоминать намъ о различныхъ событіяхъ, мы укажемъ здѣсь еще на одно: планета (273) была открыта за нѣсколько часовъ до смерти императора Вильгельма I, и потому берлинскіе астрономы весьма остроумно предложили назвать ее именемъ парки Атропы.

Вообще же астрономы согласились заимствовать имена для астероидовъ изъ классической древности и рѣшили, по возможности, избѣгать такихъ именъ, въ которыхъ можно было бы видѣть намекъ на преклоненіе передъ какимъ-нибудь лицомъ, на лесть и т. п. Въ этомъ направленіи вначалѣ соблюдалась такая строгость, что американскіе астрономы планетѣ (12), открытой Хиндомъ, черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ ея открытія дали имя Кліо вмѣсто предложеннаго самимъ Хиндомъ имени Викторіи, такъ какъ въ этомъ послѣднемъ они усмотрѣли преклоненіе передъ королевой Викторіей. При быстромъ увеличеніи числа астероидовъ астрономамъ мало-по-малу приходилось быть въ этомъ отношеніи поневолѣ менѣе разборчивыми. Такъ, имя Евгеніи, которое Гольдшмидтъ далъ открытой имъ планетѣ (45), было принято почти безъ возраженій, несмотря на то, что въ этомъ случаѣ преклоненіе передъ французской императрицей было очевидно. Точно также въ концѣ концовъ было принято, правда послѣ продолжительнаго спора, имя Александры для планеты (54), которую Муаньо предложилъ такъ назвать въ честь Гумбольдта. Напротивъ того, Штейнгейль не могъ отстоять своего предложенія назвать планету (65) Максимиліаной въ честь баварскаго короля Максимиліана, и для указанной планеты вмѣсто этого имени мало-по-малу вошло во всеобщее употребленіе предложенное берлинскими астрономами имя Цибеллы. Впослѣдствіи, особенно съ тѣхъ поръ какъ американскіе астрономы стали въ большомъ числѣ открывать малыя планеты, имена для нихъ заимствовались не изъ одной только классической древности, но, вообще, изъ миѳологіи и историческихъ легендъ различныхъ народовъ, и это не вызывало никакихъ возраженій. Когда же по почину братьевъ Анри сталъ мало-по-малу распространяться обычай давать астероидамъ обыкновенныя женскія имена, не заимствованныя изъ миѳологіи, то противъ этого сначала сильно возстали многія лица и въ особенности нѣмецкіе астрономы, но, надо сознаться, безъ всякаго успѣха. Да это и вполнѣ понятно, такъ какъ съ увеличеніемъ числа астероидовъ все чаще приходилось брать изъ миѳологіи грековъ и римлянъ такія имена, о носительницахъ которыхъ нельзя было найти никакихъ свѣдѣній даже въ болѣе обширныхъ трактатахъ по миѳологіи. Гораздо менѣе понятно, почему покровитель охоты Губертъ на небесной сферѣ обратился въ покровительницу охоты. Точно также, вѣроятно, только незнаніемъ духа славянскихъ нарѣчій слѣдуетъ объяснить то обстоятельство, что имя Дембовскаго было измѣнено на Дембовска, и, такимъ образомъ, честь была оказана не знаменитому астроному, а скорѣе его супругѣ. Въ концѣ же концовъ дѣло дошло до того, что, напр., планету (193) назвали Амвросіей и тѣмъ самымъ увѣковѣчили на небѣ пищу боговъ; планетѣ (268) дали имя Адорея, и, такимъ образомъ, она всегда будетъ намъ напоминать о лепешкахъ изъ меда и соли, которыя римляне приносили въ жертву своимъ богамъ; планета (322) получила имя Фэо, какъ бы для увѣковѣченія дикаго кабана, который жилъ недалеко отъ Корнеа; имя Гордоніи, данное планетѣ (305), сохранило намъ на небѣ на вѣчныя времена воспоминаніе о гордіевомъ узлѣ. Далѣе, названіе Люменъ, данное планетѣ (141), есть ни

что иное, какъ заглавіе книги; планета (152) была названа Аталой, въ честь героини романа и т. д. Всѣ эти названія, какъ справедливо замѣтилъ Р. Вольфъ, представляютъ не болѣе, какъ сатиру на самый обычай давать собственныя имена астероидамъ, число которыхъ постоянно быстро увеличивалось. Поэтому можно только привѣтствовать замѣченное въ послѣднее время стремленіе астрономовъ вообще совсѣмъ не давать малымъ планетамъ собственныхъ именъ, стремленіе, которое съ примѣненіемъ фотографіи къ отысканію новыхъ астероидовъ стало все болѣе и болѣе распространяться.

Прежде чѣмъ перейти къ вопросу о дальнѣйшихъ открытіяхъ астероидовъ, мы должны предупредить читателей, что въ нижеслѣдующемъ изложеніи мы не будемъ перечислять всѣхъ отдѣльныхъ астероидовъ, но будемъ останавливаться только на тѣхъ изъ нихъ, которые заслуживаютъ особаго интереса или благодаря обстоятельствамъ, сопровождавшимъ ихъ открытіе, или же по какимъ-нибудь другимъ причинамъ. Что же касается всѣхъ остальныхъ астероидовъ, то свѣдѣнія о нихъ читатели могутъ найти въ таблицахъ, помѣщенныхъ въ концѣ книги. Въ этихъ таблицахъ заключаются какъ элементы астероидовъ, такъ и указанія на то, когда и кѣмъ данная планета была открыта.

Приблизительно черезъ полгода послѣ Флоры была найдена Метида; открылъ ее, а также далъ ей имя Грахамъ, наблюдатель на обсерваторіи Купера въ Маркри-Кэстлѣ. Черезъ годъ послѣ этого, именно 12 апрѣля 1849 года, Гаспарисъ, который тогда былъ ассистентомъ, а впослѣдствіи сдѣлался директоромъ обсерваторіи въ Неаполѣ, сравнивая съ небомъ одну изъ берлинскихъ академическихъ картъ, открылъ новую планету Гигіею. Въ лицѣ Гаспариса астрономическій міръ пріобрѣлъ, такъ сказать, ловца малыхъ планетъ, такъ какъ благодаря его стараніямъ приблизительно въ теченіе десяти лѣтъ число этихъ небесныхъ тѣлъ увеличилось еще на 10.

Планета (14), получившая имя Ирены, представляетъ собою первый астероидъ, который былъ открытъ двумя астрономами независимо другъ отъ друга и почти одновременно: Хиндъ замѣтилъ его 19 мая, а Гаспарисъ 23 мая 1851 года. Точно также планета (16), названная Психеей, была открыта тѣми же самыми двумя астрономами опять независимо другъ отъ друга, но на этотъ разъ Гаспарисъ опередилъ Хинда, хотя послѣдній собственно шелъ, такъ сказать, по ея слѣду, начиная еще съ 25 января 1852 года, т.-е. за три мѣсяца до ея открытія. Именно, въ этотъ день Хиндъ нанесъ на свою карту звѣздочку 11-ой величины; но когда онъ 18 марта получилъ первый оттискъ этой карты и сравнилъ его съ небомъ, то онъ уже не нашелъ на указанномъ мѣстѣ вышеупомянутой звѣздочки. Затѣмъ, 19 марта, было пасмурно, а 20 марта, когда онъ могъ возобновить свои наблюденія, онъ снова замѣтилъ звѣздочку 11-ой величины въ такомъ мѣстѣ неба, гдѣ прежде никакой звѣзды не было. Дальнѣйшія свои изысканія въ этомъ направленіи онъ хотѣлъ отложить до болѣе темныхъ ночей во время новолунія, но, прежде чѣмъ ему удалось приступить къ новымъ изслѣдованіямъ, онъ получилъ извѣстіе, что Гаспарисъ въ этой звѣздочкѣ еще 17 марта призналъ новую малую планету. Съ этихъ поръ нерѣдко стали повторяться неслыханные ранѣе примѣры одновременнаго открытія новой планеты двумя наблюдателями.

Ѳетида, найденная недалеко отъ Флоры, была открыта Робертомъ Лютеромъ, директоромъ обсерваторіи, основанной Бенценбергомъ въ Билкѣ около Дюссельдорфа и по завѣщанію владѣльца перешедшей къ только-что названному городу. Лютеръ съ полнымъ правомъ можетъ быть названъ открывателемъ планетъ ex professo, такъ какъ благодаря его стараніямъ въ теченіе слѣдующихъ 15 лѣтъ группа астероидовъ обогатилась 20 новыми членами. Но послѣ этого число открываемыхъ имъ малыхъ планетъ сразу сильно уменьшилось; это объясняется тѣмъ, что при постепенномъ уменьшеніи яркости вновь открываемыхъ астероидовъ онъ, при своихъ скромныхъ вспомогательныхъ средствахъ, могъ открывать только исключительно яркія планеты.

Шакорнакъ еще 9 сентября 1852 года нанесъ, пока въ видѣ неподвижной звѣзды, планету (20) на одну изъ эклиптикальныхъ картъ, которыя онъ чертилъ въ то время въ Марсели подъ руководствомъ Фальца, и составленіе которыхъ впослѣдствіи онъ продолжалъ на парижской обсерваторіи; 20 сентября онъ призналъ въ этой звѣздочкѣ новую планету. Но въ этомъ открытіи его опередилъ на одинъ день Гаспарисъ. Фальцъ, прежде чѣмъ до него дошло извѣстіе объ открытіи Гаспариса, предложилъ, слѣдуя принципу Гершеля, назвать эту планету Массаліей; это названіе было принято также и Гаспарисомъ, хотя раньше онъ имѣлъ въ виду дать ей другое имя, именно имя Ѳемиды.

Планета (21), названная Лютеціей, представляетъ первое открытіе одного любителя астрономіи, живописца историческихъ картинъ Гольдшмидта въ Парижѣ. Послѣ этого онъ до самой своей смерти, которая послѣдовала 10 сентября 1866 года, почти ежегодно дарилъ астрономическому міру по нѣсколько новыхъ астероидовъ. Въ ночь, слѣдующую за открытіемъ Лютеціи, Хиндъ открылъ планету (22), которая была названа Калліопой. Это было первое открытіе, сдѣланное Хиндомъ при помощи имъ самимъ составленныхъ вышеупомянутыхъ картъ, которымъ онъ былъ обязанъ, впрочемъ, открытіемъ еще только трехъ астероидовъ, такъ какъ онъ вскорѣ послѣ изготовленія этихъ картъ покинулъ обсерваторію Бишопа, чтобы принять на себя руководство изданіемъ англійскаго ежегодника «Nautical Almanac». Всего же Хиндъ открылъ 10 астероидовъ.

Планета (24), которой Секки далъ имя Ѳемиды, уже раньше предлагавшееся открывшимъ ее Гаспарисомъ для Массаліи, въ видѣ звѣзды была нанесена на карту Шакорнакомъ еще 8 апрѣля 1853 года; 15 апрѣля, при вторичномъ сравненіи карты съ небомъ, Шакорнакъ не нашелъ этой звѣзды на соотвѣтствующемъ мѣстѣ, планету же онъ въ ней призналъ только послѣ того, какъ до него дошло извѣстіе объ ея открытіи, сдѣланномъ въ Неаполѣ 5 апрѣля. Послѣ открытія Ѳемиды въ слѣдующую же ночь Шакорнакъ открылъ планету (25), получившую названіе Фокси, и только съ этого момента онъ собственно вступилъ въ ряды открывателей малыхъ планетъ, такъ какъ раньше онъ оба раза былъ опереженъ въ своихъ открытіяхъ Гаспарисомъ.

Планеты (28) и (29), названныя соотвѣтственно Беллоной и Амфитритой, представляютъ первый примѣръ двухъ планетъ, открытыхъ въ одну ночь различными наблюдателями, такъ что въ этомъ случаѣ необходимо было знать также и часъ открытія для рѣшенія вопроса, которая изъ планетъ была открыта раньше, и, слѣдовательно, для правильнаго выбора знаковъ для этихъ планетъ. Замѣчательно, что Амфитрита днемъ позже совершенно независимо была снова открыта въ Оксфордѣ Норманомъ Погсономъ, который также составлялъ для этой цѣли звѣздныя карты; наконецъ 3 марта 1854 г. она была открыта въ третій разъ Шакорнакомъ, который въ это время былъ уже помощникомъ на Парижской обсерваторіи. Послѣ этого неоднократно повторялись случаи, когда въ одну и ту же ночь различными наблюдателями открывались двѣ планеты. Ниже приведены нѣкоторыя изъ такихъ паръ астероидовъ:

Аталанта (36) и Фидея (37),	Лето (68) и Гесперія (69),
Александра (54) и Пандора (55),	Эгле (96) и Клото (97).

Планета (31), названная Эйфрозюной, была открыта случайно; но это открытіе было сдѣлано при такихъ исключительныхъ обстоятельствахъ, что мы считаемъ необходимымъ сказать о немъ нѣсколько словъ. Астрономъ Вашингтонской обсерваторіи Фергусонъ хотѣлъ наблюдать Эгерію, но въ томъ мѣстѣ неба, гдѣ она должна была находиться, онъ замѣтилъ двѣ звѣзды въ такомъ близкомъ разстояніи одна отъ другой, что не могъ рѣшить, которая изъ нихъ была планетой. Поэтому онъ опредѣлилъ положеніе обѣихъ звѣздъ; на другой же день, снова наблюдая эти звѣзды, онъ убѣдился, что одна изъ нихъ была Эгеріей, а другая—новымъ астероидомъ. Это было первое открытіе малой планеты, сдѣланное въ Америкѣ.

Когда была открыта планета (35), названная Лейкотеей, астрономы впервые встрѣтились съ тѣмъ фактомъ, что вслѣдствіе довольно большого числа вновь открываемыхъ астероидовъ вычислители не могутъ поспѣть за открывателями планетъ, такъ какъ опредѣленіе точнаго положенія любого изъ астероидовъ для новаго его противостоянія съ солнцемъ требуетъ весьма много времени; поэтому все чаще и чаще приходилось опасаться, чтобы не потерять какого-нибудь изъ только-что открытыхъ астероидовъ, какъ это уже было, правда по совершенно другимъ причинамъ, съ первой изъ малыхъ планетъ — Церерой. Такимъ образомъ отыскиваніе планеты при новомъ ея противостоянiи съ солнцемъ нерѣдко являлось дѣломъ весьма нелегкимъ, такъ какъ при неточномъ указаніи того мѣста, гдѣ должна находиться планета, приходилось разыскивать ее на весьма значительной части неба. Это обстоятельство еще болѣе рѣзко выступило при вторичномъ отысканіи планеты (41), которая получила имя Дафны и которая, послѣ ея открытія Гольдшмидтомъ, наблюдалась только въ теченіе 4 дней въ Марсели, Берлинѣ и Вѣнѣ. Орбиту этой планеты вычислялъ Папе, который въ то время былъ наблюдателемъ на обсерваторіи въ Альтонѣ. Изложенныя выше соображенія дали ему поводъ высказать характерное для того времени пожеланіе, чтобы открытія малыхъ планетъ прекратились на нѣсколько лѣтъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ съ годами можетъ накопиться такой огромный матеріалъ для наблюденій и вычисленій, разобраться въ которомъ будетъ весьма трудно. Но на это пожеланіе по весьма понятнымъ причинамъ не было обращено никакого вниманія. Къ этому же времени относится предложеніе Мори распредѣлить наблюденія новыхъ астероидовъ между различными астрономами, и въ теченіе нѣкотораго времени это дѣйствительно и дѣлалось, но затѣмъ, какъ это обыкновенно бываетъ въ тѣхъ случаяхъ, когда въ какомъ-нибудь предпріятіи принимаетъ участіе большое число лицъ, все это вскорѣ опять было позабыто и оставлено.

Весьма малочисленныхъ наблюденій надъ Дафною во время перваго ея появленія было недостаточно для точнаго опредѣленія ея орбиты, поэтому планету не могли снова отыскать въ теченіе 6 лѣтъ подрядъ. Правда, Гольдшмидтъ принялъ за Дафну обладавшее собственнымъ движеніемъ свѣтило, которое онъ замѣтилъ 9 сентября 1857 года приблизительно на томъ мѣстѣ, гдѣ въ это время должна была находиться упомянутая планета. По указанію Гольдшмидта эту планету наблюдали на различныхъ обсерваторіяхъ; но впослѣдствіи Шубертъ, астрономъ Анъ-Арборской обсерваторіи въ Мичиганѣ, при болѣе подробномъ изслѣдованіи всѣхъ наблюденій ея, убѣдился, что Дафна и планета, наблюдавшаяся въ 1857 году, различны между собою. Открытый такимъ образомъ новый астероидъ временно былъ названъ Псевдо-Дафной. Но и эта планета послѣ того не наблюдалась въ теченіе весьма значительнаго промежутка времени. Только 27 августа 1881 года Гольдшмидтъ снова отыскалъ ее, и тогда Шубертъ окончательно далъ ей имя Мелеты. Для этой планеты былъ принятъ знакъ (56), такъ какъ въ теченіе промежутка времени, протекшаго съ перваго наблюденія ея до того момента, когда было вполнѣ установлено, что эта планета отлична отъ Дафны, было открыто еще 14 новыхъ астероидовъ. Дафна же вторично была найдена 31 августа 1862 года Лютеромъ недалеко отъ только-что открытой въ то время планеты (74), получившей названіе Галатеи, причемъ вначалѣ она была принята также за новую, еще неизвѣстную планету.

Планеты (48) и (49), Дорисъ и Палесъ, представляютъ первый примѣръ, когда двѣ планеты были открыты въ одну и ту же ночь (19 сентября 1857 года) однимъ и тѣмъ же наблюдателемъ, Гольдшмидтомъ, приблизительно въ одномъ и томъ же мѣстѣ небесной сферы. Поэтому Бомонъ предложилъ для обѣихъ этихъ планетъ общее названіе «Les Jumelles» (Близнецы); однако, это названіе не получило общаго распространенія. Впослѣдствіи неоднократно случалось одному и тому же наблюдателю въ одну и ту же ночь открывать 2 планеты.

Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены такія пары планетъ, причемъ въ первомъ столбцѣ даны имена астрономовъ, сдѣлавшихъ эти открытія.

Наблюдатель.	Открытыя планеты.
Петерсъ . . (122)	Герда и (123) Брунгильда,
Петерсъ . . (144)	Вибилія и (145) Адеона,
Пализа . . (254)	Августа и (255) Оппавія,
Пализа . . . (262)	Вальда и (263) Дрезда,
Пализа . . . (291)	Алиса и (292) Людовика.

Что касается послѣднихъ двухъ планетъ, то ихъ независимо отъ Пализы въ слѣдующую же ночь открылъ Шарлуа, которому нѣсколько недѣль спустя посчастливилось также въ одну ночь открыть двѣ планеты (297) и (298), названныя Цециліей и Баптистиной. Пріоритетъ этого открытія остался за Шарлуа.

Планета (51), получившая имя Немаузы, была открыта при помощи спеціальныхъ картъ, предложенныхъ для этой цѣли Фальцемъ и составленныхъ на его частной обсерваторіи въ Нисмесѣ любителемъ астрономіи Лораномъ. На этихъ картахъ была изображена лишь небольшая часть небесной сферы, простирающаяся на нѣсколько градусовъ къ сѣверу и къ югу отъ эклиптики. Каждый изъ астероидовъ въ теченіе полнаго оборота около солнца, очевидно, долженъ пройти черезъ эту часть неба, и потому такія карты, съ одной стороны, сравнительно бѣдныя звѣздами, такъ что всякое измѣненіе въ положеніи этихъ послѣднихъ легко можетъ быть замѣчено, съ другой стороны, не требующія много времени для ихъ составленія, представляютъ несомнѣнныя выгоды.

Планета (61), получившая названіе Данаи, представляетъ особый интересъ потому, что она можетъ весьма значительно удаляться какъ къ сѣверу, такъ и къ югу отъ экватора. Если противостояніе Данаи съ солнцемъ падаетъ на середину зимы, то для мѣстъ земного шара, лежащихъ въ сѣверномъ полушаріи подъ средними широтами, она является околополярной звѣздой (Введ., § 17). Если же ея противостояніе случается въ серединѣ лѣта, то для тѣхъ же самыхъ мѣстъ земной поверхности она въ теченіе цѣлыхъ сутокъ остается подъ горизонтомъ. Впрочемъ, такими же особенностями отличаются еще нѣкоторыя другія малыя планеты, какъ-то: Аталанта, Эйфрозюна, Ніоба, Юлія и т. д.

Планета (59), открытая Шакорнакомъ почти одновременно съ Данаей, въ теченіе двухъ лѣтъ послѣ ея открытія не имѣла никакого имени, несмотря на то, что другіе позже открытые астероиды уже получили соотвѣтственныя названія. Это объясняется особенными взглядами парижскихъ астрономовъ, которые сомнѣвались въ пользѣ собственныхъ именъ для астероидовъ и предлагали обозначать малыя планеты кружечками съ нумерами, показывающими хронологическій порядокъ открытія, и прибавлять къ каждому знаку имя астронома, открывшаго планету, причемъ они считали полезнымъ указывать также величину средняго разстоянія астероида отъ солнца. Но тогда такой способъ обозначенія не получилъ общаго распространенія. Чтобы устранить неудобство, связанное съ тѣмъ, что только одна эта планета не имѣла имени, Э. Вейсъ, занимавшійся вычисленіемъ ея орбиты, обратился къ К. Литрову съ просьбой выбрать для нея какое-нибудь имя. Названіе Эльписъ, предложенное съ цѣлью намека на то, что планета долгое время оставалась безъ имени, тотчасъ же было принято почти всѣми. Только парижская обсерваторія хотѣла, чтобы планета, согласно съ предложеніемъ Хинда, была названа Олимпіей; однако, это имя не вошло въ употребленіе.

Берлинскіе астрономы Ферстеръ и Лессеръ тотчасъ по полученіи извѣстія о только-что упомянутомъ открытіи Шакорнака замѣтили приблизительно въ томъ мѣстѣ, гдѣ должна была находиться новая планета, звѣздочку съ собственнымъ движеніемъ, которую они наблюдали въ теченіе нѣсколькихъ дней, предполагая, по весьма понятнымъ причинамъ, что это — астероидъ, открытый Шакорнакомъ. Но, при этомъ, имъ бросилось въ

глаза, что основанное на ихъ наблюденіяхъ положеніе этой планеты значительно отличалось отъ того, которое получалось изъ предварительныхъ вычисленій орбиты астероида, открытаго Шакорнакомъ. Не останавливаясь долго надъ этимъ вопросомъ, они объяснили такое уклоненіе неточностью первыхъ вычисленій орбиты. Только Лютеръ въ Билкѣ и почти одновременно съ нимъ Горнштейнъ въ Вѣнѣ, слѣдившіе за планетой, открытой въ Парижѣ, обратили вниманіе берлинскихъ астрономовъ на то, что эти послѣдніе наблюдали совершенно другую планету, которая вслѣдъ затѣмъ по установившемуся обычаю и была обозначена знакомъ (62) и которой Энке далъ имя Эрато. Позднѣйшія вычисленія показали, что Эльписъ и Эрато, какъ въ день открытія послѣдней изъ нихъ, такъ точно и въ день открытія первой, находились въ весьма близкомъ другъ отъ друга угловомъ разстояніи и что, слѣдовательно, лишь вслѣдствіе какихъ-нибудь случайностей Шакорнакъ, открывая Эльписъ, не замѣтилъ Эрато. Но взаимное сближеніе обѣихъ планетъ во всякомъ случаѣ было только кажущимся и зависѣло отъ того, что обѣ планеты, усматриваемыя съ земли, находились приблизительно на одной и той же прямой линіи.

Въ теченіе той же недѣли, когда были открыты Даная, Эльписъ и Эрато, Фергусонъ открылъ еще четвертую новую планету, которую онъ назвалъ Титаніей. Этотъ случай, когда въ теченіе весьма короткаго промежутка времени группа малыхъ планетъ обогатилась четырьмя новыми членами, является однимъ изъ весьма рѣдкихъ въ исторіи открытій астероидовъ. Подобный же случай имѣлъ мѣсто въ 1857 году, когда въ теченіе 10 дней были открыты три планеты: Мелета, Дорисъ и Палисъ. Впослѣдствіи имя Титаніи, данное Фергусономъ открытой имъ планетѣ (60), было замѣнено именемъ Эхо, такъ какъ первое изъ этихъ именъ могло породить недоразумѣнія въ виду того, что оно тождественно съ именемъ одного изъ спутниковъ Урана и созвучно съ именемъ одного изъ спутниковъ Сатурна (Титанъ).

Эти четыре такъ быстро слѣдовавшія другъ за другомъ и сдѣланныя въ сентябрѣ 1860 года открытія впервые внесли нѣкоторую путаницу въ общепринятую нумерацію астероидовъ. До сихъ поръ нумеръ каждой новой планеты указывалъ хронологическій порядокъ ея открытія. Принимая во вниманіе послѣдовательность, въ которой были открыты четыре разсматриваемыя нами планеты, ихъ слѣдовало бы расположить въ такомъ порядкѣ: Даная, Эльписъ, Эрато, Эхо. На самомъ же дѣлѣ, этимъ четыремъ планетамъ были приписаны вышеуказанные нумера прежде, чѣмъ планеты могли быть расположены въ рядъ на основаніи общепринятаго принципа, и въ скоромъ времени значки съ этими нумерами получили общее распространеніе, хотя они и не были согласны съ хронологическимъ порядкомъ открытія планетъ. Такимъ образомъ, этотъ случай наглядно показалъ, что и въ этомъ отношеніи возможны недоразумѣнія. И могъ ли кто-нибудь въ то время, когда была предложена нумерація астероидовъ на основаніи хронологическаго порядка ихъ открытій, подозрѣвать, что вслѣдствіе запозданія на нѣсколько дней извѣстія объ открытіи или вслѣдствіе чрезвычайной отдаленности мѣста открытія можетъ произойти путаница въ нумераціи!

Планета (71), названная Ніобой, во время своего вторичнаго появленія представляла околополярную звѣзду даже для мѣстъ, лежащихъ въ южной Европѣ. Планета (72), получившая имя Ферониіи, вначалѣ была принята Петерсомъ, директоромъ Клинтонской обсерваторіи въ штатѣ Нью-Іоркъ, за планету (66), носящую имя Майи; но потомъ Саффордъ показалъ, что наблюденія Петерса относятся къ другой еще неизвѣстной планетѣ. Какъ для Майи, такъ и для Ферониіи, тотчасъ послѣ ихъ открытія не удалось собрать достаточнаго числа наблюденій, вслѣдствіе чего для нихъ не могли быть вычислены надежные элементы. И дѣйствительно, Майю послѣ этого въ первый разъ удалось наблюдать только черезъ 15 лѣтъ. Съ другой стороны, недалеко отъ того мѣста, гдѣ должна была находиться Ферониія во время своей второй оппозиціи съ солнцемъ, были открыты цѣлыхъ три новыхъ планеты; двѣ изъ нихъ, (75) и (77), названныя Эвридикой и Фриггой, были замѣчены опять

Петерсомъ, а одна (76), получившая имя Фрейи,—астрономомъ Д'Арре. Сама же Феронія вовсе не была найдена.

Планета (79), названная Евриномой, была первымъ открытіемъ Ватсона, который въ теченіе слѣдующихъ 14 лѣтъ до самой своей смерти, послѣдовавшей 23 октября 1880 года, открылъ 22 астероида. Послѣ открытія Евриномы прошло болѣе полугода, прежде чѣмъ группа астероидовъ обогатилась еще однимъ новымъ членомъ. Но въ теченіе этого промежутка времени старые астероиды нѣсколько разъ принимались за вновь открытые. 11 ноября 1863 года Р. Лютеръ замѣтилъ планету, относительно которой вначалѣ онъ сомнѣвался, не новая ли она; но вскорѣ затѣмъ оказалось, что это была планета (68), по имени Лето, которая незадолго передъ тѣмъ была открыта самимъ же Лютеромъ. Черезъ два дня послѣ этого Шмидтъ въ Аѳинахъ наблюдалъ малую планету, которую за неимѣніемъ точной эфемериды онъ принялъ за новую, ранѣе неизвѣстную, и эта планета считалась новой до тѣхъ поръ, пока Э. Вейсъ и Хиндъ не показали, что Шмидтъ наблюдалъ планету (10), Гигіею. Наконецъ, 2 февраля 1864 года Погсонъ въ Мадрасѣ замѣтилъ недалеко отъ Конкордіи и Галатеи планету въ такой части неба, гдѣ по расчетамъ астрономовъ не должна была находиться ни одна изъ извѣстныхъ уже планетъ. Погсонъ далъ этому новому, какъ онъ предполагалъ, астероиду имя Сафо. Р. Лютеръ первый выразилъ сомнѣніе относительно новизны этого небеснаго тѣла и показалъ, что въ этомъ мѣстѣ должна была бы находиться Фрейя, если бы ея очень неточные элементы были измѣнены на величины весьма большія, но, во всякомъ случаѣ, какъ мы теперь знаемъ, допустимыя въ случаѣ перваго приближеннаго опредѣленія орбиты. Это предположеніе вскорѣ вполнѣ подтвердилось, и Погсонъ долженъ былъ отказаться отъ своего мнимаго открытія; но зато въ скоромъ времени ему посчастливилось открыть дѣйствительно новую планету (80), которая и получила окончательно имя Сафо.

При совершенно особенныхъ обстоятельствахъ была открыта планета (86), названная Семеле. Берлинскій астрономъ Титьенъ 4 января 1866 года хотѣлъ наблюдать планету (85), получившую имя Іо, и его глазамъ представились двѣ звѣздочки, изъ которыхъ одна находилась очень близко отъ того мѣста, гдѣ, на основаніи предварительныхъ вычисленій, должна была находиться Іо, а другая отстояла отъ этого мѣста на $3'$ къ югу и на 6^s къ востоку. Черезъ 50 минутъ послѣ перваго своего наблюденія Титьенъ не обнаружилъ никакого измѣненія въ относительномъ положеніи этихъ двухъ звѣздочекъ, но зато замѣтилъ, что обѣ онѣ передвинулись на 2^s относительно третьей, сохранившей свое положеніе. Такъ какъ при первыхъ своихъ наблюденіяхъ онъ сдѣлалъ лишь приближенное сравненіе положеній различныхъ звѣздочекъ, то онъ заподозрилъ у себя просчетъ въ секундахъ. Дальнѣйшимъ наблюденіямъ въ этотъ вечеръ помѣшали луна и облака. 5 января обѣ вышеупомянутыя звѣздочки уже исчезли съ того мѣста, гдѣ онѣ находились наканунѣ. Но зато въ другомъ мѣстѣ Титьенъ замѣтилъ снова двѣ звѣздочки: одна изъ нихъ находилась на томъ мѣстѣ, которое должна была занимать въ этотъ день планета Іо, а другая отстояла отъ только-что упомянутаго мѣста на $1'$ къ сѣверу и на $10,4^s$ къ востоку. Эту послѣднюю звѣздочку Титьенъ тотчасъ же призналъ за новую планету, такъ какъ 4 января въ этомъ мѣстѣ неба онъ не видѣлъ никакой звѣзды. Собственное движеніе обѣихъ этихъ звѣздочекъ, обнаружившееся въ теченіе короткаго времени, подтвердило предположеніе Титьена.

Планетѣ (91), которую открылъ марсельскій астрономъ Борелли, профессоромъ Брунсомъ было дано имя Эгины. Эту планету въ теченіе пяти лѣтъ послѣ открытія никто изъ астрономовъ не могъ найти, и только въ 1871 году ее удалось снова наблюдать благодаря тому, что незадолго передъ этимъ профессоръ Ольцеръ заново перевычислилъ ея орбиту. Планеты (93) и (94) были открыты Ватсономъ, одна вскорѣ послѣ другой. Первая изъ нихъ была названа Минервой, а вторая Авророй. Имена эти были даны но-

вымъ планетамъ международнымъ астрономическимъ обществомъ, которое, вообще, рѣшило заботиться объ именахъ тѣхъ планетъ, которымъ астрономы, открывшіе ихъ, не давали имепъ тотчасъ послѣ ихъ открытія. Когда Петерсомъ была открыта планета (92), названная Ундиной, число планетъ нашей солнечной системы, включая сюда и 8 большихъ планетъ, достигло 100, между тѣмъ какъ 20-ю годами раньше этихъ небесныхъ тѣлъ едва можно было насчитать 12.

Въ тотъ самый день, когда марсельскій астрономъ Коджія открылъ планету (96), получившую названіе Эгле, Темпель, также въ Марсели, замѣтилъ планету, которую онъ вначалѣ принялъ за Эгину, но затѣмъ вскорѣ призналъ за совершенно новое небесное тѣло вслѣдствіе ея сильнаго движенія по склоненію. Этой планетѣ (97) научное общество въ Шербургѣ, по предложенію самого Темпеля, дало имя Клото. Темпель, вообще, настаивалъ на томъ, чтобы тремъ астероидамъ, находящимся на рубежѣ первой и второй сотни, были даны имена трехъ паркъ: Клото, Лахезисъ и Атропосъ. Именемъ Атропосъ онъ вовсе не желалъ указать на то, что такого рода изслѣдованія должны быть совершенно прекращены; онъ такимъ образомъ имѣлъ только въ виду вообще отмѣтить первую большую группу астероидовъ. Но, дѣлая это предложеніе, Темпель какъ-будто бы имѣлъ двоякаго рода предчувствіе: съ одной стороны Клото была послѣднимъ изъ астероидовъ, открытыхъ Темпелемъ; съ другой стороны этой планетой заключалась важная эпоха въ исторіи астероидовъ, такъ какъ Клото была, вообще, послѣдней планетой, которая была открыта любителями астрономіи. Темпель, по крайней мѣрѣ, въ молодости не былъ астрономомъ-спеціалистомъ, а занимался литографскимъ дѣломъ и только свободные часы посвящалъ изученію неба. Его любовь къ астрономіи была настолько велика, что на свои сбереженія онъ пріобрѣлъ себѣ небольшую трубу, съ помощью которой въ 1859 году открылъ комету. Это обстоятельство побудило его мало-по-малу совершенно перейти къ занятіямъ астрономіей, и въ теченіе своей жизни онъ открылъ всего 6 астероидовъ и 12 кометъ, изъ которыхъ 4 оказались періодическими съ короткимъ временемъ обращенія. Его открытія безъ сомнѣнія представляютъ поразительный примѣръ того, какія значительныя услуги можно оказать наукѣ даже при небольшихъ вспомогательныхъ средствахъ. Астрономическая труба, съ помощью которой Темпель сдѣлалъ свои открытія, не была снабжена даже простѣйшими приспособленіями, которыя могли бы облегчить его работу, и, вслѣдствіе этого, его наблюденія были совершенно непригодны для опредѣленія орбитъ открытыхъ имъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому ему всегда приходилось обращаться къ тому или другому астроному съ просьбой повѣрить сдѣланное имъ открытіе въ отношеніи его новизны.

Впрочемъ вышеупомянутое предложеніе Темпеля назвать именами паркъ три астероида, находящіеся въ концѣ первой сотни, не было осуществлено, но, по всей вѣроятности, только по тому, что нумеръ журнала «Astronomische Nachrichten», въ которомъ было напечатано предложеніе Темпеля, былъ полученъ астрономами Петерсомъ и Борелли, открывшими двѣ слѣдующія планеты (98) и (99), уже послѣ того, какъ они назвали ихъ соотвѣтственно Янтой и Дикой. Планету (100) національная Академія Наукъ Сѣверо-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ назвала Гекатой, производя это имя отъ греческаго слова ἑκατον, что значитъ сто. Геката была открыта Ватсономъ, но черезъ три дня послѣ этого независимо отъ Ватсона ее снова открылъ Петерсъ, и, наконецъ, еще черезъ два дня она была открыта въ третій разъ астрономомъ Коджія.

Открытіе планеты (133), названной Цирепой, замѣчательно тѣмъ, что профессоръ Ватсонъ напалъ на нее случайно, когда отыскивалъ планету, открытую имъ нѣсколькими недѣлями раньше. Сначала онъ полагалъ, что Цирена и эта планета тождественны; впрочемъ скоро онъ замѣтилъ свою ошибку, но вмѣстѣ съ тѣмъ планета, которую онъ открылъ раньше Цирены и, отыскивая которую, натолкнулся на Цирену, была совсѣмъ потеряна.

Планета (139), по имени Юева, была открыта опять профессоромъ Ватсономъ, но

только не въ постоянномъ мѣстѣ его жительства Анъ-Арборѣ, а въ Пекинѣ, куда онъ отправился для наблюденія прохожденія Венеры передъ солнечнымъ дискомъ и гдѣ онъ въ свободное время занимался отыскиваніемъ новыхъ планетъ. Въ рукописныхъ замѣткахъ Ватсона Комштокъ уже послѣ его смерти нашелъ, что для этой планеты китайскимъ принцемъ Кунгомъ собственно было выбрано имя «Jue wha Sing», что значитъ звѣзда счастія Китая.

Послѣ весьма богатаго открытіями планетъ 1868 года, когда группа астероидовъ увеличилась на 12 новыхъ членовъ и когда такимъ образомъ вслѣдствіе черезчуръ обильныхъ жатвъ, такъ сказать, была истощена небесная почва, слѣдовали сначала два года необыкновенно бѣдныхъ открытіями астероидовъ (1869 и 1870), а затѣмъ четыре года, въ теченіе которыхъ въ среднемъ ежегодно открывалось по шести новыхъ астероидовъ, что и раньше было обыкновеннымъ явленіемъ. Наступившій же вслѣдъ затѣмъ 1875 годъ далеко превзошелъ по обилію вновь открытыхъ планетъ всѣ предшествующіе годы: именно, въ этомъ году было открыто 17 астероидовъ. Если же считать годъ отъ средины 1875 года до средины 1876 года, то число открытій малыхъ планетъ за одинъ годъ достигло небывалой цифры 20. Въ теченіе первыхъ восьми дней въ ноябрѣ 1875 г. было открыто 5 новыхъ астероидовъ, отъ (151) до (155), изъ которыхъ три были найдены Пализой, а остальные два — братьями Анри. Первую изъ этихъ планетъ, именно (151), Э. Вейсъ, по просьбѣ самого Пализы, назвалъ Абунданціей, въ честь древней богини, которая, вообще, уже въ теченіе продолжительнаго времени безжалостно смѣялась надъ бѣдными астрономами, а въ тотъ годъ въ полномъ смыслѣ слова высыпала надъ ними свой рогъ изобилія. Впрочемъ 5 только-что упомянутыхъ планетъ, а также шестая, которая на 14 дней позже была открыта опять Пализой, находились всѣ на сравнительно небольшой площади неба, едва простиравшейся по прямому восхожденію на 7^0, а по склоненію на 4^0. Но близость всѣхъ этихъ планетъ другъ къ другу была во всякомъ случаѣ лишь кажущаяся, а на самомъ дѣлѣ между этими небесными тѣлами не было никакой физической связи. Среди только-что указанныхъ астероидовъ находится также и планета (153), по имени Гильда, большая полуось которой лишь немногимъ меньше большой полуоси планеты (279), получившей имя Туле. Обѣ эти планеты при прохожденіи черезъ афелій удаляются отъ солнца на одинаковое разстояніе, которое выражается числомъ 4,6, если за единицу разстояній принятъ большую полуось земной орбиты. Такимъ образомъ эти планеты достигаютъ внѣшней границы той зоны, внутри которой заключаются всѣ астероиды. Черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ этого была открыта планета (164), названная Евой и замѣчательная тѣмъ, что она, при прохожденіи черезъ перигелій, подходила къ солнцу ближе всѣхъ астероидовъ, которые въ то время были извѣстны. Поэтому въ теченіе долгаго времени полагали, что Ева при своемъ движеніи опредѣляетъ внутреннюю границу зоны астероидовъ, и только съ открытіемъ планеты (228), получившей имя Агаты, такую роль пришлось приписать этой послѣдней. Впрочемъ изъ всѣхъ планетъ, которыя были извѣстны до 1897 года, планеты (132) и (323), названныя Этрой и Бруціей, могли подходить къ солнцу еще ближе, чѣмъ Агата; однако ихъ элементы были выведены изъ наблюденій, охватывавшихъ лишь небольшое число дней, и потому они слишкомъ ненадежны, чтобы можно было довѣрять вычисленнымъ на основаніи этихъ наблюденій разстояніямъ перигелієвъ этихъ планетъ отъ солнца. * Ниже мы увидимъ, что собственно ни Агата, ни Этра, ни Бруція не опредѣляютъ при своемъ прохожденіи черезъ перигелій внутренней границы зоны астероидовъ. Именно въ 1898 году Виттомъ была открыта въ Берлинѣ при помощи фотографіи планета Эросъ, среднее разстояніе которой до солнца меньше средняго разстоянія отъ Марса до солнца. Считая Эросъ и Гильду опредѣляющими какъ внутреннюю, такъ и внѣшнюю границы зоны астероидовъ и принимая за единицу разстояній большую полуось земной орбиты, мы наименьшее разстояніе Эроса и наибольшее разстояніе Гильды отъ солнца

выразимъ соотвѣтственно числами 1,132 и 4,604. Слѣдовательно ширина всего пояса астероидовъ равняется въ тѣхъ же единицахъ 3,472, что составляетъ 516 милліоновъ километровъ. Наибольшее разстояніе Марса отъ солнца равно 1,666, а наименьшее разстояніе Юпитера составляетъ 4,952, если за единицу разстояній опять принять большую полуось земной орбиты. Такимъ образомъ ближайшая къ солнцу граница зоны астероидовъ, какъ показываютъ эти расчеты, лежитъ внутри орбиты Марса. * Другая же граница настолько близко подходитъ къ орбитѣ могущественнаго Юпитера, что этотъ послѣдній можетъ оказывать весьма большое вліяніе на движеніе нѣкоторыхъ астероидовъ, и, подъ его вліяніемъ, въ теченіе короткаго времени ихъ орбиты могутъ принимать совершенно другой видъ. Изъ астероидовъ, орбиты которыхъ опредѣлены съ достаточною точностью, Ева и планета (183), по имени Истрія, обладаютъ эксцентриситетомъ, равнымъ 0,35 и слѣдовательно близкимъ къ эксцентриситету нѣкоторыхъ періодическихъ кометъ съ короткимъ временемъ обращенія. Вслѣдствіе такого большого эксцентриситета обѣ эти планеты при прохожденіи черезъ афелій отстоятъ отъ солнца вдвое дальше, чѣмъ при прохожденіи черезъ перигелій. Ни одна изъ большихъ планетъ не обладаетъ, какъ извѣстно, такимъ значительнымъ эксцентриситетомъ.

5 февраля 1877 года была открыта планета (172), названная Бавкидой, и послѣ этого до открытія слѣдующаго астероида (173) протекло цѣлыхъ полгода. Зато въ теченіе второй половины этого года, напротивъ того, одно открытіе быстро слѣдовало за другимъ, и уже черезъ нѣсколько дней послѣ открытія планеты (173) Ватсонъ замѣтилъ новую планету, которая вначалѣ и была обозначена нумеромъ (174). Однако при первомъ же вычисленіи ея орбиты оказалось, что она тождественна съ планетой (41), открытой братьями Анри 13 января 1875 года и съ тѣхъ поръ ни разу не наблюдавшейся. Тѣмъ не менѣе 174-ый астероидъ былъ открытъ все-таки Ватсономъ; именно онъ уже 3 сентября снова напалъ на новую планету, которую онъ сначала обозначилъ нумеромъ (175), такъ какъ въ то время еще не была обнаружена тождественность первой планеты, открытой Ватсономъ, съ планетой (141), которая, какъ мы выше видѣли, была названа Люменомъ.

Нумеръ (175) замѣчателенъ тѣмъ, что онъ давался послѣдовательно четыремъ планетамъ, и только за четвертой изъ нихъ онъ въ концѣ концовъ былъ удержанъ навсегда. Именно, во второй разъ нумеръ (175) былъ данъ планетѣ, которую 2 октября открылъ Пализа въ Полѣ; однако вскорѣ пришлось отнять отъ этой планеты ея нумеръ, такъ какъ была доказана ея тождественность съ планетой (161). Тогда нумеръ (175) перешелъ къ планетѣ Идунѣ, открытой 14 октября Петерсомъ. Однако во второй половинѣ ноября было получено письменное сообщеніе, что раньше Идуны была открыта Ватсономъ Андромаха, за которой поэтому и былъ окончательно удержанъ нумеръ (175), между тѣмъ какъ планета, открытая Петерсомъ, была обозначена нумеромъ (176). Вслѣдствіе того, что извѣстіе объ открытіи Андромахи нѣсколько запоздало, въ Европѣ наблюдать эту планету болѣе не удалось, да кромѣ того и самъ Ватсонъ не могъ достаточно долго слѣдить за ней, такъ что первое опредѣленіе ея орбиты оказалось мало надежнымъ, и потому ее считали потерянной до тѣхъ поръ, пока наконецъ черезъ 16 лѣтъ она не была снова открыта при помощи фотографіи.

Прежде чѣмъ письменное сообщеніе объ открытіи Андромахи пришло въ Европу, были открыты два новыхъ астероида: одинъ—5 ноября братьями Анри, другой—на слѣдующій день астрономомъ Пализой, и такимъ образомъ нумера (176) и (177), данные этимъ планетамъ, пришлось потомъ перемѣнить на новые: (177) и (178).

Подобная же путаница въ нумерахъ, указывающихъ хронологическій порядокъ открытія планетъ, имѣла мѣсто, какъ было сказано выше, и раньше, именно въ 1860 году. Однако при этомъ никогда не приходилось имѣть дѣла съ такимъ большимъ числомъ

планетъ, какъ въ этотъ разъ. Главная причина такой путаницы заключается прежде всего въ томъ, что при быстромъ увеличеніи числа новыхъ планетъ стали часто повторяться такіе случаи, что нѣкоторыя планеты послѣ ихъ открытія наблюдались лишь въ теченіе весьма короткаго промежутка времени, и, вслѣдствіе этого, несмотря на все стараніе, не было никакой возможности опредѣлить элементы такихъ планетъ съ достаточною точностью, благодаря чему ихъ отысканіе во время слѣдующихъ оппозицій было весьма затруднительно. Поэтому многіе астероиды впослѣдствіи открывались снова, какъ это мы только-что видѣли, между прочимъ, на примѣрѣ планетъ (141) и (161). Кромѣ того надо имѣть въ виду еще то обстоятельство, что письменныя извѣщенія объ открытіи новыхъ планетъ, посылаемыя изъ Европы въ Америку и обратно, доходили по назначенію очень поздно, и такое запаздываніе также порождало путаницу въ нумерахъ, какъ это и имѣло мѣсто, между прочимъ, относительно планетъ (174), (175), (176) и (177). Вслѣдствіе этого все болѣе и болѣе созрѣвала мысль о томъ, что слѣдовало бы сообщать объ астрономическихъ открытіяхъ съ одного материка на другой при помощи телеграфа. Первые шаги въ этомъ направленіи были сдѣланы Э. Вейсомъ въ 1872 году, когда онъ ѣздилъ въ Америку съ цѣлью посѣщенія тамошнихъ обсерваторій. Начавшіеся тогда переговоры въ скоромъ времени благополучно были доведены до конца профессоромъ Петерсомъ въ Клинтонѣ. Трансатлантическое телеграфное общество согласилось на безплатную передачу черезъ океанъ опредѣленнаго числа астрономическихъ телеграммъ. Безплатная же передача телеграммъ въ самой Америкѣ, а также въ Европѣ' отчасти легко могла быть выхлопотана, отчасти же была уже обѣщана; наконецъ въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нельзя было бы добиться безплатной передачи телеграммъ, это препятствіе не являлось непреодолимымъ вслѣдствіе сравнительно небольшой платы за телеграммы на материкѣ. Въ 1886 году, для бо́льшаго удобства, въ Килѣ была учреждена центральная станція для астрономическихъ телеграммъ.

Въ 1878 году первый астероидъ былъ открытъ Перотэномъ: 29 января въ 15 минутахъ отъ того мѣста, гдѣ 10 января 1877 года имъ же была открыта планета (170), названная Маріей, онъ замѣтилъ новую звѣздочку, которую сначала принялъ за находившуюся вблизи планету (166), по имени Родопу. Открытая имъ новая планета, когда было обнаружено ея отличіе отъ Родопы, была названа Гарумной въ честь божества той рѣки, на которой стоитъ городъ Тулуза. Несмотря на женское окончаніе этого имени, божество, въ честь котораго планета была названа, по представленіямъ древнихъ было лицомъ мужского пола, и поэтому, если оставить безъ вниманія не имѣющее ничего общаго съ классическою древностью имя Люменъ, то Гарумна представляетъ первый случай нарушенія общепринятаго до тѣхъ поръ обычая давать планетамъ женскія имена. Независимо отъ Перотэна Гарумна была открыта 1 февраля также Пализой, который сначала принялъ ее за планету (167), Урду, такъ какъ орбита этой послѣдней была опредѣлена весьма неточно.

Черезъ два дня послѣ этого телеграфъ сообщилъ, что въ Марсели Котенотъ открылъ новую планету, которая получила имя Эвхарисъ и по счету была уже 181-ой планетой въ группѣ астероидовъ. Еще черезъ два дня Петерсъ замѣтилъ двѣ звѣздочки съ собственнымъ движеніемъ, изъ которыхъ ту, которая находилась къ востоку, принялъ за Антигону, а другую за новую планету, вслѣдствіе чего онъ прежде всего пронаблюдалъ эту послѣднюю. Между тѣмъ въ это время небо покрылось облаками, и онъ, не успѣвъ опредѣлить положенія также и второй звѣздочки, сообщилъ въ Европу о своемъ открытіи новаго астероида. 7 февраля Пализа занялся изслѣдованіемъ этой части неба съ цѣлью пронаблюдать новую планету; онъ скоро нашелъ опять обѣ планеты, но при этомъ, наоборотъ, ту, которая находилась къ востоку, принялъ за новую, на другую же планету онъ совсѣмъ не обратилъ никакого вниманія. Впослѣдствіи оказалось, что предположеніе Пализы было правильно, и что слѣдовательно профессоръ Петерсъ наблюдалъ не новую

планету, а Антигону. Такимъ образомъ это открытіе выпало на долю Пализы, у котораго за нѣсколько дней передъ тѣмъ Перотэнъ, такъ сказать, предвосхитилъ открытіе планеты (180).

1879 годъ по числу открытій превзошелъ всѣ предыдущіе годы: онъ подарилъ астрономамъ 20 новыхъ планетъ. Если же мы не будемъ считать годъ съ января по январь, а примемъ во вниманіе годовой промежутокъ времени съ середины апрѣля 1879 года до середины апрѣля 1880 года, то число вновь открытыхъ астероидовъ за этотъ промежутокъ достигаетъ даже 22.

19 апрѣля 1879 года Пализа нанесъ на звѣздную карту весьма слабую звѣздочку 13-ой величины, а 22 апрѣля онъ уже не нашелъ ея на прежнемъ мѣстѣ. Зато въ другомъ мѣстѣ онъ замѣтилъ нѣсколько еще не отмѣченныхъ на картѣ слабыхъ звѣздочекъ, изъ которыхъ и пронаблюдалъ наиболѣе яркую. Но только 28 апрѣля онъ могъ обнаружить тождественность обоихъ этихъ небесныхъ тѣлъ, пронаблюденныхъ имъ 19 и 22 апрѣля; эта открытая имъ планета была обозначена нумеромъ (196) и названа Евриклеей. Вскорѣ послѣ этого Пализа потерялъ одну звѣзду, которую нанесъ на карту во время наблюденія Сильвіи. Когда онъ 21 мая отыскивалъ эту звѣздочку, онъ напалъ на довольно слабую планету (197), получившую имя Ареты; та же планета, которую онъ искалъ, найдена не была и потому должна считаться потерянной. Если же принять во вниманіе также и эту потерянную планету, то число открытій, сдѣланныхъ въ теченіе 1879 года, надо увеличить еще на одно.

Планета (206), открытая Петерсомъ 13 октября 1879 года и получившая имя Херсиліи, вслѣдствіе особаго стеченія обстоятельствъ была потеряна на пять лѣтъ. Херсилія никоимъ образомъ не можетъ быть отнесена къ слабымъ планетамъ, но самъ Петерсъ наблюдалъ ее только въ промежуткѣ времени съ 13 по 20 октября, и когда объ открытіи ея было сообщено по телеграфу въ Европу, ея положеніе было опредѣлено только 16 октября на обсерваторіяхъ въ Берлинѣ, Дюссельдорфѣ, Лейпцигѣ и Парижѣ. Въ это время открытія астероидовъ слѣдовали весьма быстро одно за другимъ, такъ что въ промежутокъ времени съ 8 по 21 октября къ группѣ малыхъ планетъ прибавилось не менѣе 6 новыхъ членовъ, и это обстоятельство, повидимому, послужило причиной того, что наблюдатели считали менѣе важнымъ слѣдить за болѣе яркой изъ открытыхъ планетъ. Вслѣдствіе этого было получено слишкомъ мало наблюденій Херсиліи, и точное опредѣленіе ея орбиты оказалось невозможнымъ.

Планеты (215) и (216) были открыты во время розысковъ уже извѣстныхъ астероидовъ. При такихъ обстоятельствахъ очень часто открывалъ малыя планеты берлинскій астрономъ Кнорре. Такъ, напр., въ началѣ апрѣля 1880 г. онъ разыскивалъ Сибиллу, которая со времени ея открытія въ 1876 г. ни разу не наблюдалась. Во время этихъ розысковъ 7 апрѣля онъ замѣтилъ недалеко отъ найденной Сибиллы еще другую весьма слабую планету 13-ой величины, которая была названа Ононой. Слѣдя за этой планетой, Кнорре 15 мая снова напалъ на новую еще неизвѣстную планету, которая находилась недалеко отъ Ононы; но эту новую планету онъ пронаблюдалъ всего только одинъ разъ, и потому она не можетъ быть причислена къ извѣстнымъ астероидамъ, такъ какъ на основаніи одного наблюденія нельзя вычислить элементовъ орбиты.

Въ то время какъ Кнорре былъ занятъ отысканіемъ Сибиллы, Пализа ревностно разыскивалъ Гильду, представляющую интересъ благодаря значительной величинѣ большой полуоси ея орбиты. Поиски Пализы затянулись на довольно продолжительное время, такъ какъ онъ долженъ былъ изслѣдовать весьма обширную площадь небесной сферы. Начались эти поиски въ началѣ апрѣля и въ самомъ непродолжительномъ времени привели къ открытію планеты (216), названной Клеопатрой, а 16 мая увѣнчались наконецъ вторичнымъ открытіемъ Гильды.

Послѣднее открытіе въ 1880 году было сдѣлано Пализой 30 сентября. Это была

планета (219), двадцать восьмая и послѣдняя изъ открытыхъ Пализой въ теченіе $6^1/_2$ лѣтъ въ Полѣ, откуда онъ вскорѣ послѣ того долженъ былъ переселиться въ Вѣну, такъ какъ онъ былъ приглашенъ на новую вѣнскую обсерваторію. Здѣсь онъ уже 23 февраля 1881 года, повидимому, снова началъ свою дѣятельность открывателя малыхъ планетъ. Однако, открытая имъ планета, какъ показали первыя вычисленія ея орбиты, была тождественна съ Юевой, которая со времени своего открытія въ 1874 году еще ни разу не наблюдалась. Поэтому первое открытіе Пализы въ Вѣнѣ относится только къ 19 мая, когда ему посчастливилось найти новую весьма слабую планету 13-ой величины. Замѣчательно, что въ 1881 году была открыта только одна эта планета. Такого случая не было съ 1859 года, и потому, повидимому, можно было надѣяться, что наконецъ наступилъ періодъ болѣе медленнаго увеличенія числа астероидовъ. Однако, такія надежды оказались неосновательными, такъ какъ уже въ слѣдующемъ году было отмѣчено опять одиннадцать новыхъ открытій. Прежде чѣмъ переходить къ изложенію исторіи дальнѣйшихъ открытій астероидовъ, скажемъ нѣсколько словъ о томъ, какимъ образомъ были даны имена четыремъ послѣднимъ открытымъ Пализой въ Полѣ планетамъ (212), (216), (218) и (219). Пализа предоставилъ выбрать имена для этихъ планетъ астрономамъ вѣнской обсерваторіи. Съ этою цѣлью было устроено небольшое засѣданіе, въ которомъ принималъ участіе также профессоръ Крейцъ, находившійся тогда въ Вѣнѣ. Каждый изъ присутствовавшихъ предложилъ нѣсколько именъ, которыя казались ему наиболѣе подходящими, такъ что окончательный выборъ пришлось дѣлать изъ 30 именъ. Послѣ нѣкоторыхъ обсужденій были выбраны слѣдующія имена: Медея, Клеопатра, Біанка и Туснельда. Послѣ этого засѣданія былъ устроенъ торжественный обѣдъ, на которомъ былъ поднятъ бокалъ за то, чтобы эти только-что получившія имена планеты въ будущемъ не были потеряны.

Съ открытіемъ планеты (227), по счету четырнадцатой изъ найденныхъ, начиная съ 1872 года, братьями Анри, которые въ Парижѣ приняли на себя продолженіе звѣздныхъ картъ Шакорнака, закончилась ихъ полезная дѣятельность въ этомъ направленіи, такъ какъ они вскорѣ послѣ того обратились къ другимъ областямъ астрономіи. Они назвали планету (227) Философіей и такимъ образомъ ввели новый принципъ, на основаніи котораго въ именахъ планетъ увѣковѣчиваются на небѣ научныя дисциплины. Къ этому же разряду можно отнести имена планетъ (269) и (275), которыя были названы соотвѣтственно Юстиціей и Сапіенціей.

18 августа 1884 года Пализа открылъ планету (239), получившую имя Адрастеи. Съ этимъ открытіемъ число новыхъ астероидовъ, найденныхъ этимъ неутомимымъ ловцомъ планетъ, достигло 43, и онъ, такимъ образомъ, превзошелъ профессора Петерса въ Клинтонѣ, который съ 3 іюня 1875 года считался наиболѣе плодовитымъ открывателемъ астероидовъ и котораго американцы называли «the leading discoverer of Asteroids». Въ свою очередь, Петерсъ, открывъ 3 іюня 1875 года въ одну ночь сразу двѣ планеты, отбилъ первенство у своего прежняго соперника Р. Лютера.

Послѣднюю въ 1884 году планету открылъ Пализа. Это была планета (244), Сита, принадлежащая вмѣстѣ съ Медузой къ такимъ астероидамъ, для которыхъ среднее разстояніе отъ солнца обладаетъ наименьшей величиной. Въ 1885 году всего было открыто 9 новыхъ астероидовъ, и заключительное открытіе было сдѣлано опять-таки Пализой. Именно, онъ въ концѣ 1885 года наблюдалъ планету, которую долгое время считалъ Эригоной; но въ концѣ концовъ оказалось, что это была новая планета (253), которая и была названа Матильдой. Такимъ образомъ, Пализа, получившій нѣсколько наблюденій Матильды, нѣкоторое время вовсе и не подозрѣвалъ, что онъ открылъ уже пятидесятую планету.

Далѣе, значительный интересъ представляютъ обстоятельства, сопровождавшія открытіе планетъ (274) и (275), получившихъ имена Филагоріи и Сапіенціи. Обѣ эти планеты были

открыты случайно, во время поисковъ планеты (262), Вальды. Поиски эти были начаты 12 марта 1888 года. Новый осмотръ той части неба, которая была зарисована въ этотъ вечеръ, могъ быть произведенъ вслѣдствіе дурной погоды только 20 марта, причемъ было установлено, что исчезла звѣздочка 12-ой или 13-ой величины, которая не могла быть тождественна съ отыскиваемой Вальдой. Между тѣмъ снова была зарисована большая часть неба около того мѣста, гдѣ, по предположенію, должна была находиться въ этотъ день планета. При новомъ сравненіи этой карты съ небомъ 3 апрѣля оказалось, что на ней находился новый астероидъ, отличный отъ того, который былъ нанесенъ на карту 12 марта. Этотъ-то новый астероидъ впослѣдствіи и получилъ имя Филагоріи. При дальнѣйшихъ поискахъ Вальды Пализа не могъ найти ни этой послѣдней, ни того астероида, который былъ нанесенъ на карту 12 марта и который, слѣдовательно, былъ потерянъ тотчасъ же послѣ открытія, но зато ему посчастливилось при этомъ открыть еще новую планету, которая и была названа Сапіенціей. Такимъ образомъ, на этотъ разъ Вальда не была отыскана, но зато поиски этой планеты ознаменовались открытіемъ трехъ новыхъ астероидовъ.

Точно также и планета (279) была открыта не благодаря спеціальнымъ поискамъ новыхъ планетъ, а благодаря поискамъ потерянной планеты (256), Вальпурги. Съ этою цѣлью 28 сентября 1888 года была зарисована карта опредѣленной части неба, и когда въ слѣдующій благопріятный для наблюденій вечеръ, именно 24 октября, карта снова была сравнена съ небомъ, то оказалось, что на ней не исчезла ни одна изъ нанесенныхъ на нее звѣздъ, но зато, наоборотъ, на небѣ появилась новая, крайне слабая звѣздочка, и вслѣдствіе обнаружившагося у нея на другой же вечеръ собственнаго движенія не оставалось никакого сомнѣнія, что это была новая планета.

Вновь открытое небесное тѣло вскорѣ оказалось однимъ изъ интереснѣйшихъ астероидовъ, которые были извѣстны въ то время. Его медленное движеніе среди неподвижныхъ звѣздъ указывало на то, что онъ долженъ принадлежать къ отдаленнѣйшимъ членамъ этой группы, и въ скоромъ времени первыя вычисленія элементовъ его орбиты вполнѣ подтвердили это предположеніе. Ея большая полуось, выраженная въ общепринятыхъ въ астрономіи единицахъ длины, равняется 4,263, что на 0,306 превосходитъ большую полуось орбиты Гильды, равную 3,957. Выражая эту разность въ километрахъ, находимъ, что большая полуось орбиты вновь открытой планеты круглымъ числомъ на 45 милліоновъ километровъ превосходитъ большую полуось Гильды. Время обращенія новаго астероида около солнца составляетъ 8,80 лѣтъ, между тѣмъ какъ Гильда описываетъ полный кругъ около солнца въ 7,87 лѣтъ, ближайшіе же къ солнцу астероиды Медуза и Сита совершаютъ полный оборотъ около центральнаго тѣла всего только въ 3,21 года. Поэтому Пализа далъ новой планетѣ, представляющей, такъ сказать, границу группы астероидовъ, имя Туле, такъ какъ въ древности этимъ именемъ обозначался, какъ извѣстно, конецъ міра.

Если мы открытіемъ планеты Туле обязаны, какъ это легко усмотрѣть изъ вышеизложеннаго, тому обстоятельству, что долгое время была пасмурная погода, то еще болѣе замѣчательному случаю обязаны мы открытіемъ астероида (280), названнаго Филіей. Съ цѣлью облегчить отысканіе планеты Оппавіи во время оппозиціи, имѣвшей мѣсто въ концѣ 1888 года, Берберихъ въ Берлинѣ вычислилъ ея эфемериду, которую письменно сообщилъ астрономамъ вѣнской обсерваторіи. Пализа дѣйствительно нашелъ 29 октября, недалеко отъ предвычисленнаго мѣста, звѣздочку съ собственнымъ движеніемъ, которую онъ вслѣдствіе этого по весьма понятнымъ причинамъ и принялъ за Оппавію. Однако, движеніе новой планеты въ теченіе слѣдующихъ дней ясно показало, что это не могла быть Оппавія; изъ переписки же съ Берберихомъ по этому поводу оказалось, что сообщенное имъ въ первомъ письмѣ склоненіе Оппавіи, вслѣдствіе описки, было невѣрно на одинъ градусъ. Когда эта ошибка была исправлена, то Оппавія безъ всякаго труда была найдена на соотвѣтственномъ мѣстѣ. Такимъ образомъ простая описка привела къ открытію новой планеты.

Въ 1889 г. Шарлуа въ Ниццѣ открываетъ 4 новыхъ астероида 12—13-ой величины и, такимъ образомъ, вступаетъ въ ряды плодовитыхъ открывателей планетъ: число планетъ, открытыхъ имъ за 2 года, достигло 7. Послѣднее открытіе въ 1889 году Шарлуа сдѣлалъ 3 августа, и въ этотъ же вечеръ Пализа также открылъ новую планету, причемъ оба открытія были сдѣланы почти въ одинъ и тотъ же часъ, такъ что только послѣ ознакомленія съ подробностями и послѣ установленія точнаго времени каждаго изъ этихъ открытій можно было рѣшить, которой изъ этихъ двухъ планетъ долженъ быть присвоенъ знакъ (285) и которой—знакъ (286). Этотъ послѣдній нумеръ пришелся на долю планеты, открытой Пализой.

Въ 1889 году рядъ открытій астероидовъ былъ заключенъ открытіемъ необыкновенно яркой планеты (287), Нефтисъ, которая была замѣчена 25 августа Петерсомъ въ Клинтонѣ. Это было его послѣднее открытіе, такъ какъ 19 іюля 1890 года этотъ неутомимый работникъ на поприщѣ науки внезапно скончался отъ удара на 77-мъ году жизни. Астрономія обязана ему, кромѣ открытія 48 астероидовъ, нѣсколькихъ планетъ и многихъ перемѣнныхъ звѣздъ, также цѣлымъ рядомъ другихъ важныхъ работъ, изъ которыхъ мы упомянемъ только объ его эклиптикальныхъ картахъ; кромѣ того, за смертью ему не удалось довести до конца большого числа уже начатыхъ цѣнныхъ изслѣдованій. Сюда прежде всего слѣдуетъ отнести его весьма многочисленныя наблюденія солнечныхъ пятенъ, каталогъ зодіакальныхъ звѣздъ, заключающій въ себѣ около 75 000 звѣздъ, и задуманное имъ новое изданіе звѣзднаго каталога Птоломея. Что касается этого послѣдняго каталога, то профессоръ Петерсъ, во время своихъ многократныхъ поѣздокъ по Европѣ, не жалѣлъ ни труда, ни денегъ на разыскиваніе во всѣхъ большихъ библіотекахъ необходимыхъ для этого матеріаловъ, нѣкоторыя наиболѣе важныя мѣста различныхъ источниковъ воспроизводилъ фотографически, съ тѣмъ, чтобы путемъ критическаго сравненія текстовъ изъ различныхъ изданій возстановить по возможности правильно первоначальный текстъ самого автора. Необыкновенная способность къ языкамъ въ значительной степени облегчала Петерсу эту работу.

Въ октябрѣ 1890 года число астероидовъ достигло трехсотъ, причемъ астрономы нѣкоторое время даже не подозрѣвали этого. 9 сентября Шарлуа открылъ двѣ планеты (297) и (298), названныя Цециліей и Баптистиной. Послѣднюю изъ этихъ планетъ ему удалось наблюдать только 9, 10 и 16 сентября, такъ какъ дальнѣйшимъ наблюденіямъ помѣшала луна. 3 октября, недалеко отъ того мѣста, гдѣ должна была находиться Баптистина, Шарлуа снова замѣтилъ малую планету, которую онъ принялъ за Баптистину. Поэтому планета, открытая Пализой 6 октября, была обозначена нумеромъ (299).

Дальнѣйшія наблюденія Баптистины Шарлуа, вслѣдствіе своего отъѣзда на нѣкоторое время, предоставилъ Пализѣ, который наблюдалъ эту планету еще 11 и 22 октября. Но при этомъ ему тотчасъ же бросился въ глаза скачокъ въ видимомъ движеніи планеты между 16 сентября и 3 октября съ одной стороны, и 3 и 22 октября съ другой. Однако, онъ не обратилъ должнаго вниманія на этотъ скачокъ и приписалъ его своему промаху въ одномъ изъ среднихъ наблюденій. Но предпринятое Берберихомъ опредѣленіе орбиты вскорѣ показало, что въ наблюденіяхъ не было никакого промаха, а вышеупомянутый скачокъ объяснялся тѣмъ, что 3, 11 и 22 октября наблюдалась не та планета, которая была открыта 9 сентября.

Послѣ октябрьскаго полнолунія Пализа и Шарлуа снова предприняли розыски потерянной Баптистины: первый изъ нихъ безъ успѣха, а второй, повидимому, съ счастливымъ исходомъ, такъ какъ онъ 14 ноября снова нашелъ планету, которую и принялъ за Баптистину и за которой слѣдилъ до середины декабря. Однако, вычисленіе орбиты этой планеты привело къ неожиданному результату, что это была опять не Баптистина, а другая, ранѣе неизвѣстная планета. Между тѣмъ 16 ноября Пализа на вѣнской обсерваторіи снова открываетъ звѣздочку съ собственнымъ движеніемъ. Но такъ какъ от-

личіе Баптистины отъ планеты, открытой 3 октября, было обнаружено лишь спустя долгое время послѣ открытія планеты, которую замѣтилъ Пализа 6 октября, и такъ какъ то же самое имѣло мѣсто относительно планетъ, найденныхъ 14 и 16 ноября, то Крюгеръ, во избѣжаніе многократной перемѣны нумеровъ, предложилъ въ этомъ случаѣ поступить такъ же, какъ поступали при подобныхъ обстоятельствахъ иногда и раньше, а именно: для планетъ 6 октября и 16 ноября сохранить нумера (299) и (301), а планеты 3 октября и 14 ноября обозначить нумерами (300) и (302), что и было принято всѣми астрономами.

Съ середины ноября 1890 года, вслѣдствіе необыкновенно длинной и пасмурной зимы, наступило, такъ сказать, затишье; но зато въ продолженіе слѣдующей весны, именно съ 12 февраля по 11 іюня, было открыто 9 новыхъ астероидовъ. Еще болѣе сильное увеличеніе числа малыхъ планетъ произошло въ теченіе прекрасныхъ осеннихъ мѣсяцевъ, когда въ теченіе шести недѣль, съ 28 августа по 15 октября, Шарлуа и Пализа открыли 10 астероидовъ, такъ что 1891-ый годъ, если присчитать еще двѣ планеты, найденныя позднею осенью, превзошелъ по богатству вновь открытыхъ астероидовъ всѣ предшествующіе годы. Въ концѣ этого года число малыхъ планетъ возросло до 323, между тѣмъ какъ на 50 лѣтъ раньше ихъ было извѣстно только 4.

§ 68. **Краткій обзоръ предыдущаго.** 1891 годъ является въ исторіи открытій астероидовъ не менѣе замѣчательнымъ, чѣмъ и 1845 годъ. Поэтому мы воспользуемся этимъ случаемъ, чтобы сдѣлать краткій обзоръ предыдущаго.

При внимательномъ разсмотрѣніи таблицъ, приложенныхъ въ концѣ книги, мы замѣчаемъ, что въ теченіе 3 послѣднихъ пятилѣтій, считая назадъ отъ 1891 года, открытія астероидовъ дѣлались, главнымъ образомъ, сначала Петерсомъ и Пализой, а затѣмъ, послѣ смерти перваго изъ нихъ, Пализой и Шарлуа. Такимъ образомъ, въ теченіе этой эпохи не только любители астрономіи, но даже вообще астрономы-спеціалисты, за весьма немногими исключеніями, не принимали никакого участія въ открытіяхъ малыхъ планетъ. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что наиболѣе яркіе члены этой группы почти всѣ уже были найдены, и въ большомъ числѣ было возможно открывать только болѣе слабыя планеты, отысканіе которыхъ, съ одной стороны, само по себѣ было болѣе затруднительно, а съ другой стороны, требовало инструментовъ большой оптической силы, которые даже въ настоящее время находятся въ распоряженіи лишь весьма немногихъ астрономовъ. Такъ, Темпель съ помощью своей слабой трубы, которая, какъ мы выше упоминали, не была снабжена даже простѣйшимъ приспособленіемъ для измѣреній, могъ съ успѣхомъ открывать малыя планеты только до тѣхъ поръ, пока число ихъ не достигло 100. Нѣчто подобное случилось и съ ветераномъ въ этой области, профессоромъ Лютеромъ, который въ серединѣ XIX-го столѣтія одинъ изъ первыхъ поставилъ себѣ задачей систематическое отыскиваніе новыхъ планетъ. Съ 17 апрѣля 1852 года до 27 сентября 1873 года онъ открылъ 20 астероидовъ и съ 1865 года до середины 1875 года считался самымъ плодовитымъ открывателемъ малыхъ планетъ, а послѣ этого долженъ былъ уступить первенство Петерсу. Что онъ при отыскиваніи астероидовъ не могъ болѣе равняться съ Петерсомъ и съ болѣе молодымъ своимъ соперникомъ Пализой, это объясняется опять исключительно недостаточностью вспомогательныхъ средствъ, находившихся въ его распоряженіи. Именно, Лютеръ до 1883 года работалъ съ инструментомъ, объективъ котораго имѣлъ отверстіе въ 11 сантиметровъ и который даже не былъ снабженъ параллактической установкой, между тѣмъ какъ Петерсъ располагалъ трубой съ отверстіемъ объектива въ 34 сантиметра, а Пализа, хотя и имѣлъ вначалѣ въ своемъ распоряженіи трубу съ объективомъ въ 16 сантиметровъ, зато наблюдалъ въ Полѣ подъ чистымъ южнымъ небомъ. Въ 1884 году Лютеръ получилъ болѣе сильную трубу и съ помощью нея въ слѣдующіе годы онъ снова открылъ нѣсколько новыхъ астероидовъ, но вскорѣ и эта труба оказалась слишкомъ слабой для такой цѣли. Въ послѣдніе годы разсматриваемаго нами періода даже

астрономы марсельской обсерваторіи, которые раньше принимали дѣятельное участіе въ открытіяхъ малыхъ планетъ, не могли болѣе выдерживать соперничества съ астрономами вѣнской и ницкой обсерваторій, имѣвшими въ своемъ распоряженіи болѣе могущественные инструменты.

Съ 1845 года до конца 1851 года къ 4 старымъ астероидамъ прибавилось еще только 11 новыхъ членовъ этой группы небесныхъ тѣлъ. Распредѣленіе же числа открытій по годамъ въ теченіе слѣдующихъ 40 лѣтъ представлено въ нижеприведенной табличкѣ.

Годъ.	Число.	Годъ.	Число.	Годъ.	Число.	Годъ.	Число.	Годъ.	Число.	Годъ.	Число.
1852	8	1859	1	1866	6	1873	6	1880	8	1887	7
1853	4	1860	5	1867	4	1874	6	1881	1	1888	10
1854	6	1861	10	1868	12	1875	17	1882	11	1889	6
1855	4	1862	5	1869	2	1876	12	1883	4	1890	15
1856	5	1863	2	1870	3	1877	10	1884	9	1891	21
1857	9	1864	3	1871	5	1878	12	1885	9		
1858	5	1865	3	1872	11	1879	20	1886	11		

Распредѣляя открытія малыхъ планетъ по десятилѣтіямъ, мы получаемъ слѣдующія числа:

съ	1852	до	1831	года открыто	57 астероидовъ
»	1862	»	1871	» »	45 »
»	1872	»	1881	» »	103 »
»	1881	»	1891	» »	103 »

Вслѣдствіе чрезмѣрно быстраго увеличенія числа малыхъ планетъ, съ теченіемъ времени все болѣе и болѣе возникало опасеніе потерять вновь открытыя небесныя тѣла. Дафна, которая была открыта въ 1856 году Гольдшмидтомъ, представляетъ первый примѣръ планеты, потерянной тотчасъ послѣ своего открытія. Выше мы видѣли, что случаи потери вновь открытыхъ астероидовъ встрѣчались вообще нерѣдко, такъ что такіе астероиды дѣлались постоянными членами солнечной системы лишь послѣ вторичнаго ихъ открытія; нѣкоторыя же изъ малыхъ планетъ еще и до сихъ поръ ожидаютъ своего вторичнаго открытія. Среди первыхъ 300 астероидовъ число планетъ, потерянныхъ тотчасъ послѣ открытія, равно 12, причемъ на первую сотню приходится только одна такая планета, именно Дике, на вторую—6 и на третью—5. Число наблюдателей и вычислителей на различныхъ обсерваторіяхъ съ теченіемъ времени оказалось совершенно недостаточнымъ вслѣдствіе чрезмѣрнаго увеличенія работы, связанной съ открытіемъ новыхъ планетъ и съ собираніемъ наблюденій этихъ небесныхъ тѣлъ, и поэтому часто приходилось довольствоваться опредѣленіемъ лишь небольшого числа положеній новыхъ астероидовъ и, слѣдовательно, лишь приближеннымъ вычисленіемъ ихъ элементовъ. Вслѣдствіе сильныхъ возмущеній, происходящихъ въ движеніи этихъ небесныхъ тѣлъ, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ Юпитера, и вслѣдствіе сравнительной близости ихъ къ землѣ, отчего всякое измѣненіе въ ихъ положеніи становится весьма замѣтнымъ для наблюдателя, отысканіе этихъ и безъ того доступныхъ обыкновенно только большимъ инструментамъ небесныхъ тѣлъ дѣлается крайне затруднительнымъ особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда во время нѣсколькихъ оппозицій планета совершенно не наблюдалась или когда во время ея перваго появленія было собрано недостаточное число наблюденій. Вслѣдствіе этого отъ вычислителей требовались необыкновенныя напряженія и осторожность, чтобы, несмотря на недостаточный матеріалъ, съ болѣе или менѣе удовлетворительною точностью указать на небѣ то мѣсто, гдѣ слѣдовало искать планету при новомъ ея появленіи. Поэтому въ астрономіи возникла новая весьма трудная задача — предвычисленіе положеній или такихъ небесныхъ тѣлъ, которыя были потеряны тотчасъ послѣ открытія, или же такихъ, отысканіе

которыхъ для послѣдующихъ появленій представлялось болѣе или менѣе сомнительнымъ. Такихъ примѣровъ выше мы видѣли достаточно много.

При отысканіи потерянныхъ планетъ приходилось зарисовывать значительныя части неба и составленныя такимъ образомъ карты сравнивать время-отъ-времени съ небомъ. Вслѣдствіе этого все чаще и чаще стали повторяться рѣдкіе въ началѣ случаи, что при такихъ поискахъ астрономы наталкивались на новыя планеты: кромѣ того, неоднократно случалось, что при этомъ отыскиваемаго астероида найти не могли, но зато открывали нѣсколько новыхъ планетъ. Такъ, въ теченіе послѣдняго десятилѣтія, довольно значительная часть астероидовъ была обязана своимъ открытіемъ не спеціальнымъ поискамъ новыхъ планетъ, а попыткамъ снова отыскать уже ранѣе открытыя планеты. Впрочемъ, вѣнской обсерваторіи и особенно астроному Пализѣ мы обязаны не только открытіемъ большого числа тѣлецъ этой многочленной группы планетъ, но также и тѣмъ обстоятельствомъ, что за послѣдніе годы, какъ это ясно изъ вышеизложеннаго, число потерянныхъ астероидовъ, несмотря на огромное увеличеніе общаго ихъ числа, было сравнительно весьма невелико. Въ самомъ дѣлѣ, вѣнская обсерваторія поставила себѣ цѣлью по возможности дольше слѣдить за всѣми вновь открытыми астероидами съ тѣмъ, чтобы какъ для вычислителей, такъ и для наблюдателей, довести до минимума непроизводительную трату времени, сопряженную съ отысканіемъ планетъ, недостаточно долго наблюдавшихся во время своего перваго появленія.

Быстрое увеличеніе числа астероидовъ уже неоднократно обусловливало также измѣненія въ способѣ обработки ихъ наблюденій. Именно, когда въ серединѣ XIX столѣтія открытія астероидовъ стали повторяться весьма часто, берлинская обсерваторія и редакція астрономическаго ежегодника «Berliner Jahrbuch» взяли на себя весьма трудную задачу своевременнаго опредѣленія элементовъ новыхъ астероидовъ и предвычисленія положеній этихъ небесныхъ тѣлъ для будущихъ появленій. Такимъ образомъ эти ученыя учрежденія, при дружественномъ содѣйствіи большого числа молодыхъ астрономовъ, въ теченіе 20-ти лѣтъ напрягали всѣ свои силы, чтобы удовлетворить справедливымъ требованіямъ въ этомъ отношеніи. Но когда въ началѣ семидесятыхъ годовъ число астероидовъ достигло приблизительно 150, лицамъ, удѣлявшимъ на упомянутыя вычисленія по большей части лишь свое свободное отъ обязательныхъ занятій время, не было болѣе никакой возможности одолѣвать такой огромный матеріалъ. Поэтому слѣдуетъ весьма высоко цѣнить щедрость прусскаго правительства, которое въ 1873 г. основало особый Вычислительный Институтъ, главнымъ образомъ, съ цѣлью обработки наблюденій астероидовъ.

Этотъ Вычислительный Институтъ, кромѣ помѣщаемыхъ въ астрономическомъ ежегодникѣ «Berliner Jahrbuch» вычисленій, относящихся къ старымъ астероидамъ, начиная съ 1874 г., сталъ издавать два раза въ мѣсяцъ особые циркуляры, въ которыхъ сопоставлялись всѣ новѣйшія наблюденія астероидовъ, а также давались элементы и эфемериды вновь открытыхъ малыхъ планетъ. Это не только существеннымъ образомъ облегчало возможность слѣдить за новыми планетами, но также только при одномъ взглядѣ на произведенныя наблюденія позволяло рѣшить вопросъ о томъ, для какихъ изъ астероидовъ были бы особенно желательны дальнѣйшія наблюденія. Однако, силъ и средствъ Вычислительнаго Института для постоянной подробной обработки наблюденій всѣхъ астероидовъ хватило также ненадолго. Съ теченіемъ времени все чаще и чаще приходилось подробныя вычисленія продѣлывать только или для новыхъ астероидовъ, или для такихъ, орбиты которыхъ были опредѣлены съ значительною неточностью, съ тѣмъ, чтобы сдѣлать возможными наблюденія этихъ планетъ, необходимыя для вывода поправокъ ихъ элементовъ. Для старыхъ же, уже извѣстныхъ астероидовъ, напротивъ того, давались лишь приближенныя эфемериды, съ цѣлью, чтобы при открытіи какого-нибудь небеснаго тѣла съ собственнымъ движеніемъ можно было рѣшить, представляетъ ли оно дѣйствительно новую планету, или же было извѣстно уже и раньше; отъ точнаго же вычисленія возмущеній,

которыя они испытываютъ при своемъ движеніи, и отъ опредѣленія поправокъ элементовъ ихъ орбитъ на основаніи новыхъ наблюденій пришлось совершенно отказаться. Вслѣдствіе этого въ настоящее время, за весьма немногими исключеніями, элементы астероидовъ намъ далеко неизвѣстны съ тою точностью, которая соотвѣтствуетъ современному состоянію науки и которая могла бы позволить выполнить различныя теоретическія изысканія, напримѣръ, опредѣленіе массы Юпитера. Чтобы положить конецъ такому нежелательному явленію, редакція ежегодника «Berliner Jahrbuch» рѣшилась прежде всего подвергнуть подробной обработкѣ уже имѣющійся на лицо матеріалъ для тѣхъ планетъ, которыя представляютъ особенный интересъ или въ теоретическомъ отношеніи, или по какимъ-нибудь другимъ причинамъ; на остальныя же планеты, а также на вновь открываемые астероиды въ настоящее время обращается вниманіе лишь постольку, поскольку это представляется необходимымъ и желательнымъ для другихъ важныхъ астрономическихъ изслѣдованій. Поэтому, начиная съ 1890 г., было прекращено изданіе вышеупомянутыхъ циркуляровъ и вычисленіе годовыхъ эфемеридъ малыхъ планетъ, и въ настоящее время дается только положеніе астероидовъ для момента оппозиціи, а также приближенное суточное движеніе ихъ и яркость для того же момента. Наконецъ, точныя и подробныя вычисленія выполняются, главнымъ образомъ, только для слѣдующихъ планетъ:

1) для такихъ, которыя весьма близко подходятъ къ землѣ и потому особенно пригодны для опредѣленія солнечнаго параллакса;

2) для такихъ, которыя подходятъ весьма близко къ Юпитеру и потому могутъ служить для опредѣленія массы этой планеты;

3) для такихъ, времена обращенія которыхъ соизмѣримы съ временемъ обращенія Юпитера, такъ какъ ихъ движеніе представляетъ весьма важное значеніе для теоріи такъ называемыхъ абсолютныхъ возмущеній;

4) для такихъ, которыя могутъ достигать значительной яркости и потому представляютъ большой интересъ и огромную важность для фотометрическихъ цѣлей.

Вышеизложенныя мѣропріятія, повидимому, повлекли за собою совершенно неожиданныя послѣдствія. Какъ только эти мѣропріятія стали приводиться въ исполненіе, тотчасъ же бросилось въ глаза, что число открытій новыхъ астероидовъ сравнительно съ среднимъ числомъ этихъ открытій за послѣднее десятилѣтіе болѣе чѣмъ удвоилось. Вѣроятное объясненіе этого обстоятельства заключается въ слѣдующемъ. Отсутствіе точныхъ эфемеридъ для старыхъ планетъ затрудняло, а иногда даже дѣлало совершенно невозможнымъ наблюденіе ихъ; поэтому «ловцы» малыхъ планетъ должны были употреблять на отысканіе новыхъ планетъ гораздо больше времени и труда, чѣмъ прежде, а вслѣдствіе этого также и открывали планетъ гораздо больше, чѣмъ раньше. Съ другой стороны, нельзя было не предвидѣть, что вслѣдствіе такого положенія дѣлъ состояніе этой области астрономіи въ теченіе короткаго времени сдѣлается еще болѣе неудовлетворительнымъ. Поэтому международное астрономическое общество въ 1891 г., во время своего собранія въ Мюнхенѣ, подвергло этотъ вопросъ подробному обсужденію. Но предварительные переговоры и работы въ этомъ направленіи не получили полнаго своего развитія, такъ какъ вскорѣ послѣ этого къ отысканію астероидовъ была примѣнена фотографія, и вполнѣ понятно, что не слѣдовало предпринимать ничего новаго для болѣе удовлетворительнаго рѣшенія разсматриваемаго здѣсь вопроса до тѣхъ поръ, пока не будетъ вполнѣ испытана пригодность фотографіи къ отысканію астероидовъ.

§ 69. **Третій періодъ въ исторіи открытій астероидовъ.** Въ концѣ 1891 г. къ отысканію новыхъ астероидовъ была примѣнена фотографія, и, вмѣстѣ съ этимъ, наступилъ новый періодъ въ исторіи открытій этихъ небесныхъ тѣлъ. Впрочемъ, уже и раньше неоднократно дѣлались попытки отысканія потерянныхъ астероидовъ при помощи фотографіи и иногда съ полнымъ успѣхомъ. Такъ, напримѣръ, В. Робертсъ въ 1886 г.

этимъ способомъ снова нашелъ планету Сафо, которая не наблюдалась уже во время нѣсколькихъ оппозицій. Астрономическія трубы, употреблявшіяся въ то время для небесной фотографіи, вслѣдствіе большого фокуснаго разстоянія (часть IV), были мало пригодны къ отысканію новыхъ планетъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ на фотографической пластинкѣ получалась сравнительно небольшая часть неба. Заслуга введенія въ употребленіе для этой цѣли обыкновенныхъ фотографическихъ объективовъ принадлежитъ гейдельбергскому астроному Максу Вольфу, который, вмѣстѣ съ тѣмъ, первый предпринялъ систематическое отыскиваніе астероидовъ помощью фотографіи. Благодаря употребленію короткофокусныхъ трубъ не только является возможность снимать заразъ довольно значительныя части

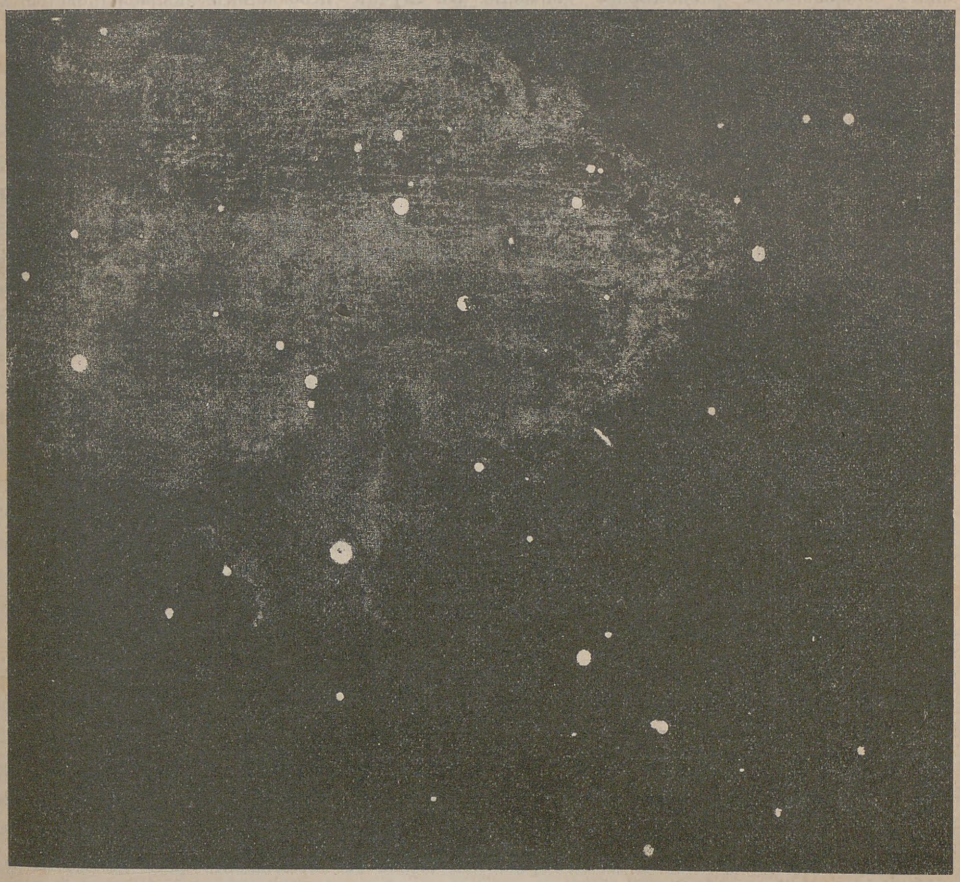


Рис. 131.

неба, но получается также и другая выгода, состоящая въ сокращеніи времени экспозиціи. И дѣйствительно, напряженность дѣйствія химическихъ лучей на чувствительную пластинку зависитъ не отъ величины объектива, а исключительно отъ отношенія свободнаго отверстія объектива къ фокусному разстоянію; два объектива различныхъ размѣровъ, но такіе, для которыхъ это отношеніе одно и то же, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку одинаково быстро. Разница заключается только въ томъ, что при бо́льшемъ объективѣ и изображенія на фотографической пластинкѣ имѣютъ бо́льшіе размѣры; при этомъ, если объективъ фотографической трубы увеличивается вдвое, то и размѣры изображеній увеличиваются также вдвое, такъ что, напримѣръ, разстояніе между двумя звѣздами на пластинкѣ въ такомъ случаѣ дѣлается въ два раза больше. Поэтому съ увели-

чепіемъ объектива облегчается только измѣреніе пластинокъ и распознаваніе различныхъ измѣненій, которыя произошли во время экспозиціи.

Отыскиваніе астероидовъ при помощи фотографіи производится слѣдующимъ образомъ. Чувствительная пластинка экспонируется въ теченіе одного или двухъ часовъ, причемъ объективъ бываетъ постоянно направленъ на одну и ту же точку неба. Это достигается тѣмъ, что фотографическій аппаратъ, помощью часового механизма, приводится въ движеніе, согласное съ движеніемъ небесной сферы, между тѣмъ какъ наблюдатель время-отъ-времени контролируетъ ходъ часового механизма, пользуясь для этого зрительной трубой, неизмѣнно соединенной съ фотографическимъ аппаратомъ и, слѣдовательно, вмѣстѣ съ нимъ совершающей равномѣрное движеніе. Въ случаѣ небольшихъ неправильностей въ ходѣ часового механизма, при помощи особыхъ приспособленій возможно дѣлать соотвѣтственныя исправленія. Поэтому лучи, идущіе отъ неподвижныхъ звѣздъ, постоянно дѣйствуютъ на одни и тѣ же мѣста фотографической пластинки, и на этихъ мѣстахъ получаются изображенія звѣздъ въ видѣ кружечковъ бо́льшихъ или меньшихъ размѣровъ, въ зависимости отъ ихъ яркости; напротивъ того, изображеніе астероида, перемѣщающагося среди неподвижныхъ звѣздъ, имѣетъ видъ линіи. * На рисункѣ 131 изображена малая планета (329) Свея, открытая фотографическимъ путемъ Максомъ Вольфомъ въ Гейдельбергѣ. Фотографическая пластинка экспонировалась въ теченіе 2-хъ часовъ. Наиболѣе яркія звѣзды, снятыя на этой пластинкѣ, 9—10-ой величины, самъ астероидъ—12-ой величины. * Такъ какъ въ случаѣ малой планеты дѣйствіе свѣта на чувствительную пластинку не концентрируется въ одной точкѣ, но распредѣляется на цѣлую линію, то предѣльныя яркости звѣздъ и астероидовъ, получающихся на пластинкѣ, весьма различны, причемъ для малыхъ планетъ имѣютъ мѣсто, какъ нетрудно понять, менѣе благопріятныя условія. Поэтому при такого рода изслѣдованіяхъ необходимо употреблять объективы, дѣйствующіе по возможности быстро. Согласно съ вышесказаннымъ, для этой цѣли наиболѣе пригодны короткофокусные объективы. Впрочемъ, въ теченіе одной и той же ночи или, еще лучше, въ одну изъ послѣдующихъ ясныхъ ночей рекомендуется сдѣлать второй снимокъ той же части неба, чтобы случайный дефектъ фотографической пластинки не принять за новую планету и, чтобы, съ другой стороны, по возможности точно опредѣлить суточное движеніе астероида.

Съ введеніемъ фотографическаго метода способъ отысканія астероидовъ принялъ, какъ мы видѣли, совершенно новую форму. Прежде для этой цѣли предпринималось требующее большого труда сравненіе неба съ весьма точной звѣздной картой соотвѣтственной части небесной сферы. При этомъ новую планету можно было узнать по отсутствію звѣзды на картѣ въ томъ мѣстѣ, которое соотвѣтствуетъ положенію планеты. Чтобы вполнѣ убѣдиться, что замѣченное свѣтило есть планета, необходимо было по возможности въ ту же ночь, на основаніи дальнѣйшихъ наблюденій, опредѣлить также ея перемѣщеніе среди неподвижныхъ звѣздъ. Теперь же, когда на помощь астрономіи пришла фотографія, отысканіе астероидовъ астрономъ производитъ въ сущности въ своемъ кабинетѣ, причемъ ему приходится только тщательно изслѣдовать, нѣтъ ли на фотографической пластинкѣ небольшихъ штриховъ.

Первые предварительные опыты фотографированія неба короткофокусными объективами были сдѣланы Максомъ Вольфомъ осенью 1891 года, и послѣ того, какъ онъ убѣдился въ пригодности такихъ объективовъ для указанной цѣли, онъ приступилъ, въ серединѣ декабря, къ отысканію планеты Сапіенціи, которая со времени своего открытія въ 1888 году еще ни разу не наблюдалась. Онъ выбралъ эту планету главнымъ образомъ по тому, что она во время своего открытія была сравнительно яркой, именно десятой величины, и, на основаніи вычисленій, во время оппозиціи въ 1891 году она должна была опять достичь приблизительно той же самой яркости, такъ что въ этомъ случаѣ съ нѣкоторой вѣроятностью можно было разсчитывать на счастливый исходъ поисковъ. И дѣйствительно, 22

декабря ему удалось снова отыскать планету, но вѣроятно вслѣдствіе небольшой ошибки въ вычисленіяхъ предвычисленное положеніе планеты значительно отличалось отъ наблюденнаго, такъ что отысканіе Сапіенціи во время этой оппозиціи, особенно вслѣдствіе ея положенія среди млечнаго пути, по прежнему способу было бы совершенно невозможно. Одновременно съ Сапіенціей на той же самой пластинкѣ была сфотографирована еще другая новая планета, которая, между прочимъ, была послѣдней изъ открытыхъ въ 1891 году. Она была обозначена нумеромъ (323) и была названа Бруціей въ воспоминаніе о великихъ заслугахъ, которыя миссъ Брусъ (Bruce) изъ Нью-Іорка оказала своими щедрыми пожертвованіями различнымъ астрономическимъ изслѣдованіямъ; по съ тѣхъ поръ эта планета болѣе не наблюдалась.

Отыскиваніе новыхъ планетъ на фотографической пластинкѣ и измѣреніе ихъ положенія—это весьма трудная и требующая много времени работа, такъ что на нее легко, можно потратить нѣсколько дней. Поэтому, если ясная погода продолжалась довольно долго, и въ это время удалось получить значительное число фотографическихъ пластинокъ, то изслѣдованіе ихъ никогда не можетъ быть произведено наблюдателемъ такъ же быстро, какъ сами наблюденія. Нерѣдко изслѣдовать фотографическія пластинки удается только черезъ нѣсколько дней, а иногда даже черезъ нѣсколько недѣль послѣ того, какъ онѣ были сняты, вслѣдствіе чего отысканіе уже имѣющихся на пластинкахъ астероидовъ естественнымъ образомъ сильно замедляется. Поэтому весьма понятно, что при обозначеніи астероидовъ по установившемуся обычаю нумерами, показывающими хронологическій порядокъ ихъ открытія, пришлось бы весьма часто мѣнять эти нумера, и это тѣмъ болѣе могло служить источникомъ многочисленныхъ ошибокъ, что съ примѣненіемъ фотографіи къ отысканію астероидовъ число открытій этихъ тѣлъ неимовѣрно возросло. Указанныя неудобства обратили на себя вниманіе астрономовъ тотчасъ же послѣ первыхъ открытій астероидовъ помощью фотографіи, и это побудило издателя журнала «Astronomische Nachrichten», въ согласіи съ директоромъ Вычислительнаго Института, ввести для вновь открытыхъ планетъ обозначеніе большими буквами латинскаго алфавита A, B, C..., просто по порядку полученія извѣстій объ ихъ открытіи. Окончательное же обозначеніе нумеромъ дѣлалось только тогда, когда на основаніи значительнаго числа наблюденій данной планеты можно было вывести заключеніе, что она не представляетъ собою той или другой изъ прежнихъ потерянныхъ планетъ. Кромѣ того, тѣ планеты, для которыхъ не удавалось получить достаточнаго числа наблюденій и для которыхъ, слѣдовательно, нельзя было опредѣлить болѣе или менѣе надежныхъ элементовъ, совсѣмъ не получали никакого нумера. При примѣненіи фотографіи къ отысканію малыхъ планетъ это ограниченіе является вполнѣ необходимымъ, такъ какъ нерѣдко пасмурная погода мѣшала получить второй снимокъ той части неба, гдѣ была открыта планета, и это въ сильной степени затрудняло вторичное отысканіе такой планеты въ виду того, что о ея суточномъ движеніи на основаніи одной фотографической пластинки нельзя вывести никакого заключенія. Вслѣдствіе этого вначалѣ, когда астрономы въ этомъ направленіи еще не пріобрѣли надлежащаго опыта, многія планеты, найденныя при помощи фотографіи, послѣ полученія перваго снимка обыкновенно больше не наблюдались и такимъ образомъ тотчасъ же послѣ открытія попадали въ разрядъ потерянныхъ.

Новый способъ предварительнаго обозначенія былъ введенъ въ употребленіе во второй половинѣ августа 189 2года. Между тѣмъ въ это время профессоръ Максъ Вольфъ, при помощи своего фотографическаго инструмента (рис. 132), успѣлъ открыть 17 новыхъ астероидовъ, считая въ томъ числѣ и Бруцію. Изъ этихъ планетъ одна впослѣдствіи оказалась Баптистиной, а изъ остальныхъ только для пяти было получено достаточное число наблюденій, чтобы можно было съ удовлетворительною точностью опредѣлить ихъ орбиты. Такимъ образомъ только эти пять планетъ получили соотвѣтственные нумера, остальныя же 11 остались безъ всякаго обозначенія. Поэтому эти послѣднія 11 планетъ для насъ

въ полномъ смыслѣ слова совершенно потеряны, между тѣмъ какъ впослѣдствіи, когда было введено предварительное обозначеніе астероидовъ буквами латинскаго алфавита, эти буквы могли служить воспоминаніемъ о такихъ планетахъ, которыя наблюдались недостаточное число разъ.

Сначала имѣлось въ виду съ каждымъ новымъ годомъ употреблять латинскій алфавитъ для обозначенія планетъ опять съ первыхъ буквъ *A*, *B*, *C*. Но уже въ 1893 году оказалось, что въ теченіе одного года одного алфавита даже можетъ не хватить. Поэтому, во избѣжаніе какихъ бы то ни было недоразумѣній, въ томъ же 1893 году согласились по окончаніи перваго алфавита воспользоваться для предварительнаго обозначенія астероидовъ вторымъ, но уже двойнымъ, а именно: *AA*, *AB*, *AC* и т. д. Когда и этого алфавита не хватаетъ, то прибѣгаютъ къ новому двойному алфавиту, причемъ на первомъ мѣстѣ стоитъ буква *B*, а именно: *BA*, *BB*, *BC* и т. д.

Обстоятельства, при которыхъ открывались до сихъ поръ астероиды при помощи фотографіи, не представляютъ ничего интереснаго, какъ это легко можно понять также и

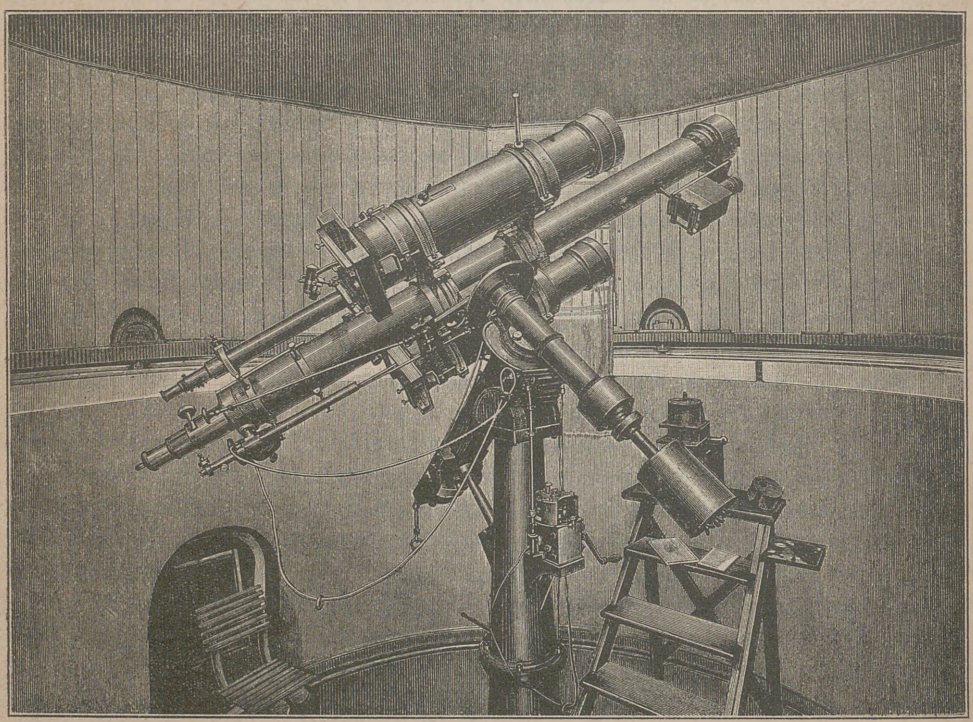


Рис. 132.

изъ вышеизложеннаго. Поэтому мы, чтобы не утомлять читателей перечисленіемъ однообразныхъ сухихъ подробностей, ограничимся лишь нѣсколькими общими замѣчаніями.

Послѣ открытія фотографическимъ путемъ въ концѣ декабря 1891 года Бруціи, въ первой половинѣ 1892 года были открыты опять по прежнему способу, т.-е. черезъ сравненіе звѣздныхъ картъ съ небомъ, двѣ планеты—одна Пализой, а другая Шарлуа, такъ что число открытій перваго изъ нихъ достигло 83, а второго 27. Вслѣдъ за этимъ оба эти астронома совершенно отказались отъ отыскиванія астероидовъ по прежнему способу, который, конечно, не могъ конкурировать съ новымъ. Поэтому по старому способу послѣ этого были открыты еще всего только три планеты: двѣ планеты открылъ Борелли въ

Марсели (одну 5 іюля 1893 года и другую 19 ноября 1894 года), и одну планету открылъ Бигурданъ въ Парижѣ 24 марта 1894 года.

Спеціальную задачу отысканія астероидовъ при помощи фотографіи до сихъ поръ преслѣдовали только два астронома, Вольфъ и Шарлуа; впрочемъ, планету (335) открылъ сотрудникъ Вольфа — Штаусъ. Но, кромѣ того, при помощи фотографіи было открыто значительное число планетъ случайно. Изъ нихъ двѣ планеты, (384) и (387), были открыты въ Бордо астрономомъ Курти, который дѣлалъ снимки неба для большой звѣздной карты, составляемой фотографическимъ путемъ; одну открылъ въ Нортфильдѣ, въ Америкѣ, Вильсонъ, снимавшій группу Плеядъ съ цѣлью изученія находящихся въ этой группѣ туманностей; наконецъ еще одну нашелъ на фотографической пластинкѣ Робертсъ, фотографировавшій туманное пятно, открытое Гершелемъ. Обѣ послѣднія планеты окончательно не были обозначены никакимъ нумеромъ, такъ какъ для нихъ не было получено достаточнаго числа наблюденій. Кромѣ того, на фотографическихъ пластинкахъ, которыя братья Анри сняли въ Парижѣ для карты неба въ промежутокъ времени со 2 октября 1891 года до 15 марта 1893 года, оказалось 40 планетъ, и на пластинкахъ, полученныхъ ими же послѣ этого времени, еще четыре. Которыя изъ этихъ планетъ были извѣстны уже раньше и которыя слѣдуетъ считать новыми, это до сихъ поръ еще не изслѣдовано; но, во всякомъ случаѣ, новыя планеты, полученныя на этихъ пластинкахъ, мы должны считать потерянными, такъ какъ для каждой изъ нихъ имѣется лишь одно положеніе.

Прежде чѣмъ говорить о планетахъ, открытыхъ Вольфомъ и Шарлуа при помощи фотографіи, мы должны еще замѣтить, что Вольфъ при позднѣйшемъ тщательномъ изслѣдованіи пластинокъ, полученныхъ имъ съ 28 ноября 1891 года до конца этого года, нашелъ, кромѣ Бруціи, еще 6 новыхъ астероидовъ, изъ которыхъ всѣ слѣдуетъ отнести къ числу потерянныхъ, за исключеніемъ одной, снова найденной при помощи фотографіи въ 1893 году. Въ нижеслѣдующей табличкѣ указано, сколько планетъ открыли при помощи фотографіи Вольфъ и Шарлуа въ $4^1/_2$ года, причемъ числа, помѣщенныя въ послѣднемъ столбцѣ, относятся къ такимъ планетамъ, для которыхъ опредѣленіе орбиты было невозможно.

	Вольфъ.	Шарлуа.	Вмѣстѣ.	Опредѣленіе орбиты невозможно.
Съ 28 ноября до 31 декабря 1891 года . . .	7	—	7	5
въ 1892 году . . .	17	11	28	6
» 1893 » . . .	7	26	33	8
» 1894 » . . .	6	11	17	1
Съ 1 января до 31 мая 1895 » . . .	3	2	5	1
Съ 28 ноября 1891 до 31 мая 1895 года . . .	40	50	90	21

Такимъ образомъ, съ конца ноября 1891 года до конца мая 1895 года Вольфъ и Шарлуа открыли при помощи фотографіи 90 астероидовъ. Если къ этому прибавить 4 планеты, открытыя въ то же время другими астрономами также при помощи фотографіи, и 7 планетъ, открытыхъ по старому способу, то число открытій новыхъ планетъ за $3^1/_2$ года достигаетъ 101, причемъ мы даже не приняли во вниманіе вышеупомянутыхъ 44 астероидовъ, найденныхъ братьями Анри въ Парижѣ. Изъ этихъ 101 астероидовъ только 78 могутъ быть разсматриваемы какъ постоянные члены нашей планетной системы, тогда какъ для остальныхъ 23 по недостатку наблюденій нельзя было опредѣлить даже приближенныхъ элементовъ. Тѣмъ не менѣе, благодаря примѣненію фотографіи къ отысканію астероидовъ, число этихъ небесныхъ тѣлъ въ 1895 году превзошло 400. Нижеприведенная табличка даетъ намъ наглядное представленіе о развитіи нашихъ знаній относительно зоны астероидовъ. Въ этой табличкѣ приведены даты, когда были открыты планеты (1), (51), (101), (151) и т. д.

(1)	Церера	1 января	1801 года
(51)	Немауза	22 »	1858 »
(101)	Елена	15 августа	1868 »
(151)	Абунданція	1 ноября	1875 »
(201)	Пенелопа	7 августа	1879 »
(251)	Софія	4 октября	1885 »
(301)	Баварія	16 ноября	1890 »
(351)	Ирза	16 декабря	1892 »
(401)	Оттилія	16 марта	1895 »
(451)	[1899 EY] . . .	4 декабря	1899 »

Быстрое увеличеніе числа открытій малыхъ планетъ въ новѣйшее время объясняется исключительно примѣненіемъ фотографіи въ этой области астрономіи. Благодаря той же фотографіи, въ настоящее время, когда уже истекло 100 лѣтъ со дня открытія Цереры, число членовъ этой группы дошло до 500.

Благодаря примѣненію фотографіи къ астрономіи, не только было открыто большое число новыхъ астероидовъ, но также были снова найдены нѣкоторыя малыя планеты, которыя ни разу не наблюдались со времени ихъ открытія и которыя безъ помощи фотографіи еще долгое время оставались бы для насъ потерянными. Изъ такихъ планетъ мы прежде всего должны упомянуть Эригону, Андромаху и Помпею, которыя со времени ихъ открытія соотвѣтственно въ 1876, 1877 и 1879 годахъ не наблюдались въ теченіе 16 лѣтъ подрядъ, затѣмъ Агату, которую астрономы не могли отыскать въ теченіе 7 оппозицій послѣ ея перваго появленія и т. д.

Нѣкоторые изъ астероидовъ, открытыхъ при помощи фотографіи, заслуживаютъ особеннаго вниманія благодаря своимъ элементамъ. Въ этомъ отношеніи прежде всего слѣдуетъ указать на то, что довольно большое число астероидовъ, открытыхъ фотографическимъ путемъ, движется въ плоскостяхъ, наклоненныхъ къ эклиптикѣ подъ весьма значительными углами. Напримѣръ, орбиты планетъ (326), (350), (372), (386), (391) и (434) обладаютъ наклонностью, превышающею 20°. Далѣе, Бруція и планета (361), повидимому, находятся близко къ границамъ зоны астероидовъ: первая къ внутренней, вторая къ внѣшней. Если за единицу разстояній принять по обыкновенію среднее разстояніе отъ земли до солнца, то разстояніе перигелія Бруціи до солнца составляетъ 1,564, а разстояніе афелія планеты (361) равняется 4,772. Такимъ образомъ перигелій Бруціи лежитъ внутри орбиты Марса, а афелій планеты (361) отстоитъ отъ солнца дальше, чѣмъ афеліи Гильды, Исмены и Туле. Впрочемъ, слѣдуетъ замѣтить, что элементы Бруціи и планеты (361) опредѣлены далеко неточно, и потому только-что приведенныя числа съ теченіемъ времени могутъ значительно измѣниться.

Въ высшей степени интересное замѣчаніе сдѣлалъ Берберихъ относительно орбиты планеты Чикаго, которая въ 1894 г. подходила весьма близко къ Юпитеру, такъ что ея разстояніе отъ этого гиганта равнялось среднему разстоянію отъ земли до солнца. Вслѣдствіе этого ея орбита испытала весьма сильныя возмущенія, благодаря чему между прочимъ ея и безъ того малый эксцентриситетъ постоянно уменьшался. Ниже даны значенія ея эксцентриситета для различныхъ моментовъ:

8 декабря 1892 года	0,0090
16 ноября 1893 »	0,0037
4 февраля 1894 »	0,0025

По ходу этихъ чиселъ нетрудно заключить, что во второй половинѣ 1894 года эксцентриситетъ долженъ былъ сдѣлаться равнымъ нулю, вслѣдствіе чего долгота перигелія должна была измѣниться сразу на 180°

До 1897 г. только два раза одну и ту же планету открыли при помощи фото-

графіи одновременно два наблюдателя. Это объясняется, конечно, тѣмъ, что къ отысканію астероидовъ примѣняютъ фотографію главнымъ образомъ только два астронома: Максъ Вольфъ, въ Гейдельбергѣ, и Шарлуа, въ Ниццѣ, и, кромѣ того, оба они вслѣдствіе различныхъ причинъ до сихъ поръ весьма рѣдко работали одновременно, какъ это легко усмотрѣть изъ таблицъ, помѣщенныхъ въ концѣ книги.

* Изъ планетъ, открытыхъ въ новѣйшее время фотографическимъ путемъ, обратимъ вниманіе читателя на одну, которая замѣчательна тѣмъ, что она подходитъ къ землѣ ближе всѣхъ другихъ планетъ. Въ Берлинѣ существуетъ общество «Уранія», имѣющее цѣлью распространеніе научныхъ знаній среди народа. Этому обществу принадлежитъ астрономическая обсерваторія, на которой, между прочимъ, имѣется приборъ для фотографированія неба. Виттъ, работающій на этой обсерваторіи, въ августѣ 1898 года отыскивалъ при помощи фотографіи планету Евнику, которая съ 1889 года ни разу не наблюдалась. На полученномъ послѣ двухчасовой экспозиціи снимкѣ Виттъ нашелъ не только Евнику, но и еще двѣ планеты, изъ которыхъ одна, Альтея, была извѣстна уже и раньше, а другая представляла собою совершенно новое небесное тѣло. Это послѣднее поразило Витта тѣмъ, что его отпечатокъ на пластинкѣ имѣлъ видъ необыкновенно длинной полоски, и потому Виттъ сначала принялъ это тѣло за комету. Но, направивъ на новое свѣтило 12-дюймовый рефракторъ, принадлежащій той же обсерваторіи, онъ тотчасъ же убѣдился, что это была малая планета 10-ой или 11-ой величины. Слѣдовательно, значительная длина полоски на фотографической пластинкѣ обусловливалась исключительно быстрымъ перемѣщеніемъ новой планеты среди неподвижныхъ звѣздъ, а это, въ свою очередь, зависѣло отъ того, что планета находилась въ то время сравнительно близко къ землѣ. Въ ту же самую ночь эта планета была сфотографирована также астрономомъ Шарлуа въ Ниццѣ, но только ученый міръ былъ оповѣщенъ объ этомъ уже послѣ того, какъ открытіе Витта сдѣлалось общимъ достояніемъ. Новая планета предварительно была обозначена буквами DQ. Ея орбита, на основаніи наблюденій Витта, была вычислена Берберихомъ. При этомъ оказалось, что ея среднее разстояніе отъ солнца равняется 1,461, если за единицу разстояній принять, какъ всегда, среднее разстояніе отъ земли до солнца. Такимъ образомъ, среднее разстояніе отъ солнца этой новой планеты, которая окончательно была обозначена нумеромъ (433) и которая, по предложенію Витта, была названа Эросомъ, меньше средняго разстоянія Марса отъ солнца, равнаго, какъ извѣстно, 1,523. Относительные размѣры и взаимное расположеніе орбитъ Эроса, земли и Марса представлены на рисункѣ 133. Такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Эроса достигаетъ весьма значительной величины 0,22, то эта планета, при прохожденіи черезъ

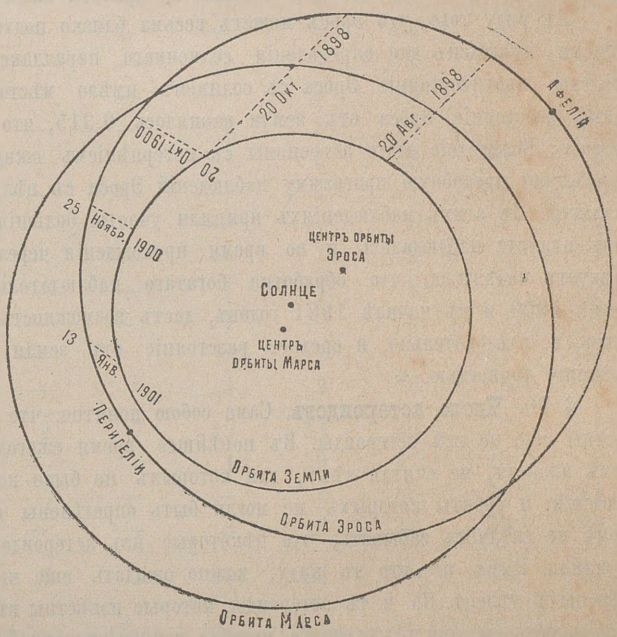


Рис. 133.

перигелій, подходитъ весьма близко къ земной орбитѣ. При наиболѣе благопріятныхъ обстоятельствахъ разстояніе Эроса отъ земли можетъ сдѣлаться равнымъ 0,156, что составляетъ приблизительно 23 300 000 километровъ. Такая благопріятная оппозиція, между прочимъ, имѣла мѣсто въ 1894 г., и удивительно, что въ то время никто не замѣтилъ этой планеты, которая, къ тому же, была тогда восьмой величины. Еще болѣе достойно сожалѣнія то обстоятельство, что, собственно, въ то время были получены фотографическіе снимки съ этой планеты, но только на эти снимки не было обращено надлежащаго вниманія. Узнали же объ этомъ слѣдующимъ образомъ. На основаніи многочисленныхъ наблюденій Эроса, произведенныхъ во время его оппозиціи въ 1898 г., американскій астрономъ Чендлеръ вычислилъ эфемериду планеты для времени съ 1893 до 1898 г. Пользуясь этой эфемеридой, г-жа Флемингъ отыскала на фотографическихъ снимкахъ, хранящихся въ гарвардской обсерваторіи, въ американскомъ Кембриджѣ, отпечатки Эроса для 1896 г., а затѣмъ для конца 1893 и для начала 1894 годовъ. Всего, такимъ образомъ, было найдено 23 старыхъ наблюденія Эроса. На основаніи фотографій, полученныхъ въ 1894 г., можно заключить, что тогда эта планета по яркости была 8,2 величины.

Въ виду того, что Эросъ можетъ весьма близко подходить къ землѣ, онъ въ высшей степени пригоденъ для опредѣленія солнечнаго параллакса (§ 57). Сравнительно благопріятное противостояніе Эроса съ солнцемъ имѣло мѣсто въ концѣ 1900 года. Въ это время разстояніе Эроса отъ земли равнялось 0,315, что составляетъ 48 000 000 километровъ. Вслѣдствіе этого астрономы съ нетерпѣніемъ ожидали этой оппозиціи и заранѣе выработали подробную программу наблюденій Эроса съ цѣлью опредѣленія солнечнаго параллакса. Въ этихъ наблюденіяхъ приняли участіе большія обсерваторіи всего міра, причемъ планета наблюдалась и во время прохожденія черезъ меридіанъ, и внѣ меридіана. Слѣдуетъ надѣяться, что обработка богатаго наблюдательнаго матеріала, собраннаго въ концѣ 1900 и въ началѣ 1901 годовъ, дастъ возможность опредѣлить солнечный параллаксъ, а, слѣдовательно, и среднее разстояніе отъ земли до солнца съ большею противъ прежняго точностью. *

§ 70. **Число астероидовъ.** Само собою понятно, что въ настоящее время намъ извѣстны еще не всѣ астероиды. Въ новѣйшее время ежегодно открывалось болѣе 20 малыхъ планетъ, не считая тѣхъ, для которыхъ не было получено достаточнаго числа наблюденій, и орбиты которыхъ не могли быть опредѣлены съ достаточной точностью. При этомъ не слѣдуетъ забывать, что нѣкоторые изъ астероидовъ были открыты совершенно случайно. Имѣя все это въ виду, можно ожидать еще многочисленныхъ открытій этихъ небесныхъ тѣлецъ. Но и тѣ астероиды, которые извѣстны въ настоящее время, даютъ намъ возможность составить нѣкоторое понятіе о многочисленной группѣ этихъ небесныхъ тѣлъ.

По мѣрѣ того какъ число астероидовъ увеличивается, яркость вновь открываемыхъ малыхъ планетъ, въ среднемъ, замѣтнымъ образомъ уменьшается. Раздѣлимъ первые 400 астероидовъ на группы, по 25 въ каждой группѣ, и расположимъ эти группы въ хронологическомъ порядкѣ. Тогда для планетъ, принадлежащихъ къ каждой такой группѣ, средняя яркость m для времени оппозиціи представится слѣдующими числами:

Планеты	m	Планеты	m	Планеты	m	Планеты	m
1— 25	9,26	101—125	11,20	201—225	12,06	301—325	12,56
26— 50	10,62	126—150	11,36	226—250	12,50	326—350	12,30
51— 75	11,06	151—175	11,98	251—275	12,84	351—375	12,19
76—100	11,35	176—200	11,69	276—300	13,22	376—400	12,09
1—100	10,57	101—200	11,56	201—300	12,64	301—400	12,28

Еще поучительнѣе сравненіе между собой чиселъ астероидовъ различной яркости въ каждой изъ вышеприведенныхъ группъ. При этомъ собственно слѣдовало бы ввести въ

разсмотрѣніе ту яркость, которую каждая планета имѣла во время открытія, и которая вслѣдствіе большого эксцентриситета орбитъ нѣкоторыхъ астероидовъ можетъ довольно значительно отличаться отъ средней яркости во время оппозиціи, если планета была открыта вблизи перигелія или афелія. Но такъ какъ мы не имѣемъ въ виду производить точныхъ изслѣдованій, а желаемъ представить вопросъ лишь въ общемъ освѣщеніи, то мы безъ всякихъ дальнѣйшихъ разсужденій можемъ для всѣхъ планетъ взять среднія яркости во время оппозицій. Въ нижеслѣдующей табличкѣ тѣ планеты, яркость которыхъ заключается между 8,0 и 8,9, мы относимъ къ свѣтиламъ 8-ой величины; тѣ, яркость которыхъ заключается между 9,0 и 9,9,—къ свѣтиламъ 9-ой величины и т. д.

Планеты	ярче 8 вел.	8 вел.	9 вел.	10 вел.	11 вел.	12 вел.	слабѣе 12 вел.
1— 25 . .	2	7	11	5	—	—	—
26— 50 . .	—	—	6	10	7	2	—
51— 75 . .	—	—	2	10	10	3	—
76—100 . .	—	—	—	9	13	2	1
101—125 . .	—	—	—	8	14	3	—
126—150 . .	—	—	—	7	13	5	—
151—175 . .	—	—	—	1	12	9	3
176—200 . .	—	—	1	3	8	11	2
201—225 . .	—	—	—	2	10	10	3
226—250 . .	—	—	—	1	8	7	9
251—275 . .	—	—	—	—	5	7	13
276—300 . .	—	—	—	1	2	6	16
301—325 . .	—	—	1	2	2	9	11
326—350 . .	—	—	1	—	6	12	6
351—375 . .	—	—	—	2	8	10	5
376—400 . .	—	—	1	2	6	8	8
1—100 . .	2	7	19	34	30	7	1
101—200 . .	—	—	1	19	47	28	5
201—300 . .	—	—	—	4	25	30	41
301—400 . .	—	—	3	6	24	39	30
1—400 . .	2	7	23	63	126	104	77

Правильность, которую мы замѣчаемъ на основаніи этой таблицы въ убываніи яркостей новыхъ планетъ, позволяетъ намъ съ большой вѣроятностью заключить, что наиболѣе яркіе члены этой группы небесныхъ тѣлъ намъ извѣстны уже почти въ полномъ своемъ составѣ, и что въ будущемъ мы можемъ надѣяться открывать въ большомъ числѣ лишь болѣе слабыя планеты, именно слабѣе 11-ой величины. Эти заключенія вполнѣ подтверждаются весьма интереснымъ сообщеніемъ астронома Шарлуа о работѣ, предпринятой имъ въ Ниццѣ съ цѣлью отысканія новыхъ астероидовъ при помощи фотографіи.

Съ 13 сентября 1892 г. до 9 октября 1894 г. онъ получилъ всего 142 клише, имѣющихъ форму квадрата со стороною въ 11^0, причемъ въ томъ случаѣ, когда нѣкоторая часть неба снималась два раза, оба эти снимка считались за одинъ. На 50 изъ этихъ клише не было найдено ни одной планеты, по крайней мѣрѣ ярче 12-ой или 13-ой величины. Остальныя 92 пластинки заключали 176 различныхъ планетъ, изъ которыхъ 131 были извѣстны уже раньше, а 45 оказались совершенно новыми. По яркости всѣ эти планеты распредѣляются слѣдующимъ образомъ:

	Ярче 8 вел.	9 вел.	10 вел.	11 вел.	12 вел.	Слабѣе 12 вел.	Всего.
Старыя планеты . . .	6	6	23	44	41	11	131
Новыя планеты . . .	—	2	1	7	20	15	45
Всего . . .	6	8	24	51	61	26	176

Внимательно разсматривая вышеприведенныя числа, мы убѣждаемся, что до 12-ой величины включительно число получающихся на фотографическихъ пластинкахъ астероидовъ тѣмъ больше, чѣмъ слабѣе эти астероиды, послѣ же 12-ой величины число ихъ на пластинкахъ быстро падаетъ. Было бы преждевременно выводить отсюда заключеніе, что число астероидовъ слабѣе 12-ой величины сравнительно невелико; скорѣе слѣдуетъ думать, что фотографированіе болѣе слабыхъ астероидовъ недоступно имѣющимся въ настоящее время въ нашемъ распоряженіи вспомогательнымъ средствамъ.

Съ другой стороны достойно вниманія то обстоятельство, что до 11-ой величины включительно старыхъ астероидовъ получается на пластинкахъ гораздо больше, чѣмъ новыхъ; въ случаѣ же болѣе слабыхъ малыхъ планетъ перевѣсъ постепенно переходитъ на сторону новыхъ. Это служитъ явнымъ признакомъ того, что болѣе яркіе члены этой группы небесныхъ тѣлъ намъ уже извѣстны почти въ полномъ своемъ составѣ.

Вышеприведенныя таблицы, повидимому, указываютъ также на то, что общее число малыхъ планетъ въ дѣйствительности значительно меньше, чѣмъ обыкновенно склонны думать. Впрочемъ, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что прежде съ надеждой на успѣхъ изслѣдовали, съ цѣлью отысканія новыхъ астероидовъ, только тѣ лежащія вблизи эклиптики части небесной сферы, въ которыхъ эклиптика не пересѣкается млечнымъ путемъ. И дѣйствительно, братьямъ Анри при продолженіи эклиптикальныхъ картъ Шакорнака пришлось натолкнуться на большія трудности, когда они сдѣлали первую попытку фотографированія неба въ области млечнаго пути. Еще и въ настоящее время обыкновенно не фотографируютъ этихъ областей неба, если дѣло идетъ объ открытіи астероидовъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ изслѣдованіе фотографическихъ пластинокъ, заполненныхъ огромнымъ числомъ слабыхъ звѣздъ, представляетъ необыкновенно трудную работу и требуетъ очень много времени.

Съ другой стороны, надо имѣть въ виду также и слѣдующее обстоятельство. Будемъ соединять такія малыя планеты, для которыхъ средняя яркость во время оппозиціи одинакова, въ группы по 20 планетъ въ каждой, въ хронологическомъ порядкѣ ихъ открытія. Въ такомъ случаѣ, распространяя наше изслѣдованіе на первые 300 астероидовъ и оставляя въ сторонѣ лишь весьма немногіе изъ нихъ, мы изъ астероидовъ 10-ой величины можемъ образовать три такихъ группы, изъ астероидовъ 11-ой величины — шесть и изъ астероидовъ 12-ой величины—пять. Среднія ариѳметическія изъ наклонностей для каждой такой группы по вычисленіямъ Берберіха представляются слѣдующими числами:

Величина	I	II	III	IV	V	VI
10	7,8°	9,2°	10,5°	—	—	—
11	6,4	8,4	8,8	9,4°	11,8°	9,2°
12	6,2	7,3	8,1	8,3	9,5	—

Въ числѣ первыхъ 100 планетъ насчитывается только 19 девятой величины, причемъ средняя наклонность ихъ орбитъ составляетъ 6,3°. Средняя наклонность орбитъ 4 планетъ той же яркости, входящихъ въ составъ второй и третьей сотенъ астероидовъ, равняется 11,9°. Наконецъ, въ вышеприведенной табличкѣ еще не приняты во вниманіе 3 планеты 10-ой величины со среднею наклонностью въ 15,9°. Числа предыдущей таблички даютъ возможность заключить, что чѣмъ позже открытъ астероидъ, тѣмъ больше, въ среднемъ, его наклонность. Это легко можетъ быть объяснено. Планеты, движущіяся въ плоскостяхъ, мало наклоненныхъ къ плоскости эклиптики, при прохожденіи черезъ эту послѣднюю

дольше находятся вблизи нея, чѣмъ такія планеты, орбиты которыхъ обладаютъ значительною наклонностью. Вслѣдствіе этого при отыскиваніи планетъ при помощи эклиптикальныхъ картъ астрономы должны были чаще открывать планеты съ малыми наклонностями, чѣмъ съ большими, и потому первыя должны быть намъ извѣстны въ настоящее

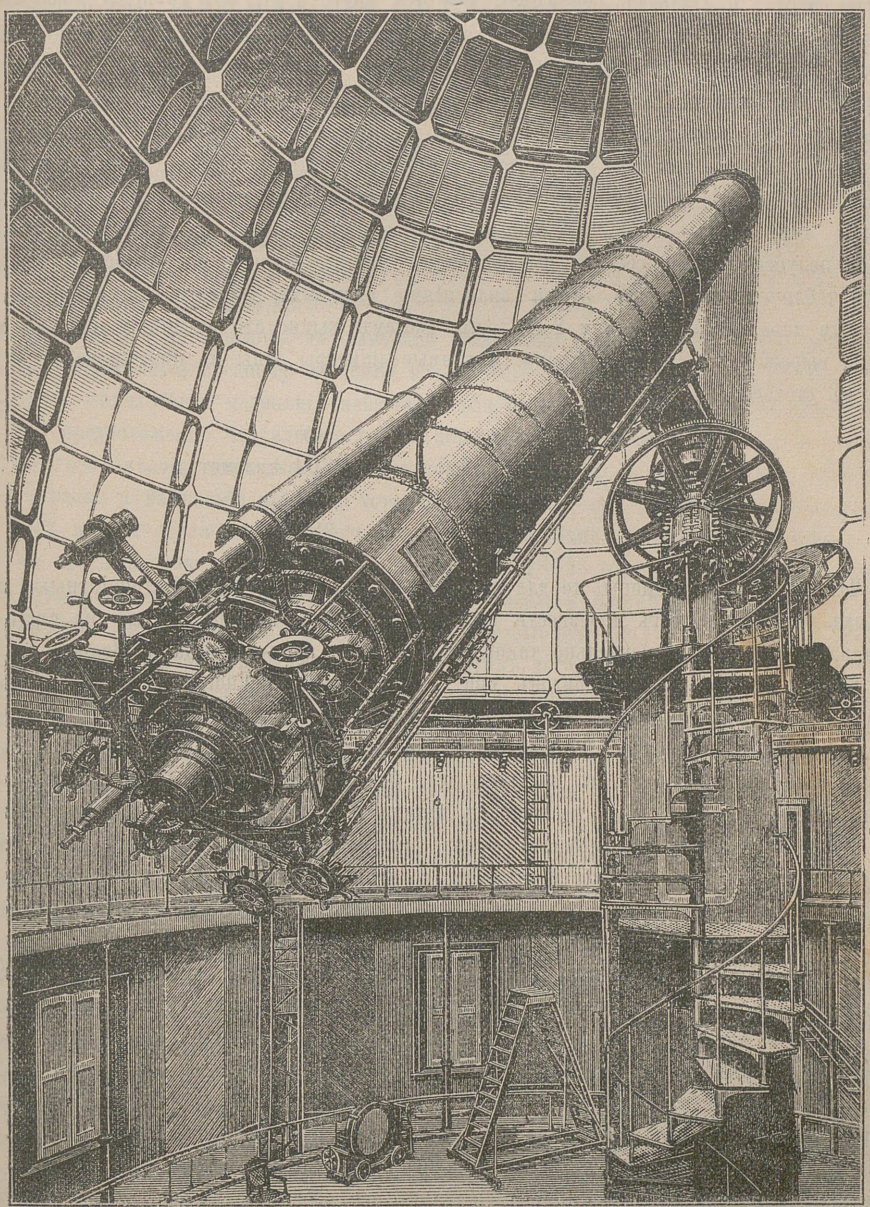


Рис. 134.

время въ болѣе полномъ составѣ, чѣмъ послѣднія. Сопоставляя все вышесказанное, мы можемъ вывести, вѣроятно, довольно близкое къ истинѣ заключеніе, что изъ астероидовъ не слабѣе 11-ой величины намъ извѣстны почти всѣ такіе, которые при прохожденіи черезъ эклиптику не находятся вблизи млечнаго пути и орбиты которыхъ наклонены къ плоскости эклиптики подъ небольшими углами.

§ 71. **Размѣры астероидовъ.** Вскорѣ послѣ открытія первыхъ 4 астероидовъ В. Гершель и Шретеръ, въ распоряженіи которыхъ находились самые могущественные для того времени телескопы, пытались опредѣлить діаметры этихъ небесныхъ тѣлъ непосредственными измѣреніями, но они получили весьма несогласные другъ съ другомъ результаты, откуда и слѣдовало заключить, что ихъ инструменты все-же были недостаточны для такого рода изслѣдованій. Столь же неуспѣшными оказались и позднѣйшія попытки Ламона, Галле, Медлера, Секки и др. Первымъ пригоднымъ для такихъ измѣреній инструментомъ оказался гигантскій рефракторъ Ликской обсерваторіи съ объективомъ въ 36 дюймовъ, изображенный на рис. 134. При помощи этого инструмента Барнарду удалось, повидимому, съ большою точностью опредѣлить діаметры Цереры, Паллады и Весты. Вычисляя на основаніи наблюденій Барнарда видимые діаметры этихъ планетъ, соотвѣтствующіе тому случаю, когда эти планеты отстоятъ отъ солнца на разстояніи, равномъ большой полуоси земной орбиты, мы получаемъ числа, стоящія въ столбцѣ d нижеслѣдующей таблички. Пользуясь этими значеніями видимыхъ діаметровъ и принимая для солнечнаго параллакса величину 8.85″, мы можемъ вычислить истинные діаметры астероидовъ, выраженные въ километрахъ. Истинные діаметры даны въ нижеприведенной таблицѣ въ столбцѣ D.

Планеты.	d	D
Церера	1,115″	804 километра.
Паллада	0,675	486 »
Веста	0,536	386 »

Что же касается Юноны, то для нея Барнардъ, вслѣдствіе неблагопріятныхъ атмосферныхъ условій, не могъ произвести точныхъ измѣреній. По оцѣнкѣ же на глазъ она представлялась ему приблизительно такой же величины, какъ Паллада и Веста.

Кромѣ 4 старыхъ астероидовъ еще лишь весьма немногіе обладаютъ дисками, доступными для измѣреній; всѣ же остальныя малыя планеты представляются намъ даже въ самые сильные телескопы, подобно неподвижнымъ звѣздамъ, въ видѣ свѣтлыхъ точекъ. Поэтому были сдѣланы попытки получить хотя бы приблизительное представленіе о величинѣ этихъ небесныхъ тѣлъ косвеннымъ путемъ на основаніи слѣдующихъ соображеній.

Яркость какого-нибудь небеснаго тѣла, получающаго свое освѣщеніе отъ солнца, зависитъ какъ отъ его способности отражать солнечные лучи, такъ и отъ его объема; при этомъ предполагается, что намъ извѣстно легко поддающееся опредѣленію вліяніе разстоянія этого небеснаго тѣла отъ солнца и отъ земли на его освѣщеніе. Слѣдовательно, если мы знаемъ отражательную способность (такъ называемое альбедо) и объемъ какой-нибудь планеты, то мы можемъ опредѣлить ея яркость для любого момента наблюденій. Обратно, зная альбедо и яркость планеты, мы легко можемъ вычислить ея объемъ. Такой способъ впервые былъ употребленъ знаменитымъ французскимъ астрономомъ Леверрье для доказательства видимости новой планеты, на существованіе которой онъ тогда указывалъ, и которая по предположенію должна была находиться отъ солнца дальше, чѣмъ Уранъ (глава X). Этимъ же способомъ пятью годами позже воспользовался Штампферъ для опредѣленія объемовъ астероидовъ. Слѣдовательно, въ обоихъ случаяхъ необходимо было знать альбедо изслѣдуемаго небеснаго тѣла. Для большихъ планетъ, напротивъ того, альбедо можетъ быть вычислено, такъ какъ ихъ объемъ и яркость извѣстны. Относящіяся сюда изслѣдованія привели къ заключенію, что альбедо для различныхъ планетъ весьма различно. Наиболѣе точныя и обширныя наблюденія этого рода были произведены Цельнеромъ и Мюллеромъ. Результаты, полученные обоими этими наблюдателями, мы даемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ. Чтобы сдѣлать эти результаты сравнимыми между собой, въ томъ и другомъ рядѣ наблюденій за единицу принято альбедо Марса.

Планеты.	Альбедо по Цельнеру.	Альбедо по Мюллеру.	Планеты.	Альбедо по Цельнеру.	Альбедо по Мюллеру.
Меркурій .	0,43	0,64	Сатурнъ . .	1,87	3,28
Венера . .	2,33	3,44	Ураиъ . . .	2,40	2,73
Марсъ . . .	1,00	1,00	Нептунъ .	1,74	2,36
Юпитеръ .	2,34	2,79			

Всѣ планеты въ отношеніи альбедо, какъ это видно изъ предыдущей таблички, рѣзко раздѣляются на двѣ группы. Для Венеры и для 4 верхнихъ планетъ, начиная съ Юпитера, т.-е. для такихъ планетъ, которыя, повидимому, окружены плотными атмосферами, альбедо по изслѣдованіямъ Мюллера составляетъ въ среднемъ 2,92, и, слѣдовательно, оно гораздо больше, чѣмъ для остальныхъ двухъ планетъ—Меркурія и Марса, для которыхъ въ среднемъ оно равняется только 0,82. Точно также и для луны, которая, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, лишена атмосферы, альбедо по изслѣдованіямъ Цельнера весьма мало, а именно оно равно 0,63.

Что касается астероидовъ, то наиболѣе цѣлесообразнымъ является допущеніе, что ихъ альбедо равняется среднему значенію изъ альбедо Марса и Меркурія, такъ какъ весьма невѣроятно, чтобы такія маленькія небесныя тѣла были окружены плотными атмосферами. Впрочемъ предположеніе, что альбедо всѣхъ астероидовъ одинаково, во всякомъ случаѣ тоже довольно смѣлое, такъ какъ у нѣкоторыхъ астероидовъ неоднократно замѣчалась особая окраска и измѣненіе яркости, хотя, къ сожалѣнію, на такого рода наблюденія до сихъ поръ вообще обращали слишкомъ мало вниманія. Напр., цвѣтъ планеты Ириды почти такой же красный, какъ и цвѣтъ Марса. Въ концѣ 1862 года Фригга, которая въ то время находилась на небѣ недалеко отъ Ферониіи, казалась Петерсу яркобѣлой въ сравненіи съ этой послѣдней; Барнарду во время его вышеупомянутыхъ измѣреній Паллада и Веста казались желтоватыми, а Церера, напротивъ того, бѣлой и т. д. Харрингтонъ полагаетъ, что онъ замѣтилъ ясные слѣды измѣненія яркости Весты; точно также Э. Вейсъ относитъ къ числу перемѣнныхъ по яркости астероидовъ планету Дорисъ, которая во время оппозиціи 1860 года казалась ему то ярче, то слабѣе другой планеты Аріадны. * Въ 1901 году Опольцеръ обратилъ вниманіе астрономовъ на то, что планета Эросъ также мѣняется по яркости. Многочисленныя фотометрическія наблюденія надъ этой планетой привели къ заключенію, что эта планета въ теченіе $2^1/_2$ часовъ мѣняла яркость въ предѣлахъ одной звѣздной величины. Во время этихъ наблюденій Эросъ представлялся слабой звѣздочкой 9-ой или 10-ой величины. Подобныя измѣненія яркости малыхъ планетъ можно объяснить или существованіемъ пятенъ на ихъ поверхности или тѣмъ, что эти планеты, вращаясь около оси, обращаютъ къ намъ постепенно различныя свои части, имѣющія различныя отражательныя способности. Что касается Эроса, то французскій астрономъ Андре для объясненія наблюдаемыхъ у него измѣненій яркости предположилъ, что онъ представляетъ изъ себя двойную планету. Обѣ эти планеты обращаются около ихъ общаго центра тяжести. Когда обѣ онѣ проектируются на небесной сферѣ одна подлѣ другой, мы замѣчаемъ увеличеніе яркости. Когда одна скрыта за другой, наблюдается уменьшеніе яркости. Но во всякомъ случаѣ этотъ вопросъ еще нельзя считать окончательно рѣшеннымъ. *

Насколько ненадежны опредѣленія діаметровъ астероидовъ по ихъ яркостямъ на основаніи изложенныхъ выше соображеній, наглядный примѣръ тому представляютъ три планеты—Церера, Паллада и Веста. Вычисляя размѣры планетъ по этому способу, мы находимъ, что Церера и Веста по величинѣ приблизительно равны между собой, и даже Веста нѣсколько больше Цереры, а Паллада является наименьшей изъ всѣхъ трехъ. По измѣреніямъ же Барнарда Веста оказывается наименьшей изъ этихъ трехъ планетъ, за ней слѣдуетъ Паллада, и наконецъ Церера превосходитъ по величинѣ и Весту, и Палладу, и ея діаметръ въ два слишкомъ раза больше діаметра Весты. Но хотя фотометрическими

опредѣленіями діаметровъ малыхъ планетъ приходится пользоваться лишь по необходимости, за неимѣніемъ другихъ лучшихъ способовъ, тѣмъ не менѣе и такого рода оцѣнка даетъ намъ возможность составить общее представленіе о размѣрахъ этихъ небесныхъ тѣлъ. Поэтому въ концѣ книги въ таблицѣ, относящейся къ астероидамъ, мы даемъ также величины діаметровъ этихъ тѣлъ, вычисленныя по формулѣ Штампфера, въ которой для отношенія яркостей свѣтилъ двухъ сосѣднихъ классовъ мы вмѣсто принятаго имъ числа 2,56 взяли общеупотребительное теперь число 2,50; при этихъ вычисленіяхъ яркости малыхъ планетъ мы заимствовали изъ Berliner Jahrbuch'a и альбедо астероидовъ приняли равнымъ 0,82. Къ этому считаемъ необходимымъ еще прибавить, что діаметры небесныхъ тѣлъ обратно пропорціональны корнямъ квадратнымъ изъ альбедо. Поэтому, если бы мы для альбедо астероидовъ приняли какое-нибудь другое число, напр., если бы мы допустили, что ихъ альбедо равняется альбедо другихъ большихъ планетъ, т.-е. 2,92, то мы должны были бы приведенные въ концѣ книги діаметры астероидовъ уменьшить въ отношеніи $\sqrt{0{,}82} : \sqrt{2{,}92}$ или приблизительно въ отношеніи 1 : 1,9. Наконецъ, необходимо еще замѣтить, что діаметры Цереры, Паллады и Весты въ указанной таблицѣ даны на основаніи упомянутыхъ выше измѣреній Барнарда.



Рис. 135.

Такимъ образомъ по новѣйшимъ нашимъ свѣдѣніямъ Церера является наибольшей изъ малыхъ планетъ. Такъ какъ ея діаметръ составляетъ 804 километра, то поверхность ея немного больше 2 милліоновъ квадратныхъ километровъ, и, слѣдовательно, она превосходитъ приблизительно въ три раза поверхность Австро-Венгріи и въ четыре раза поверхность Германіи. Поверхность слѣдующей по величинѣ планеты—Паллады лишь немного больше поверхности Австро-Венгріи. Изъ нашей луны, которая принадлежитъ къ числу самыхъ малыхъ тѣлъ нашей солнечной системы, можно было бы сдѣлать 80 такихъ шаровъ, какъ Церера, и болѣе 350 такихъ шаровъ, какъ Паллада. * На рис. 135 представлены сравнительные размѣры земли и первыхъ четырехъ астероидовъ: Цереры, Паллады, Весты и Юноны. *

Наименьшіе изъ извѣстныхъ въ настоящее время астероидовъ обладаютъ діаметромъ, равнымъ круглымъ числомъ 15 километрамъ. Поверхность любого изъ такихъ астероидовъ составляетъ 700 квадратныхъ километровъ и, слѣдовательно, равняется приблизительно поверхности острова Менорки. Объемъ такого астероида равенъ 1800 кубическихъ километровъ, такъ что изъ нашей луны можно было бы сдѣлать свыше 12 милліоновъ такихъ планетокъ. При такъ называемомъ кругосвѣтномъ путешествіи на такомъ маленькомъ небесномъ тѣлѣ пришлось бы пройти всего только 47 километровъ или приблизительно 6 географическихъ миль. Хорошій ходокъ безъ труда могъ бы совершить такое путешествіе въ одинъ день! При предположеніи, что плотность такого астероида равна плотности земли, напряженіе силы тяжести на его поверхности было бы въ 850 разъ меньше, чѣмъ на поверхности земли. Это значитъ, что тѣло, которое у насъ на землѣ вѣситъ 1 килограммъ, на поверхности такого астероида оказывало бы на подставку такое же давленіе, какое на землѣ оказываетъ тѣло, вѣсящее только 1,2 грамма.

Мы видимъ, что здѣсь открывается полный просторъ нашей фантазіи: съ одной стороны, мы можемъ представить себѣ, что эти небесныя тѣла населены существами, подобными намъ; съ другой же стороны мы могли бы въ самыхъ красивыхъ краскахъ говорить о пигмеяхъ, находящихся въ полномъ соотвѣтствіи съ размѣрами этихъ крошечныхъ міровъ. Но вмѣсто этого мы ограничимся указаніемъ на то, что астероиды по своимъ размѣрамъ являются чѣмъ-то среднимъ между планетами и метеорами (глава XIV), совершенно такъ

же, какъ по наклонностямъ и эксцентриситетамъ своихъ орбитъ (Полигимнія и Ева, напр., въ афеліи отстоятъ отъ солнца вдвое дальше, чѣмъ въ перигеліи) они представляютъ, такъ сказать, переходъ отъ планетъ къ кометамъ.

§ 72. **Масса астероидовъ и ихъ происхожденіе.** До сихъ поръ еще не удалось опредѣлить массу ни одного изъ астероидовъ. Единственное, что можно сдѣлать въ этомъ отношеніи, это указать крайній предѣлъ, превзойти котораго не можетъ общая сумма массъ всѣхъ астероидовъ. Еще Леверрье, когда было извѣстно лишь небольшое число членовъ этой группы, показалъ, что въ томъ случаѣ, если бы сумма массъ астероидовъ равнялась массѣ земли, геліоцентрическая долгота перигелія Марса должна была бы подъ вліяніемъ этихъ тѣлецъ измѣняться на 11″ въ столѣтіе. Принимая во вниманіе то обстоятельство, что во время оппозицій Марса вслѣдствіе его значительнаго приближенія къ землѣ такое смѣщеніе его перигелія замѣтнымъ образомъ сказывалось бы на геоцентрическихъ положеніяхъ этой планеты, Леверрье пришелъ къ убѣжденію, что въ долготѣ перигелія орбиты Марса не можетъ заключаться ошибки, которая бы была равна даже четвертой части вышеуказаннаго измѣненія. Отсюда слѣдуетъ заключить, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ, обращающихся около солнца въ пространствѣ между Марсомъ и Юпитеромъ, не можетъ превзойти одной четвертой части массы земли.

При нашихъ современныхъ свѣдѣніяхъ о группѣ астероидовъ мы съ большою вѣроятностью можемъ заключить, что и въ будущемъ сумма массъ этихъ небесныхъ тѣлъ не достигнетъ указаннаго предѣла. Имѣя въ виду, что 1) въ настоящее время наиболѣе яркіе и, слѣдовательно, наиболѣе значительные по своимъ размѣрамъ астероиды извѣстны намъ почти въ полномъ своемъ составѣ (§ 70), что 2) согласно съ вышесказаннымъ необходимы милліоны менѣе значительныхъ по величинѣ малыхъ планетъ, чтобы составить тѣло, по объему равное нашей лунѣ, и что 3) масса луны составляетъ только $^1/_{80}$ массы земли, мы съ полнымъ правомъ можемъ допустить, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ заключается въ предѣлахъ отъ $^1/_{10}$ до $^1/_{20}$ массы луны или отъ $^1/_{800}$ до $^1/_{1500}$ массы земли. * Интересны изслѣдованія, произведенныя относительно астероидовъ въ самое новѣйшее время директоромъ Берлинскаго Вычислительнаго Института Баушингеромъ. Этотъ ученый полагаетъ, что изъ всѣхъ астероидовъ, включая сюда также и тѣ, которые будутъ открыты впослѣдствіи, можно образовать шаръ съ діаметромъ, равнымъ 1320 километрамъ. Объемъ такого шара въ 900 разъ меньше объема земли, и если мы примемъ, что средняя плотность астероидовъ составляетъ двѣ трети средней плотности земли, то сумма массъ всѣхъ астероидовъ должна быть въ 1350 разъ меньше массы земли и въ 17 разъ меньше массы луны. При вычисленіи объемовъ астероидовъ Баушингеръ принималъ, что альбедо этихъ тѣлецъ равняется величинѣ средней между альбедо Меркурія и Марса. Слѣдуетъ замѣтить, что на основаніи измѣреній діаметровъ Цереры, Паллады и Весты, произведенныхъ астрономомъ Ликской обсерваторіи Барнардомъ, для альбедо астероидовъ получается почти вдвое бо́льшая величина. Принимая это новое значеніе для альбедо малыхъ планетъ, мы пришли бы къ заключенію, что сумма массъ всѣхъ астероидовъ въ 40 разъ меньше массы луны. Такую оцѣнку Баушингеръ во всякомъ случаѣ не считаетъ вполнѣ точной, такъ какъ по его мнѣнію сравнительно большіе астероиды могутъ существовать вблизи орбиты Юпитера, но они недоступны нашимъ телескопамъ вслѣдствіе значительнаго разстоянія, отдѣляющаго ихъ отъ земли. Тѣмъ не менѣе вполнѣ вѣроятнымъ является предположеніе, что общая масса всей группы астероидовъ значительно меньше массы луны. *

Относительно происхожденія астероидовъ уже выше было замѣчено, что Ольберсъ считалъ ихъ осколками одной большой планеты; эта гипотеза, которая вначалѣ нашла весьма много сторонниковъ, въ новѣйшее время постепенно была совсѣмъ оставлена. И дѣйствительно, съ одной стороны, ничто не принуждаетъ насъ къ принятію гипотезы

Ольберса, и мы одинаково хорошо можемъ представить себѣ образованіе въ опредѣленномъ мѣстѣ солнечной системы какъ одной большой планеты, такъ и значительнаго числа малыхъ; съ другой же стороны, имѣются весьма важныя возраженія противъ этой гипотезы. Еще Энке показалъ, что орбиты Цереры и Паллады, открытіе которыхъ собственно и привело Ольберса къ его гипотезѣ, по всей вѣроятности никогда не пересѣкались. Затѣмъ Ньюкомбъ доказалъ то же самое относительно большого числа астероидовъ, и этотъ ученый даже придерживается того мнѣнія, что различныя яркости и различныя скорости движенія малыхъ планетъ дѣлаютъ менѣе всего вѣроятнымъ ихъ общее происхожденіе.

Другая, во всякомъ случаѣ, весьма смѣлая, но вмѣстѣ съ тѣмъ легко опровержимая гипотеза была высказана французскимъ астрономомъ Леверрье, который исходилъ изъ того положенія, что вначалѣ за открытіемъ какой-нибудь малой планеты быстро слѣдовали открытія нѣсколькихъ другихъ, а затѣмъ наступалъ болѣе или менѣе продолжительный перерывъ до новаго ряда открытій. Поэтому онъ и предложилъ такой вопросъ: не происходитъ ли образованіе этихъ тѣлецъ непосредственно передъ ихъ открытіемъ? Извѣстно, что пространство вокругъ солнца наполнено небольшими массами космической матеріи различной плотности. Различныя массы такой матеріи вслѣдствіе взаимнаго притяженія, по мнѣнію Леверрье, легко могутъ соединиться и образовать планету, которую мы сегодня видимъ въ первый разъ, такъ какъ вчера она еще не существовала.

Если же мы будемъ придерживаться Кантъ-Лапласовой гипотезы относительно образованія нашей солнечной системы, гипотезы, которая впослѣдствіи будетъ изложена подробно, то образованіе астероидовъ можетъ быть весьма просто объяснено тѣмъ, что Юпитеръ своимъ могущественнымъ притяженіемъ помѣшалъ туманной массѣ, носящейся вблизи его въ пространствѣ вокругъ солнца, сгуститься въ одно большое тѣло.

§ 73. **Распредѣленіе орбитъ астероидовъ.** Скопленіе такого большого числа планетъ въ пространствѣ, наибольшее линейное протяженіе котораго только въ три раза превосходитъ радіусъ земной орбиты, уже давно побуждало астрономовъ заняться вопросомъ, нельзя ли подмѣтить какихъ-нибудь особенностей въ распредѣленіи орбитъ астероидовъ. Прежде всего было изслѣдовано положеніе линій узловъ въ плоскости эклиптики; при этомъ оказалось, что, пока число извѣстныхъ астероидовъ было сравнительно невелико, долгота восходящаго узла для весьма многихъ изъ нихъ не очень сильно отличалась отъ 180^0 или отъ 0^0. Вначалѣ это обстоятельство сильно поразило астрономовъ, но потомъ его легко можно было объяснить вліяніемъ временъ года. Весна и осень вслѣдствіе своихъ длинныхъ и пріятныхъ ночей болѣе пригодны для отысканія астероидовъ, чѣмъ зима и лѣто, изъ которыхъ первая отличается продолжительною пасмурною погодою, а вторая представляетъ менѣе выгодъ благодаря своимъ короткимъ ночамъ и благодаря низкому въ это время положенію эклиптики надъ горизонтомъ въ мѣстахъ, лежащихъ въ среднихъ широтахъ земного шара. Такъ какъ далѣе новыя планеты отыскивались обыкновенно только вблизи эклиптики, и при этомъ, естественно, изслѣдовались прежде всего тѣ области небесной сферы, которыя кульминировали (Введ., § 9) приблизительно въ полночь, то новыя открытія дѣлались чаще всего въ тѣхъ частяхъ эклиптики, которыя весной и осенью бываютъ прямо противоположны солнцу или, по спеціальному выраженію, находятся въ противостояніи съ солнцемъ. Весной такое положеніе занимаетъ часть эклиптики, заключающаяся между 135^0 и 225^0 долготы, а осенью прямо противоположная часть, заключающаяся между 315^0 и 45^0. Этимъ и объясняется вышеуказанное распредѣленіе линій узловъ. Впрочемъ съ теченіемъ времени линіи узловъ стали распредѣляться все болѣе и болѣе равномѣрно по всей окружности.

Подобнымъ же образомъ подозрѣвавшаяся прежде связь между эксцентриситетами и наклонностями астероидовъ съ теченіемъ времени не была подтверждена, и мы можемъ

только сказать, что орбиты, характеризуемыя большими эксцентриситетами, нерѣдко обладаютъ также значительными наклонностями. Напротивъ того, съ теченіемъ времени все чаще и чаще стали встрѣчаться случаи, когда не только большая полуось a, эксцентриситетъ e, долгота восходящаго узла Ω и наклонность i были приблизительно одинаковы для нѣсколькихъ астероидовъ, но также и ихъ линіи апсидъ занимали почти одно и то же положеніе, такъ что долготы перигелія π для такихъ планетъ или были близки къ равенству, или отличались другъ отъ друга почти ровно на 180°. Впервые на это замѣчательное обстоятельство обратилъ вниманіе Р. Лютеръ по поводу планетъ Фидесъ и Майи. Впослѣдствіи отыскиваніемъ такихъ астероидовъ занимались преимущественно Кирквудъ, Монкъ, Леманъ и Маскаръ. Наиболѣе замѣчательныя изъ такихъ астероидовъ приведены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Планеты.	Ω	i	a	e	π	Планеты.	Ω	i	a	e	π
Фидесъ . .	8,1°	3,1°	2,641	0,178	67°	Клоринда.	144,8	9,0	2,339	0,082	78
Майя . .	8,3	3,1	2,645	0,175	49	Нефтисъ .	142,2	10,0	2,353	0,023	258
Клитія . .	7,6	2,4	2,665	0,043	61	Цирцея .	184,9	5,5	2,685	0,109	150
Уна. . .	9,3	3,8	2,728	0,066	56	Поликсо .	182,3	4,4	2,745	0,029	298
Эгина . .	11,0	2,1	2,589	0,106	82	Адрастея .	181,7	6,1	2,976	0,227	27
Кларисса.	7,9	3,4	2,421	0,115	59	Неметта. .	182,7	6,7	2,875	0,205	9
Эмилія . .	135,1	6,1	3,110	0,100	117	Викторія .	235,6	8,4	2,334	0,219	302
Хризеисъ.	137,8	8,8	3,072	0,101	133	Амалія . .	234,1	8,1	2,359	0,221	289
Херсилія .	145,4	3,8	2,740	0,041	86	Лахезисъ .	342,6	7,0	3,116	0,061	221
Баварія .	142,4	4,9	2,726	0,061	258	Жозефина	345,2	6,9	3,120	0,064	59

Необходимо еще прибавить, что для нѣкоторыхъ астероидовъ было замѣчено совпаденіе не пяти, а меньшаго числа элементовъ. Такое распредѣленіе орбитъ по группамъ едва ли представляетъ простую игру случая. По всей вѣроятности астероиды, принадлежащіе къ одной и той же группѣ, имѣютъ общее происхожденіе.

Не меньшаго вниманія заслуживаютъ пробѣлы, которые имѣютъ мѣсто для нѣкоторыхъ значеній большой полуоси. Если принять во вниманіе только такія планеты, которыя наблюдались по крайней мѣрѣ во время двухъ противостояній, то такіе пробѣлы существуютъ, напр., между Аріадной и Баптистиной, между которыми движется только одна планета Алиса; далѣе—между Гестіей и Свеей, между Сибиллой и Андромахой, между Чикаго и Камиллой и т. д. Эти пробѣлы, повидимому, должны быть объяснены не недостаткомъ нашихъ свѣдѣній объ астероидахъ, а особыми причинами, лежащими въ природѣ вещей. Впослѣдствіи (часть III, глава V) мы увидимъ, что возмущенія въ движеніи одной планеты подъ вліяніемъ другой могутъ достигать весьма значительныхъ величинъ въ томъ случаѣ, когда ихъ времена обращенія относятся между собой приблизительно какъ два какихъ-нибудь цѣлыхъ числа. Еще въ 1876 году Кирквудъ показалъ, что упомянутые выше пробѣлы соотвѣтствуютъ именно тѣмъ критическимъ мѣстамъ, для которыхъ времена обращенія астероидовъ и Юпитера были бы соизмѣримы другъ съ другомъ. Наиболѣе обширныя изслѣдованія въ этомъ направленіи были предприняты въ 1881 году профессоромъ Гориштейномъ; его изслѣдованія были распространены на 219 извѣстныхъ въ то время астероидовъ. Добытый тогда результатъ, состоящій въ томъ, что пробѣлы соотвѣтствуютъ тѣмъ мѣстамъ зоны малыхъ планетъ, для которыхъ времена обращенія астероида и Юпитера находились бы въ простомъ соизмѣримомъ отношеніи между собою, сохраняетъ свою силу еще и въ настоящее время, когда число извѣстныхъ астероидовъ болѣе чѣмъ удвоилось. Первый изъ вышеназванныхъ пробѣловъ соотвѣтствуетъ тому случаю, когда семь оборотовъ одного астероида почти равны 2 оборотамъ Юпитера; второй и третій про-

бѣлы—тому случаю, когда 3 или 2 оборота астероида равны одному обороту Юпитера; послѣдній самый большой пробѣлъ соотвѣтствуетъ тому случаю, когда времена обращенія астероида и Юпитера относятся между собою приблизительно или какъ 5 : 3, или какъ 7 : 4, или какъ 8 : 5, или, наконецъ, какъ 9 : 5.

Не менѣе этихъ пробѣловъ бросаются въ глаза также скопленія большого числа орбитъ астероидовъ въ нѣкоторыхъ опредѣленныхъ мѣстахъ. Два главнѣйшихъ скопленія лежатъ на среднихъ разстояніяхъ отъ солнца, равныхъ 2,7 и 3,1 (за единицу разстояній мы по обыкновенію принимаемъ среднее разстояніе отъ земли до солнца). На первомъ изъ этихъ разстояній находятся 112, а на второмъ 60 орбитъ, иначе говоря,—28% и 15% или вмѣстѣ 43% общаго числа принятыхъ въ вычисленіе орбитъ.

Кромѣ того слѣдующія два обстоятельства обращаютъ на себя особенное вниманіе. Вообразимъ себѣ нѣкоторую плоскость, представляющую среднее положеніе изъ плоскостей всѣхъ астероидовъ. Эта плоскость, какъ показываютъ вычисленія Х. А. Ньютона, почти въ точности совпадаетъ съ плоскостью орбиты Юпитера. Съ другой стороны, что касается долготъ перигеліевъ, то для многихъ астероидовъ опредѣляемыя ими линіи апсидъ занимаютъ приблизительно такое-же положеніе, какъ и линія апсидъ Юпитера. Оба эти обстоятельства могутъ быть объяснены притяженіемъ Юпитера, какъ это показалъ сначала Ньютонъ, а затѣмъ также Ньюкомбъ.

* Въ заключеніе этого параграфа считаемъ не лишнимъ привести еще нѣкоторыя статистическія свѣдѣнія, которыя мы заимствуемъ изъ весьма интересной работы Баушингера, опубликованной имъ въ самое недавнее время по поводу столѣтія со дня открытія первой малой планеты Цереры.

1) 315 астероидовъ имѣютъ наклонность меньше 10^0, 133—между 10^0 и 20^0, 29—между 20^0 и 30^0 и одна только Паллада больше 30^0.

2) 147 планетъ имѣютъ эксцентриситетъ меньше 0,10, 216—между 0,10 и 0,20, 88—между 0,20 и 0,30 и только 10 больше 0,30. Элементы 17 астероидовъ вычислены въ предположеніи, что онѣ движутся по круговымъ орбитамъ.

3) Баушингеръ раздѣляетъ всѣ малыя планеты на три слѣдующія группы: а) группа Марса, съ среднимъ движеніемъ (часть I, § 82) отъ 2015″ до 900″; б) главная группа, съ среднимъ движеніемъ отъ 900″ до 600″; в) группа Юпитера, съ среднимъ движеніемъ отъ 600″ до 400″. Къ первой изъ упомянутыхъ группъ принадлежитъ 112 планетъ, ко второй—344 и къ третьей—22. Замѣтимъ, что среднія движенія 600″ и 900″ соотвѣтствуютъ тѣмъ пробѣламъ, для которыхъ время обращенія астероида было бы въ 2 или въ 3 раза меньше времени обращенія Юпитера.

Наконецъ, нашимъ читателямъ не безъинтересно, по всей вѣроятности, будетъ узнать, что Маскаръ въ только что вышедшей въ свѣтъ его работѣ о малыхъ планетахъ приходитъ къ заключенію, что образованіе кольца астероидовъ было обусловлено тремя причинами: дѣйствію Юпитера, какъ это слѣдуетъ также изъ вышеизложеннаго, принадлежитъ преобладающее значеніе, по крайней мѣрѣ въ смыслѣ основныхъ чертъ, характеризующихъ систему этихъ небесныхъ тѣлецъ; что же касается нѣкоторыхъ частностей въ распредѣленіи астероидовъ въ самомъ кольцѣ, то здѣсь можно видѣть ясные слѣды вліянія Марса, а также и самого кольца. *

§ 74. **Возможность взаимнаго сближенія астероидовъ.** Весьма часто возбуждался вопросъ о томъ, не могутъ ли отдѣльныя небесныя тѣла нашей солнечной системы приблизиться другъ къ другу на столько, чтобы вслѣдствіе такого сближенія произошли въ ихъ движеніяхъ необыкновенно большія возмущенія. Пока были извѣстны только большія планеты, при такого рода изслѣдованіяхъ могла быть рѣчь исключительно или о взаимномъ сближеніи кометъ, или о сближеніи этихъ послѣднихъ съ планетами, такъ какъ орбиты большихъ планетъ всюду отдѣлены другъ отъ друга значительными промежутками.

Впослѣдствіи (глава XIII) мы еще будемъ говорить о взаимныхъ отношеніяхъ кометъ съ этой точки зрѣнія. Теперь же займемся изслѣдованіемъ о возможномъ взаимномъ сближеніи астероидовъ, такъ какъ этотъ вопросъ пріобрѣлъ большую важность и огромный интересъ съ тѣхъ поръ, какъ число малыхъ планетъ стало быстро увеличиваться.

Наша задача распадается на двѣ части. Прежде всего намъ предстоитъ опредѣлить, въ какихъ мѣстахъ двѣ какія-нибудь орбиты лежатъ весьма близко одна отъ другой; а затѣмъ необходимо изслѣдовать, когда соотвѣтственныя планеты проходятъ черезъ эти мѣста своихъ орбитъ приблизительно въ одно и то же время.

Точное опредѣленіе кратчайшаго разстоянія между двумя эллиптическими орбитами представляетъ собою весьма трудную задачу, рѣшеніе которой приводитъ къ очень сложнымъ формуламъ, и если бы мы пожелали производить вычисленія по этимъ формуламъ, то намъ пришлось бы потратить на это не мало времени и труда. Поэтому уже въ 1802 году, когда особенное положеніе орбитъ Цереры и Паллады впервые послужило поводомъ къ такого рода изслѣдованіямъ, для облегченія этой задачи было сдѣлано предположеніе, что кратчайшее разстояніе между двумя орбитами лежитъ на общей ихъ линіи узловъ, причемъ было необходимо опредѣлить только разность радіусовъ-векторовъ, совпадающихъ съ этой линіей; такое вычисленіе не представляло никакого труда. Но при болѣе подробномъ разсмотрѣніи легко убѣдиться, что въ нашемъ случаѣ, когда эллиптическія орбиты, обладающія различными эксцентриситетами и различнымъ образомъ расположенныя въ плоскостяхъ мало наклоненныхъ другъ къ другу, имѣютъ общій фокусъ, а не центръ, вышеупомянутое предположеніе часто можетъ привести къ весьма ошибочнымъ результатамъ. Но чтобы все-таки въ значительной степени сократить трудъ и въ то же время не прибѣгать къ способамъ, дающимъ весьма ненадежные результаты, К. Литровъ предложилъ графическое рѣшеніе задачи. Въ самомъ дѣлѣ дѣйствительное пересѣченіе двухъ кривыхъ, произвольнымъ образомъ расположенныхъ въ пространствѣ, характеризуется тѣмъ, что, откуда бы мы на нихъ ни смотрѣли, оно отовсюду будетъ казаться намъ пересѣченіемъ обѣихъ кривыхъ, и этимъ дѣйствительное пересѣченіе отличается отъ кажущагося, оптическаго, которое представляется въ видѣ пересѣченія только съ нѣкотораго опредѣленнаго мѣста. Если желательно рѣшить вопросъ о томъ, подходятъ ли двѣ орбиты въ какомъ-нибудь мѣстѣ весьма близко одна къ другой, то достаточно изслѣдовать эти орбиты, смотря на нихъ по двумъ взаимно-перпендикулярнымъ направленіямъ; если мы въ томъ и другомъ случаяхъ замѣтимъ взаимное сближеніе обѣихъ кривыхъ въ какомъ-нибудь опредѣленномъ мѣстѣ, то это послужитъ признакомъ, что и въ дѣйствительности существуетъ такое сближеніе орбитъ. Поэтому прежде всего необходимо получить проекціи каждой изъ интересующихъ насъ орбитъ какъ на плоскость эклиптики, такъ и на плоскость круга широтъ, проходящаго черезъ равноденственныя точки; затѣмъ мы должны начертить каждую изъ такихъ проекцій на отдѣльномъ листѣ прозрачной бумаги, чтобы возможно было, накладывая соотвѣтственные чертежи другъ на друга, изучить взаимное расположеніе обѣихъ орбитъ при различныхъ точкахъ зрѣнія. Образуя всевозможныя комбинаціи по двѣ для всѣхъ орбитъ астероидовъ, мы можемъ такимъ образомъ не только открыть всѣ случаи особенно тѣснаго сближенія орбитъ, но также и указать ту часть неба, гдѣ такое сближеніе имѣетъ мѣсто. Такимъ способомъ были изслѣдованы первые 82 астероида, и при этомъ было найдено 333 случая, въ которыхъ кратчайшее разстояніе двухъ орбитъ, если за единицу разстояній считать среднее разстояніе отъ земли до солнца, доходило до 0,02, что составляетъ 3000000 километровъ. Нѣкоторыя изъ изслѣдованныхъ комбинацій достойны особеннаго вниманія. Въ весьма многихъ случаяхъ элементы обѣихъ орбитъ были настолько различны, что нельзя было даже и подозрѣвать хоть сколько-нибудь значительнаго сближенія орбитъ; въ дѣйствительности же оказывалось, что эти орбиты противъ всякаго ожиданія въ одномъ, а часто и въ двухъ мѣстахъ были даже близки къ взаим-

ному пересѣченію. Тѣсное сближеніе двухъ орбитъ въ двухъ мѣстахъ, что слѣдуетъ отнести во всякомъ случаѣ къ весьма рѣдкимъ явленіямъ, наблюдалось въ 91 случаѣ. Точно также весьма замѣчательно то обстоятельство, что для нѣкоторыхъ орбитъ такое сближеніе имѣло мѣсто на весьма значительномъ протяженіи. Наиболѣе достойный вниманія примѣръ въ этомъ отношеніи представляютъ Азія и Феронія, орбиты которыхъ проходятъ въ весьма близкомъ взаимномъ разстояніи на протяженіи не менѣе, какъ 100° долготы. Поэтому, если бы обѣ эти планеты одновременно заняли положеніе, соотвѣтствующее серединѣ только-что упомянутаго протяженія, то приблизительно въ теченіе 280 дней послѣ этого момента ихъ разстояніе оставалось бы равнымъ 0,03. Для планетъ Евтерпы и Массаліи протяженіе на которомъ имѣетъ мѣсто сближеніе ихъ орбитъ, составляетъ 71°. Сближенія особенно большого числа орбитъ въ какомъ-нибудь опредѣленномъ мѣстѣ мірового пространства найдено не было; поэтому съ большою вѣроятностью можно допустить, что съ распространеніемъ разсматриваемаго здѣсь изслѣдованія на большее число астероидовъ еще явственнѣе выступитъ замѣчаемая и теперь равномѣрность въ распредѣленіи такого рода сближеній орбитъ.

Чтобы рѣшить и вторую часть предложенной нами здѣсь задачи, т.-е. чтобы изслѣдовать тѣ случаи, когда должно имѣть мѣсто дѣйствительное (физическое, а не оптическое) сближеніе интересующихъ насъ планетъ, необходимо опредѣлить для каждаго оборота разности временъ прохожденія соотвѣтственныхъ двухъ планетъ черезъ тѣ мѣста ихъ орбитъ, гдѣ разстояніе между этими послѣдними достигаетъ наименьшей величины; тѣ моменты, когда эти разности весьма близки къ нулю, и представляютъ собою моменты дѣйствительнаго сближенія планетъ.

Первые 82 астероида были изслѣдованы также и въ этомъ отношеніи. При этомъ для промежутка времени съ 1875 года до конца 1899 года было найдено 20 достойныхъ вниманія случаевъ, изъ которыхъ мы приводимъ здѣсь четыре послѣднихъ:

Діана и Леда	въ серединѣ	ноября 1895 года,
Конкордія и Эхо	» концѣ	марта 1897 года,
Калипсо и Изисъ	» серединѣ	іюня 1899 года,
Изисъ и Мелета	» началѣ	августа 1899 года.

Впрочемъ слѣдуетъ замѣтить, что такимъ сближеніямъ двухъ астероидовъ никоимъ образомъ нельзя придавать какого-нибудь особенно важнаго значенія. Даже въ томъ случаѣ, когда взаимное разстояніе двухъ астероидовъ дѣлается равнымъ 0,02 или еще меньше, вслѣдствіе чрезвычайной малости этихъ небесныхъ тѣлъ они не могутъ оказать другъ на друга сколько-нибудь замѣтнаго вліянія, такъ что и для малыхъ планетъ, въ большомъ числѣ обращающихся въ небольшомъ сравнительно пространствѣ, дѣйствительно тѣсныя сближенія принадлежатъ къ весьма рѣдкимъ явленіямъ, между тѣмъ какъ оптическія, кажущіяся сближенія случаются очень часто. Тѣмъ не менѣе не слѣдуетъ упускать изъ виду такого рода изслѣдованій, такъ какъ этотъ путь, повидимому, представляетъ единственную возможность непосредственнаго опредѣленія массъ астероидовъ.

Но если взаимныя разстоянія между этими небесными тѣлами лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ уменьшаются до разстоянія, отдѣляющаго луну отъ земли, за-то небесный сводъ, видимый съ астероидовъ, представляетъ великолѣпную картину вслѣдствіе удивительнаго богатства планетъ, которыя, благодаря близости другъ къ другу, на столько же выигрываютъ въ своей яркости, на сколько онѣ проигрываютъ вслѣдствіе своихъ малыхъ размѣровъ, и потому эти планеты, усматриваемыя съ какого-нибудь изъ астероидовъ, по своей яркости часто приравниваются къ нашимъ наиболѣе яркимъ планетамъ и даже, можетъ-быть, превосходятъ ихъ.

ГЛАВА VII.

Юпитеръ.

§ 75. **Общія свѣдѣнія.** Эту наибольшую изъ всѣхъ планетъ легко можно узнать по ея свѣтложелтому цвѣту и по ея весьма значительной яркости, которая уступаетъ только яркости Венеры. При благопріятныхъ обстоятельствахъ Юпитеръ иногда можетъ быть замѣченъ на небѣ невооруженнымъ глазомъ, даже днемъ вскорѣ послѣ восхода солнца или незадолго до его заката. Уже въ небольшія трубы Юпитеръ представляется въ видѣ довольно значительнаго диска, сопровождаемаго 4 спутниками, которые кажутся расположенными почти въ точности на одной прямой линіи, проходящей черезъ центръ диска (рис. 136). Среднее разстояніе отъ Юпитера до солнца приблизительно въ 5,2 раза больше средняго разстоянія отъ земли до солнца; слѣдовательно, оно равно 773 милліонамъ километровъ. Эксцентриситетъ орбиты Юпитера составляетъ 0,05 его средняго разстоянія, вслѣдствіе чего эта планета въ афеліи (часть I, § 76) отстоитъ отъ солнца на 811, а въ перигеліи на 736 километровъ. Разстояніе Юпитера отъ земли, при передвиженіи его изъ противостоянія съ солнцемъ въ соединеніе, измѣняется отъ 578 до 960 милліоновъ километровъ, причемъ видимый діаметръ его мѣняется отъ 51″ до 31″. ✲ На рис. 137 изображены видимые размѣры Юпитера, соотвѣтствующіе его крайнимъ и среднему разстояніямъ отъ земли. ✲

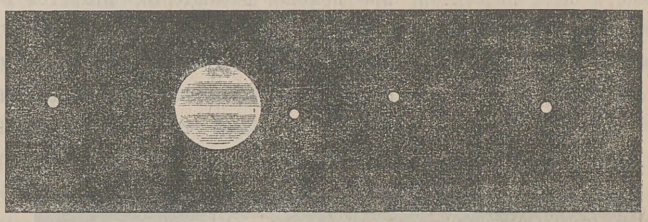


Рис. 136.

Зная видимый діаметръ и соотвѣтственное разстояніе Юпитера отъ земли, можно вычислить также и истинный діаметръ его (часть I, § 43). Истинный діаметръ этой планеты равенъ 143 760 километрамъ, и слѣдовательно онъ въ 11 разъ больше діаметра земли. Поверхность Юпитера въ 121 и его объемъ въ 1330 разъ больше поверхности и объема земли. Слѣдовательно, изъ этой планеты можно было бы сдѣлать 1330 такихъ шаровъ, какъ наша земля. ✲ Сравнительные размѣры Юпитера и земли представлены на рис. 138. ✲ Изъ солнца можно было бы сдѣлать 962 такихъ шаровъ, какъ Юпитеръ. Масса Юпитера въ 308 разъ больше массы земли. Это значитъ, что, если бы мы на одну чашку вѣсовъ положили шаръ, по величинѣ равный Юпитеру, а на другую 308 такихъ шаровъ, какъ наша земля, то вѣсы находились бы въ равновѣсіи. Зная объемъ и массу Юпитера, мы находимъ, что средняя плотность его въ четыре раза меньше средней плотности земли и, слѣдовательно, равна плотности янтаря. Несмотря на такую незначительную плотность и несмотря на быстрое вращеніе Юпитера, тѣла при свободномъ паденіи на поверхности этой планеты, вслѣдствіе ея огромной массы, проходятъ въ первую секунду 10,9 метровъ.

По своей огромной массѣ, которая приблизительно въ три раза превосходитъ сумму массъ всѣхъ остальныхъ планетъ, Юпитеръ является какъ бы вторымъ главнымъ тѣломъ нашей солнечной системы. Поэтому для астрономовъ весьма важно знать точную величину массы Юпитера, такъ какъ притягательнымъ дѣйствіемъ Юпитера обусловливается большая часть возмущеній, испытываемыхъ другими планетами, особенно астероидами, близкими къ

этому гиганту, и нѣкоторыми кометами, при своемъ движеніи почти касающимися этой планеты. На этомъ основаніи еще Ньютонъ сдѣлалъ попытку опредѣленія массы Юпитера по способу, упомянутому въ § 58, причемъ для этой цѣли онъ воспользовался четвертымъ спутникомъ Юпитера и для видимаго радіуса орбиты этого спутника принялъ значеніе, вытекающее изъ наблюденій его друга Галлея и изъ измѣреній Понда. Такимъ образомъ онъ нашелъ, что масса Юпитера составляетъ $^1/_{1067}$ массы солнца.

Но кромѣ только-что указаннаго способа опредѣленія массы планетъ есть еще другой, особенно пригодный въ случаѣ такой большой планеты, какъ Юпитеръ. Сущность этого способа состоитъ въ слѣдующемъ. Возмущенія, производимыя какою-нибудь планетою

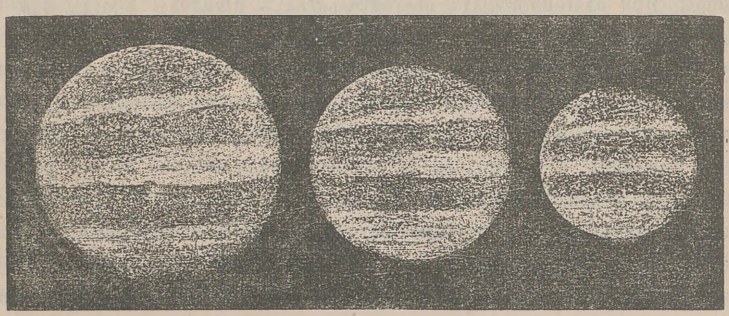


Рис. 137.

въ движеніи другихъ планетъ, тѣмъ больше, чѣмъ больше возмущающая масса; а потому и обратно—по дѣйствію, которое какая-нибудь планета оказываетъ на другую и которое можетъ быть подсчитано при помощи наблюденій, является возможность сдѣлать заключеніе о причинѣ этого дѣйствія, иначе говоря, о массѣ возмущающей планеты. Буваръ, по совѣту знаменитаго геометра Лапласа, предпринялъ опредѣленіе массы Юпитера по этому способу на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ движеніи Сатурна, и нашелъ для этой массы величину $^1/_{1070}$, что весьма немного отличается отъ вышеприведеннаго значенія массы Юпитера. Такое согласіе, повидимому, давало астрономамъ право заключить, что масса Юпитера была опредѣлена съ весьма большою точностью, и между прочимъ Лапласъ въ своей «Небесной Механикѣ» массу Юпитера считаетъ такой величиной, съ которой по точности могутъ сравниться лишь весьма немногія другія величины, употребляющіяся въ астрономіи. Однако въ движеніи малыхъ планетъ Юпитеръ производитъ гораздо болѣе значительныя возмущенія, чѣмъ въ движеніи Сатурна.

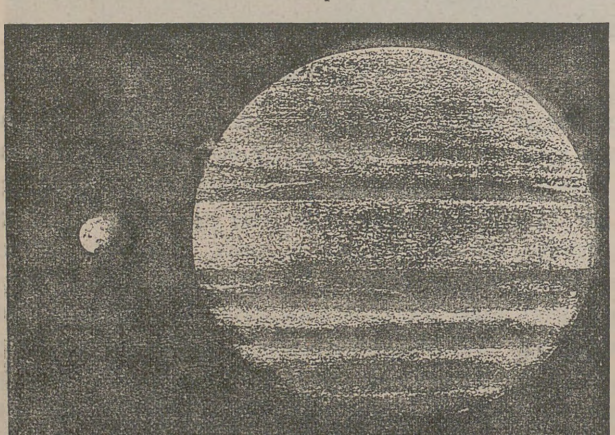


Рис. 138.

На это обстоятельство впервые обратилъ вниманіе Гауссъ, который на основаніи изслѣдованія движенія Паллады нашелъ, что масса Юпитера, считавшаяся до него весьма точною, должна быть увеличена на $^1/_{80}$ часть ея и, слѣдовательно, равняется $^1/_{1054}$ массы

солнца. Этотъ результатъ впослѣдствіи былъ подтвержденъ астрономами Николаи и Энке, изъ которыхъ первый занимался изслѣдованіемъ движенія Юноны, а второй—Весты.

Но такъ какъ астрономы все еще не могли освободиться отъ мысли о высокой точности первыхъ опредѣленій массы Юпитера на основаніи движенія его спутниковъ, и въ то же время по другому способу, въ надежности котораго также нельзя было сомнѣваться, получался совершенно другой результатъ, то явилось недоразумѣніе, высказывавшееся неоднократно уже и раньше, а именно, что притяженіе, оказываемое землей и вообще планетами на различныя тѣла, различно, и что здѣсь, можетъ-быть, приходится имѣть дѣло съ чѣмъ-то подобнымъ химическому сродству. Сообразно съ этимъ утверждали, что астероиды притягиваются Юпитеромъ съ нѣсколько бо́льшею силою, чѣмъ его спутники. Это обстоятельство послужило къ многочисленнымъ ученымъ спорамъ, которые, само собой понятно, не привели ни къ какому опредѣленному результату. Но при этомъ по непонятнымъ причинамъ никому не пришло въ голову предложить единственно правильный способъ рѣшенія этого вопроса, состоящій въ новомъ измѣреніи видимыхъ размѣровъ орбитъ Юпитеровыхъ спутниковъ при помощи существеннымъ образомъ усовершенствованныхъ за это время инструментовъ, такъ какъ измѣренія Понда, произведенныя болѣе чѣмъ 100 лѣтъ назадъ никоимъ образомъ нельзя было считать не подлежащими дальнѣйшему исправленію. Только Триснекеръ въ Вѣнѣ въ 1794 г. сдѣлалъ попытку новаго опредѣленія видимыхъ радіусовъ орбитъ Юпитеровыхъ спутниковъ при помощи $3^1/_2$-футового объективнаго микрометра Доллонда. Онъ опубликовалъ свои прекрасныя для такого инструмента наблюденія въ вѣнскихъ эфемеридахъ на 1797 годъ и если бы кому-нибудь пришло тогда въ голову воспользоваться этими наблюденіями для опредѣленія массы Юпитера, то для нея получилась бы величина $^1/_{1056}$, вполнѣ согласная съ тою, которая впослѣдствіи была выведена изъ возмущеній астероидовъ. Но такъ какъ этого не было сдѣлано, то окончательное разрѣшеніе спорнаго вопроса выпало на долю Эйри и Бесселя, которые на основаніи своихъ измѣреній при помощи кэмбриджскаго рефрактора и кенигсбергскаго геліометра получили для массы Юпитера соотвѣтственно слѣдующія величины: $^1/_{1047}$ и $^1/_{1048}$. Съ этихъ поръ подобныя измѣренія неоднократно производились Фогелемъ, Шуромъ и др., и для массы Юпитера постоянно получалась приблизительно одна и та же величина. Точно также Леверье и въ новѣйшее время Гилль сдѣлали новыя опредѣленія массы Юпитера на основаніи возмущеній, производимыхъ имъ въ движеніи Сатурна, и пришли къ подобнымъ же результатамъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ такимъ образомъ было доказано, что Юпитеръ оказываетъ совершенно одинаковое дѣйствіе на своихъ спутниковъ, на малыя планеты и на Сатурна, что впрочемъ можно было ожидать и заранѣе.

Среди огромнаго числа извѣстныхъ въ настоящее время малыхъ планетъ есть много такихъ, на движеніе которыхъ Юпитеръ оказываетъ гораздо бо́льшее вліяніе, чѣмъ на движеніе 4 первыхъ астероидовъ, и потому, изслѣдуя ихъ движеніе, можно опредѣлить массу Юпитера съ гораздо бо́льшею точностью, чѣмъ это было сдѣлано раньше на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ движеніи первыхъ астероидовъ. Подобныя весьма трудныя и требующія много времени вычисленія были произведены Ньюкомбомъ относительно Полигимніи и Крюгеромъ относительно Ѳемиды. Но наиболѣе сильное вліяніе Юпитеръ оказываетъ, какъ это мы увидимъ впослѣдствіи (глава XIII), на движеніе нѣкоторыхъ кометъ. Этимъ обстоятельствомъ воспользовались для опредѣленія массы Юпитера Мёллеръ и Гердтль—первый на основаніи возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ въ движеніи кометы Фая, второй на основаніи изслѣдованія движенія кометы Виннеке. Результаты всѣхъ этихъ изслѣдованій Ньюкомбъ сопоставилъ въ слѣдующей табличкѣ, въ которой въ первомъ столбцѣ приведены текущіе нумера, во второмъ указанъ способъ, послужившій для опредѣленія массы Юпитера, и въ третьемъ дана величина m, если $\frac{1}{m}$ представляетъ массу Юпитера.

1.	Спутники Юпитера	1047,82
2.	Возмущенія Сатурна	1047,38
3.	» Ѳемиды	1047,54
4.	» Полигимніи	1047,34
5.	» кометы Фая	1047,79
6.	» кометы Вінеке	1047,17

Отдѣльныя значенія величины m, приведенныя въ этой таблицѣ, весьма мало отличаются другъ отъ друга, что блестящимъ образомъ доказываетъ огромную точность новѣйшихъ вычисленій и ихъ несомнѣнное превосходство передъ старыми. Наиболѣе достовѣрными изъ вышеуказанныхъ значеній m по мнѣнію Ньюкомба являются тѣ, которыя приведены подъ нумерами 2, 4 и 6, и сообразно съ этимъ за вѣроятнѣйшую величину массы Юпитера, которую можно вывести изъ всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ опредѣленій, онъ считаетъ дробь $\frac{1}{1047,35}$. Одинъ взглядъ на вышеприведенную табличку приводитъ насъ къ убѣжденію, что это число можетъ заключать въ себѣ лишь весьма небольшую ошибку.

Сидерическое время обращенія Юпитера составляетъ 4332,58, тропическое—4330,59 и синодическое 398,87 дней (часть I, §§ 84, 85, 86). При своемъ движеніи около солнца эта планета проходитъ въ среднемъ 13 километровъ въ секунду и слѣдовательно движется въ 2,3 раза медленнѣе земли и въ 4 раза медленнѣе Меркурія.

Свѣтъ, посылаемый къ намъ Юпитеромъ во время его оппозиціи съ солнцемъ, въ среднемъ, какъ показали изслѣдованія Цельнера, въ 5472 милліона разъ слабѣе солнечнаго свѣта.

Знакъ ♃, присвоенный Юпитеру, представляетъ по древнему способу написанія первую букву въ греческомъ словѣ Ζεύς.

§ 76. **Отличіе четырехъ наиболѣе удаленныхъ планетъ нашей солнечной системы отъ ближайшихъ.** Изъ всѣхъ разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ планетъ Юпитеръ является первымъ тѣломъ особаго рода, имъ начинается, такъ сказать, новый рядъ планетъ. Меркурій, Венера, Марсъ и земля во многихъ отношеніяхъ существеннымъ образомъ отличаются отъ наиболѣе удаленныхъ планетъ: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Астероиды же какъ бы составляютъ звено, связующее эти двѣ группы планетъ между собой. Первое различіе этихъ двухъ группъ заключается въ томъ, что планеты одной группы пользуются благами, обусловливаемыми постоянною близостью солнца, планеты же другой группы, наоборотъ, весьма значительно удалены отъ солнца, такъ что, напр., съ Юпитера діаметръ солнца усматривается подъ небольшимъ угломъ, равнымъ всего только 6′, и, слѣдовательно, кажется въ 5 разъ меньше, чѣмъ съ земли. Изъ четырехъ ближайшихъ къ солнцу планетъ три, вращаясь около своихъ осей, совершаютъ полный оборотъ по всей вѣроятности приблизительно въ одно и то же время, именно въ теченіе нашихъ сутокъ; вращеніе же четвертой происходитъ, повидимому, значительно медленнѣе. Четыре же наиболѣе удаленныя отъ солнца планеты, несмотря на свои гораздо бо́льшіе размѣры сравнительно съ планетами предыдущей группы, вращаются около своихъ осей, какъ извѣстно, гораздо быстрѣе. Такъ, напр., Юпитеръ и Сатурнъ совершаютъ полный оборотъ въ 0,4 нашихъ сутокъ, такъ что на этихъ планетахъ смѣна дня и ночи происходитъ значительно быстрѣе, чѣмъ у насъ. На этомъ основаніи у этихъ планетъ наблюдается, какъ мы скоро увидимъ, весьма значительное сжатіе, вполнѣ замѣтное, несмотря на большія разстоянія, отдѣляющія планеты этой группы отъ земли, между тѣмъ какъ у 4 ближайшихъ къ солнцу планетъ сжатіе во всякомъ случаѣ весьма мало. Эти послѣднія четыре планеты отличаются вообще небольшими размѣрами въ противоположность наиболѣе удаленнымъ планетамъ. Въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены числа, выражающія объемы планетъ при предположеніи, что объемъ земли принятъ за единицу.

Планета.	Объемъ.	Планета.	Объемъ.
Меркурій	0,05	Юпитеръ	1330
Венера	0,8	Сатурнъ	823
Марсъ	0,14	Уранъ	92
Земля	1,0	Нептунъ	80

Точно также и массы планетъ, принадлежащихъ къ этимъ двумъ группамъ, весьма различны между собою. Принимая массу земли за единицу, массы остальныхъ планетъ выразимъ слѣдующими числами:

Планета.	Масса.	Планета.	Масса.
Меркурій	0,03	Юпитеръ	308
Венера	0,8	Сатурнъ	92
Марсъ	0,1	Уранъ	15
Земля	1,0	Нептунъ	16

Наконецъ, что касается плотностей планетъ, то и въ этомъ отношеніи, повидимому, существуетъ рѣзкая разница между обѣими группами. Если плотность земли принять за единицу, то плотности другихъ планетъ выразятся слѣдующими числами:

Планета.	Плотность.	Планета.	Плотность.
Меркурій	0,7	Юпитеръ	0,25
Венера	0,9	Сатурнъ	0,12
Марсъ	0,7	Уранъ	0,2
Земля	1,0	Нептунъ	0,3

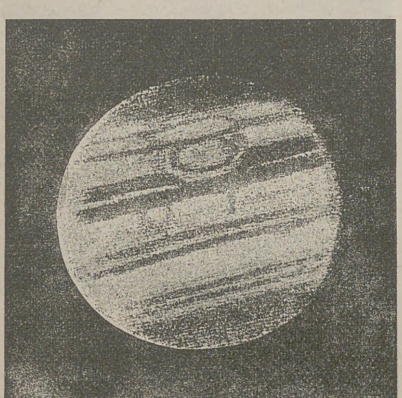


Рис. 139.

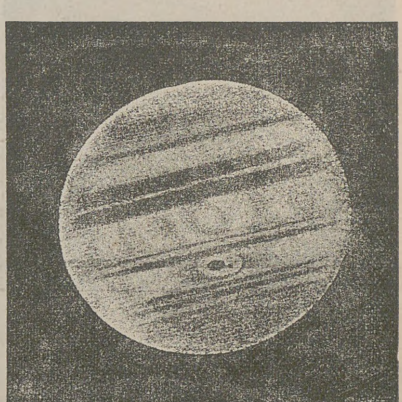


Рис. 140.

Такимъ образомъ, по количеству свѣта и теплоты, получаемыхъ планетами отъ солнца, по продолжительности дня и по плотности четыре ближайшія къ солнцу планеты превосходятъ планеты другой группы; что же касается объема, массы и сжатія, то перевѣсъ лежитъ на сторонѣ болѣе удаленныхъ планетъ.

§ 77. **Полосы и пятна на поверхности Юпитера.** Можно привести еще и другое существенное различіе между этими двумя, такъ сказать, отдѣльными семьями планетъ. Оставляя въ сторонѣ Урана и Нептуна, подробное изученіе поверхностей которыхъ весьма затруднительно вслѣдствіе огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ эти планеты отъ земли, мы должны замѣтить, что поверхности Юпитера и Сатурна представляютъ явленія, сходныя во многихъ отношеніяхъ. На поверхности Юпитера усматриваются въ значительномъ числѣ большія и малыя полосы, параллельныя экватору этой планеты, и наибольшія изъ нихъ проходятъ черезъ весь дискъ его. Такія полосы открылъ астрономъ Фонтана еще

въ 1633 г. Кампани при помощи имъ самимъ усовершенствованныхъ, превосходныхъ для его времени астрономическихъ трубъ замѣтилъ въ 1664 году 4 темныхъ и 2 свѣтлыхъ полосы. Гевелій и Кассини впервые убѣдились въ томъ, что эти полосы приблизительно параллельны эклиптикѣ. Прилагаемая при семъ таблица представляетъ фотографію Юпитера, снятую на Ликской обсерваторіи. На этой фотографіи, такъ же какъ и на рисункахъ 138—142, ясно видны полосы, характерныя для разсматриваемой нами планеты. Полосы, ближайшія къ экватору планеты, обыкновенно бываютъ наиболѣе широкими, и въ то же самое время являются наиболѣе постоянными по своей формѣ; вообще же полосы, наблюдаемыя на поверхности Юпитера, сильно мѣняютъ не только свой видъ, но также и свою интенсивность и окраску. Такъ, напр., экваторіальная полоса, которая обыкновенно бываетъ сѣроватаго серебрянаго цвѣта, въ концѣ 1869 года казалась Броунингу желтой; полосы, которыя прилегали съ сѣвера и съ юга къ только-что упомянутой, были ярче и свѣтлѣе, чѣмъ какая бы то ни было другая часть поверхности Юпитера; полосы, болѣе близкія къ полюсамъ, казались мѣднокрасными, и, наконецъ, самые полюсы представлялись темносиними.

Когда въ началѣ іюля 1878 года Юпитеръ вышелъ изъ лучей солнца, на его поверхности было замѣчено большое овальное пятно яркокраснаго цвѣта, которое въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ представляло на поверхности этой планеты наиболѣе бросающійся въ глаза

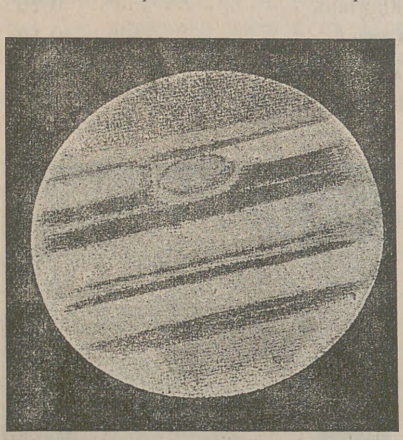


Рис. 141.

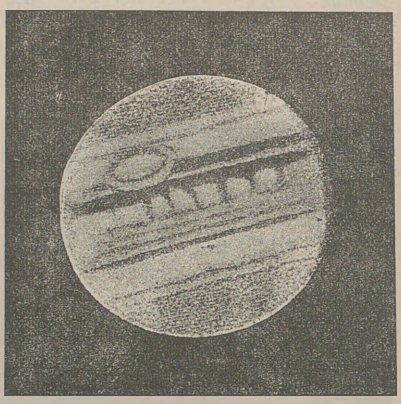


Рис. 142.

предметъ и которое до настоящаго времени лишь весьма незначительно измѣнилось по виду и величинѣ, хотя его цвѣтъ и интенсивность подвергались съ теченіемъ времени весьма значительнымъ колебаніямъ. Рисунки 138—141 изображаютъ поверхность Юпитера въ томъ видѣ, какъ она представлялась глазамъ наблюдателей въ 1896 году 14 февраля, 23 и 24 апрѣля и 13 мая. На трехъ изъ этихъ рисунковъ читатель ясно можетъ видѣть упомянутое нами пятно.

Это пятно съ 1878 года до конца 1882 года оставалось почти неизмѣннымъ; послѣ же этого оно стало такъ быстро блѣднѣть, что наблюдатели даже подозрѣвали, что оно скоро совершенно исчезнетъ. Однако этого не случилось; напротивъ того, въ 1885 и 1886 гг. интенсивность пятна снова увеличилась настолько, что оно сразу бросалось въ глаза, а затѣмъ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ оно опять казалось весьма слабымъ. Въ концѣ 1890 г. и еще болѣе въ началѣ 1891 года его интенсивность снова увеличилась, а цвѣтъ пятна сдѣлался такимъ же, какимъ былъ во время его открытія. Послѣ этого яркость пятна стала опять уменьшаться, и во время оппозиціи Юпитера 1894 и 1895 года это пятно едва можно было замѣтить. ✻ На рис. 143 изображено, по наблюденіямъ Деннинга, это красное пятно для слѣдующихъ моментовъ: 19 ноября 1880 года, 30 октября 1882 года,



Юпитеръ, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи.

6 февраля 1884 года и 25 февраля 1885 года. * Такимъ образомъ это пятно, повидимому, представляетъ предметъ перемѣнный по яркости и цвѣту, и если мы, ставши на такую точку зрѣнія, будемъ разсматривать старые рисунки Юпитера, то придемъ къ заключенію, что еще въ 1872 году Терби на томъ же самомъ мѣстѣ поверхности Юпитера замѣтилъ большое, но очень неяркое пятно эллиптической формы. Точно также рисунки Гледхиля и Майера, сдѣланные въ 1869 и 1870 годахъ, и рисунки Довеса, относящіеся къ 1857 и слѣдующимъ годамъ, представляютъ совершенно подобную же картину. Поэтому нѣтъ ничего невозможнаго въ томъ, что открытое въ 1878 году красное пятно представляетъ лишь возрожденіе того пятна, которое наблюдали приблизительно 200 лѣтъ тому назадъ Гукъ и Кассини, причемъ послѣдній слѣдилъ за нимъ въ теченіе 16 лѣтъ.

Кромѣ полосъ на поверхности Юпитера весьма часто бываютъ замѣтны небольшія темныя облакообразныя пятна, которыя иногда, подобно нашимъ облакамъ, скопляются въ одномъ мѣстѣ, а затѣмъ снова расходятся и распространяются по значительной части поверхности Юпитера. Изъ большихъ полосъ очень часто выходятъ въ видѣ лучей полосы меньшихъ размѣровъ. Иногда среди полосъ выступаютъ весьма яркія, бѣлыя или весьма темныя рѣзко ограниченныя маленькія пятна. Такихъ пятенъ особенно много было въ сѣверномъ полушаріи планеты въ 1890 и 1891, а также въ 1894 и 1895 годахъ.

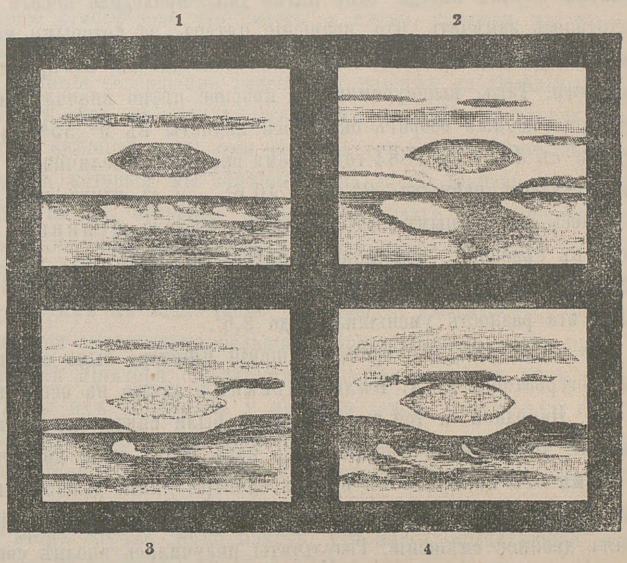


Рис. 143.

Въ дополненіе къ всему вышесказанному добавимъ, что часто въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени поверхность Юпитера находится въ сравнительно спокойномъ состояніи, иногда же, какъ это было, напр., во время оппозицій 1894 и 1895 годовъ, на поверхности планеты замѣтна оживленная дѣятельность. Изслѣдованія Раньяра, Лозе и другихъ даютъ поводъ думать, что измѣненія на поверхности Юпитера находятся въ извѣстной связи съ пятнообразовательной дѣятельностью солнца.

§ 78. **Вращеніе Юпитера около оси и его сжатіе.** Истинная продолжительность времени вращенія Юпитера около оси намъ до сихъ поръ еще въ точности неизвѣстна, такъ какъ пятна, которыми пользуются для опредѣленія вращенія, подобно солнечнымъ пятнамъ, даютъ различныя величины времени вращенія въ зависимости отъ ихъ положенія на поверхности планеты. Такъ, Д. Кассини, основатель Парижской обсерваторіи, воспользовавшись вышеупомянутымъ пятномъ, за которымъ онъ слѣдилъ въ теченіе 16 лѣтъ, получилъ для времени вращенія Юпитера около оси $9^h\ 55^m\ 52^s$, между тѣмъ какъ лежащее вблизи экватора пятно, которое онъ наблюдалъ въ теченіе 2 мѣсяцевъ, дало ему для этого времени вращенія только $9^h\ 51^m$. Подобнымъ же образомъ вышеописанное красное пятно дастъ для времени вращенія $9^h\ 55^m\ 41^s$, между тѣмъ какъ многія бѣлыя облаковидныя образованія, наблюдавшіяся въ 1880 году въ экваторіальныхъ полосахъ Юпитера, совершали полный оборотъ въ $9^h\ 50^m\ 6^s$, а одно пятно, по изслѣдованіямъ Трувело, даже

въ $9^h\ 47^m$. Все это побудило А. А. Бѣлопольскаго подвергнуть подробной обработкѣ весь наблюдательный матеріалъ, накопившійся до 1891 года. При этомъ оказалось, что вообще пятна, лежащія между экваторомъ и 5^0 іовицентрической *) широты, совершаютъ полный оборотъ около оси планеты въ $9^h\ 50^m$, между тѣмъ какъ пятна, расположенныя въ зонѣ между 10^0 и 45^0 іовицентрической широты, даютъ для времени вращенія $9^h\ 55^m$. Наконецъ по движенію пятенъ, лежащихъ въ промежуточныхъ областяхъ, т.-е. между 5^0 и 10^0 іовицентрической широты, для времени вращенія планеты получается то первая, то вторая величина. Такимъ образомъ Юпитеръ представляетъ нѣкоторое сходство съ солнцемъ въ томъ, что и на его поверхности въ экваторіальныхъ странахъ вращеніе происходитъ быстрѣе, чѣмъ подъ болѣе значительными широтами.

На поверхности Юпитера встрѣчаются также такія пятна, которыя имѣютъ весьма замѣтное собственное движеніе. Такъ, различные наблюдатели неоднократно замѣчали, какъ пятна, расположенныя на одной и той же параллели, или быстро удалялись другъ отъ друга, или же съ большою скоростью двигались навстрѣчу другъ другу, и въ этомъ послѣднемъ случаѣ иногда одно пятно даже проходило передъ другимъ. Кромѣ того, иногда приходилось замѣчать, что вращеніе пятенъ, за которыми можно было слѣдить въ теченіе продолжительнаго времени, постепенно замедлялось, по крайней мѣрѣ въ первое время ихъ видимости. Такъ, вышеупомянутое красное пятно вначалѣ, именно съ 1878 до 1880 года, совершало полный оборотъ около оси планеты въ $9^h\ 55^m\ 35{,}1^s$; затѣмъ, въ промежутокъ времени съ 1882 до 1884 года время вращенія увеличилось до $9^h\ 55^m\ 38^s$, а въ 1887 г. даже сдѣлалось равнымъ $9^h\ 55^m\ 40{,}6^s$, и съ этихъ поръ вращеніе пятна, повидимому, оставалось постояннымъ. Подобнымъ же образомъ Деннингъ нашелъ, что нѣкоторыя бѣлыя пятна въ сѣверномъ полушаріи Юпитера въ 1886 году давали для времени вращенія планеты величину на 8^s меньшую, чѣмъ красное пятно, между тѣмъ какъ въ 1890 и 1891 годахъ эта разность уменьшилась до $2{,}6^s$.

* Замѣтимъ, что время вращенія Юпитера было опредѣлено астрофизикомъ Пулковской обсерваторіи А. А. Бѣлопольскимъ также на основаніи принципа Доплера-Физо (§ 19). На одной и той же пластинкѣ были сняты два спектра: одинъ отъ праваго края планеты, другой—отъ лѣваго. Такъ какъ одинъ край движется къ намъ, а другой въ то же время отъ насъ, то въ одномъ спектрѣ линіи должны смѣститься вправо, а въ другомъ влѣво. Разстояніе между соотвѣтственными линіями въ обоихъ спектрахъ представляетъ двойное смѣщеніе. Результаты получились вполнѣ согласные съ тѣми, которые выводятся по движенію пятенъ. *

Принимая время вращенія Юпитера около оси для экваторіальныхъ областей планеты равнымъ $9^h\ 50^m$, мы находимъ, что любая точка, лежащая на экваторѣ планеты, пробѣгаетъ въ каждую секунду 12,6 километра, т.-е. приблизительно въ 28 разъ больше, чѣмъ любая точка земного экватора; центръ же Юпитера при движеніи планеты около солнца проходитъ 13 километровъ въ секунду. Обѣ эти скорости—скорость вращенія планеты около оси и скорость ея обращенія около солнца—почти совершенно одинаковы, или если и различаются другъ отъ друга, то во всякомъ случаѣ весьма незначительно; совершенно то же самое имѣетъ мѣсто также и для Сатурна. Времена вращенія Урана и Нептуна намъ неизвѣстны; впрочемъ оси вращенія этихъ планетъ, по всей вѣроятности, почти совпадаютъ съ плоскостями ихъ орбитъ. Поэтому на поверхности этихъ планетъ господствуютъ совершенно другія условія, чѣмъ на поверхности Юпитера или Сатурна; но тѣмъ не менѣе и онѣ, подобно Юпитеру и Сатурну, вращаются около оси, повидимому, гораздо быстрѣе, чѣмъ 4 ближайшія къ солнцу планеты.

*) Іовицентрической (Jupiter, род. пад. Jovis) широтой какой-нибудь точки на поверхности Юпитера называется ея угловое возвышеніе надъ экваторомъ планеты.

Переводчикъ.

Быстрое вращеніе Юпитера около оси является причиной такого большого сжатія его при полюсахъ, что оно становится замѣтнымъ даже въ слабыя трубы. Этимъ объясняется, почему сжатіе Юпитера было открыто, насколько мы знаемъ, еще Пикаромъ въ 1673 г. Точно также Грантъ указывалъ на сжатіе Юпитера какъ на древнѣйшій примѣръ сжатія, замѣченнаго у небеснаго тѣла. Д. Кассини въ 1691 году и послѣ него Пондъ, Шортъ и др. выражали сжатіе Юпитера дробью, заключающеюся въ предѣлахъ отъ $^1/_{13}$ до $^1/_{15}$, что весьма близко къ истинѣ. На основаніи новѣйшихъ измѣреній О. Струве экваторіальный діаметръ Юпитера на среднемъ разстояніи этой планеты отъ солнца составляетъ 38,3″, а полярный 35,5″, откуда вытекаетъ, что сжатіе Юпитера равно $^1/_{14}$. Изъ этихъ опредѣленій слѣдуетъ, что экваторіальный радіусъ Юпитера превосходитъ его полярную полуось на 6700 километровъ, между тѣмъ какъ для земли подобная же разность составляетъ всего только 21 километръ. Что сжатіе должно увеличиваться съ увеличеніемъ скорости вращенія планеты, это было выяснено уже раньше (часть I, § 13).

§ 79. **Атмосфера Юпитера и его строеніе.** Древніе астрономы полагали, что Юпитеръ окруженъ весьма плотною атмосферою, что полосы и пятна, которыя мы видимъ на дискѣ планеты, суть облака, плавающія въ этой атмосферѣ, и что вслѣдствіе этого собственно поверхность самой планеты совершенно недоступна нашимъ наблюденіямъ. И новѣйшія наблюденія показываютъ, что на поверхности Юпитера часто происходятъ весьма быстрые перевороты, и вообще внѣшній видъ этой планеты уже неоднократно мѣнялся настолько сильно, что образованія, которыя мы замѣчаемъ на дискѣ Юпитера, никоимъ образомъ не могутъ быть приняты за твердыя, неизмѣнныя части его поверхности, на должны быть отнесены къ образованіямъ непостояннаго, перемѣннаго характера. Но оставляя въ сторонѣ даже такія образованія, которыя въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ остаются почти неизмѣнными, мы все же приходимъ къ заключенію, что вообще наблюдаемыя на его поверхности образованія отличаются значительно бо́льшимъ постоянствомъ, чѣмъ наши земныя облака, и потому въ случаѣ Юпитера, повидимому, не можетъ быть рѣчи объ облакахъ въ томъ смыслѣ, какъ мы ихъ понимаемъ у насъ на землѣ. Барнардъ полагаетъ, что поверхность Юпитера состоитъ изъ тѣстообразнаго пластичнаго вещества, и что различныя окраски отдѣльныхъ частей этой поверхности обусловливаются изверженіями изнутри планеты.

И дѣйствительно, въ этомъ случаѣ легко понять, что масса, вылетѣвшая изнутри планеты на ея поверхность въ видѣ темнаго пятна, мало-по-малу мѣняетъ свой видъ и цвѣтъ. Подтвержденіе справедливости своего мнѣнія Барнардъ видитъ въ томъ, что согласно съ его наблюденіями красный цвѣтъ пятна служитъ признакомъ болѣе или менѣе значительнаго возраста его: по его изслѣдованіямъ при своемъ появленіи пятна всегда бываютъ весьма темными и очень часто даже совершенно черными, и затѣмъ, проходя черезъ красный и розовый оттѣнки, они постепенно блѣднѣютъ и исчезаютъ. Точно также Хогъ (Hough) держится того мнѣнія, что поверхность Юпитера находится въ жидкомъ состояніи, и что надъ этой поверхностью расположена атмосфера, въ которой плаваютъ бѣлыя экваторіальныя пятна, обладающія свойствами облаковъ.

Впрочемъ, каково бы ни было строеніе поверхности Юпитера, во всякомъ случаѣ слѣдуетъ считать установленнымъ тотъ фактъ, что эта планета окружена атмосферой. Это доказывается, между прочимъ, постепеннымъ ослабленіемъ яркости неподвижныхъ звѣздъ, которыя покрываются дискомъ Юпитера, а также тѣмъ обстоятельствомъ, что его дискъ въ центральныхъ частяхъ кажется намъ болѣе яркимъ, чѣмъ на краяхъ. Это особенно ясно выступаетъ при прохожденіяхъ спутниковъ Юпитера передъ его дискомъ: проектируясь на край диска, спутникъ представляется находящимся на сравнительно темномъ фонѣ; по мѣрѣ же передвиженія къ центру диска онъ постепенно блѣднѣетъ и нерѣдко даже кажется чернымъ пятномъ на свѣтломъ фонѣ. Наконецъ, въ спектрѣ Юпитера

кромѣ безчисленныхъ линій, характеризующихъ солнечный спектръ, наблюдаются въ менѣе преломляемой его части, т.-е. со стороны краснаго его конца, полосы поглощенія, на основаніи которыхъ Фогель дѣлаетъ заключеніе о присутствіи водяныхъ паровъ въ атмосферѣ Юпитера.

Но если такое мощное тѣло, какъ Юпитеръ, окружено сравнительно разрѣженной атмосферой, то преломленіе лучей въ ней должно представлять, какъ это впервые показалъ Куммеръ, въ высшей степени интересныя и замѣчательныя явленія, совершенно отличныя отъ тѣхъ, которыя являются результатами земной рефракціи. Мы считаемъ необходимымъ подробнѣе разсмотрѣть эти явленія, тѣмъ болѣе, что въ новѣйшее время А. Шмидтъ принялъ ихъ за основаніе новой солнечной теоріи.

Преломленіе свѣта въ воздушной оболочкѣ, окружающей какую-нибудь планету, съ одной стороны можетъ происходить такъ, какъ это имѣетъ мѣсто, напр., въ случаѣ нашей земли, т.-е. всѣ свѣтовые лучи, исходящіе изъ какой-нибудь одной точки ея поверхности, претерпѣвъ болѣе или менѣе сильное отклоненіе отъ своего первоначальнаго направленія, выходятъ въ міровое пространство. Но, съ другой стороны, при извѣстныхъ условіяхъ можетъ случиться, что лучи свѣта PA, PC.... PA', PC'..., вышедшіе подъ небольшими углами наклоненія, изъ нѣкоторой точки P (рис. 144), лежащей на поверхности планеты,

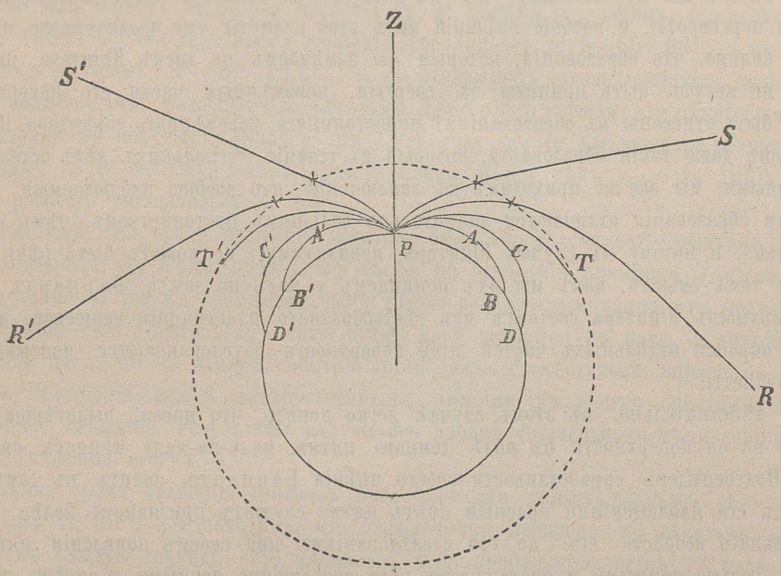


Рис. 144

достигнувъ въ атмосферѣ извѣстной высоты, загибаются подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто у насъ на землѣ при такъ называемомъ миражѣ, и снова встрѣчаютъ поверхность планеты въ точкахъ B, D..., B' D'..., послѣ чего они, вслѣдствіе отраженія, еще разъ поднимаются въ атмосферу, чтобы описать кривую, подобную только-что описанной и т. д. Поэтому такіе лучи, представляя собою непрерывный рядъ кривыхъ бо́льшей или меньшей кривизны, бо́льшаго или меньшаго протяженія, окружаютъ поверхность планеты, не выходя изъ предѣловъ атмосферы въ міровое пространство.

Будемъ затѣмъ разсматривать свѣтовые лучи, выходящіе изъ точки P все подъ бо́льшими и бо́льшими углами наклоненія. Среди этихъ угловъ, наконецъ, долженъ намъ встрѣтиться такъ называемый критическій уголъ, характеризуемый тѣмъ, что лучи PT и PT', выходящіе изъ точки P подъ такимъ угломъ, болѣе уже не возвращаются къ планетѣ, но на извѣстной высотѣ обращаются въ окружность круга, концентрическую съ пла-

петою и обозначенную на рис. 144 пунктирной линіей, и только лучи PR, PS..., PR', PS'..., вышедшіе изъ точки P подъ углами, превосходящими критическій уголъ, уже удаляются изъ предѣловъ атмосферы и покидаютъ планету. Атмосферы, обладающія такими свойствами, Шмидтъ называетъ атмосферами второго класса въ отличіе отъ атмосферъ, подобныхъ нашей земной, которыя онъ относитъ къ атмосферамъ перваго класса.

На основаніи вышесказаннаго легко понять, что наблюдатель, находящійся на поверхности небеснаго тѣла, окруженнаго атмосферой второго класса, получаетъ такое впечатлѣніе, какъ-будто онъ находится въ центрѣ чашеобразнаго небеснаго свода, нижній край котораго или такъ называемый видимый горизонтъ нѣсколько возвышается надъ плоскостью истиннаго горизонта, и для любой точки видимаго горизонта этотъ уголъ возвышенія равенъ критическому углу. Въ нижнихъ частяхъ атмосферы видна вся поверхность планеты включительно до антиподовъ, и притомъ ближайшіе предметы представляются въ ихъ естественномъ видѣ, изображенія же болѣе отдаленныхъ предметовъ сильно искажены—размыты и растянуты. Къ этому первому нижнему изображенію поверхности прилегаетъ сверху непрерывный рядъ кольцеобразныхъ ея изображеній, ширина которыхъ постепенно уменьшается по мѣрѣ приближенія къ краю чашеобразнаго свода.

Подобныя же замѣчательныя явленія имѣютъ мѣсто, какъ нетрудно понять, также и въ томъ случаѣ, когда такое небесное тѣло, окруженное атмосферой второго класса, разсматривается извнѣ, напр., съ какой-нибудь другой планеты, иначе говоря, когда свѣтовые лучи извнѣ проникаютъ въ атмосферу этого тѣла.

Въ этомъ случаѣ наблюдатель, находящійся на другой планетѣ, видитъ всю поверхность такого небеснаго тѣла, т.-е. какъ переднюю, такъ и заднюю ея половины, причемъ глазамъ наблюдателя представляется не только первое главное изображеніе, имѣющее форму диска, но также и безконечный рядъ кольцеобразныхъ изображеній, окружающихъ этотъ дискъ.

Точно также каждый житель такого небеснаго тѣла долженъ видѣть все звѣздное небо, т.-е. не только полушаріе, расположенное надъ нимъ, но также и другое, лежащее подъ нимъ, причемъ тѣ части небесной сферы, которыя находятся вблизи зенита, представляются въ своемъ естественномъ видѣ, болѣе же удаленныя отъ зенита представляются тѣмъ болѣе искаженными, чѣмъ ближе къ видимому горизонту находятся ихъ изображенія. Это главное изображеніе звѣзднаго неба сопровождается большимъ числомъ кольцеобразныхъ изображеній, скопляющихся около видимаго горизонта.

До сихъ поръ мы разсматривали явленія, наблюдаемыя въ атмосферѣ второго класса, исключительно съ теоретической точки зрѣнія. Въ дѣйствительности же житель такой планеты далеко не увидитъ описанныхъ выше чудесъ. Если принять во вниманіе ослабленіе свѣта или даже совершенное его поглощеніе, происходящее при прохожденіи свѣтовыхъ лучей черезъ невполнѣ прозрачную атмосферу, какова, напр., атмосфера нашей земли, то нетрудно понять, что наблюдатель въ дѣйствительности увидитъ лишь незначительную часть даже перваго главнаго изображенія поверхности, и что размѣры этой части зависятъ отъ большей или меньшей прозрачности атмосферы; второго же и слѣдующихъ изображеній наблюдатель, конечно, совсѣмъ не увидитъ. То же самое имѣетъ мѣсто и относительно звѣзднаго неба: даже солнце, изображеніе котораго вслѣдствіе особыхъ законовъ преломленія свѣтовыхъ лучей въ атмосферѣ второго класса для такой планеты постоянно должно находиться надъ видимымъ горизонтомъ наблюдателя, въ томъ случаѣ, когда оно достигаетъ значительнаго пониженія подъ плоскостью истиннаго горизонта, дѣлается едва замѣтнымъ для глаза, такъ какъ даже первое его изображеніе принимаетъ видъ весьма узкаго, сильно сжатаго эллипса. Поэтому вблизи видимаго горизонта вмѣсто безконечнаго числа налегающихъ другъ на друга изображеній всего неба или всей поверхности планеты должны быть видны только туманныя расплывчатыя полосы.

Подобнымъ же образомъ наблюдатель, находящійся внѣ такого небеснаго тѣла, увидитъ не всю поверхность его заразъ, какъ этого можно было бы ожидать на основаніи теоретическихъ соображеній, но лишь немного больше половины ея.

Относительно Юпитера еще Куммеръ замѣтилъ, что его атмосфера должна принадлежать къ атмосферамъ второго класса, если ея плотность составляетъ только одну двадцатую часть плотности нашей земной атмосферы.

А. Шмидтъ, какъ выше было упомянуто, принялъ, что солнце также окружено атмосферой второго класса, и такимъ образомъ сдѣлалъ попытку построить физику солнца на совершенно новомъ основаніи. Но такъ какъ наши свѣдѣнія о строеніи солнца и особенно о температурныхъ условіяхъ на его поверхности еще весьма неточны (§§ 27 и 28), то и о характерѣ атмосферы нашего центральнаго тѣла въ настоящее время судить весьма трудно; кромѣ того Шмидтъ, повидимому, слишкомъ переоцѣнилъ значеніе этого вопроса для изслѣдованія природы солнца.

Неоднократно высказывалось предположеніе, что Юпитеръ свѣтитъ также собственнымъ свѣтомъ, или, другими словами, что его поверхность находится въ раскаленномъ состояніи, такъ какъ вслѣдствіе огромной массы этой планеты ея охлажденіе не могло произойти такъ-же быстро, какъ охлажденіе менѣе значительныхъ тѣлъ нашей солнечной системы. Это мнѣніе, повидимому, было подтверждено фотографическимъ снимкомъ спектра Юпитера, сдѣланнымъ Дрепе ромъ въ 1879 году. Впрочемъ всѣ новѣйшія снимки спектра, а также фотометрическія изслѣдованія планеты, произведенныя Мюллеромъ, противорѣчатъ предположенію, что Юпитеръ не только посылаетъ намъ отраженный солнечный свѣтъ, но, кромѣ, того свѣтится также и собственнымъ свѣтомъ. Поэтому слѣдуетъ думать, что вышеупомянутый снимокъ Дрепера былъ искаженъ вслѣдствіе дефекта фотографической пластинки.

§ 80. **Климаты и времена года на поверхности Юпитера**. Ось экватора Юпитера наклонена къ оси его орбиты подъ малымъ угломъ, равнымъ 3°. Слѣдовательно, для этой планеты наклонность эклиптики составляетъ всего только 3°, т.-е. приблизительно въ 8 разъ меньше, чѣмъ для земли. Такъ какъ смѣна временъ года зависитъ отъ величины этой наклонности (часть I, § 37), то легко понять, что на поверхности Юпитера лѣто лишь весьма мало отличается отъ зимы. Высота солнца надъ горизонтомъ любого мѣста на поверхности Юпитера мѣняется въ теченіе полнаго оборота этой планеты около солнца всего только на 6°, между тѣмъ какъ у насъ на землѣ въ теченіе въ 12 разъ меньшаго времени это измѣненіе составляетъ 47°. На поверхности Юпитера жители экватора въ полдень видятъ солнце почти всегда въ зенитѣ, и даже въ самомъ неблагопріятномъ случаѣ его зенитное разстояніе составляетъ только 3°. На обоихъ полюсахъ въ теченіе промежутка времени, равнаго 6 земнымъ годамъ, имѣетъ мѣсто или непрерывный день, или непрерывная ночь. Когда по окончаніи этой длинной ночи для жителей полюсовъ снова появляется солнце, съ тѣмъ, чтобы въ теченіе 6 земныхъ годовъ постоянно оставаться надъ горизонтомъ, оно совершаетъ свое движеніе на небесной сферѣ все время весьма близко отъ горизонта и даже въ полдень не возвышается надъ нимъ болѣе, какъ на 3°. Изъ предыдущаго ясно, что жители даннаго мѣста на этой планетѣ лишь съ трудомъ могутъ замѣтить разницу временъ года; но тѣмъ чувствительнѣе должна быть разница климатовъ двухъ мѣстъ, отстоящихъ другъ отъ друга по широтѣ лишь на небольшое число градусовъ. Поэтому весьма возможно, что довольно постоянныя, параллельныя экватору полосы, о которыхъ мы говорили выше, являются слѣдствіемъ столь различныхъ климатовъ сосѣднихъ странъ.

Насколько продолжителенъ годъ на поверхности Юпитера, настолько же коротки, напротивъ того, сутки на этой планетѣ, такъ какъ день и ночь вмѣстѣ тамъ составляютъ приблизительно 10 нашихъ земныхъ часовъ. Разница между продолжительностью дня (т.-е.

продолжительностью пребыванія солнца надъ горизонтомъ) и продолжительностью ночи на Юпитерѣ весьма незначительна, за исключеніемъ странъ, очень близкихъ къ полюсамъ, и въ большей части мѣстъ въ теченіе цѣлаго года день и ночь почти въ точности равны между собою, и продолжительность какъ дня, такъ и ночи составляетъ пять нашихъ земныхъ часовъ. Такая быстрая смѣна свѣта темнотой и наоборотъ должна оказывать большое вліяніе на образъ жизни обитателей этой планеты, если они, подобно намъ, день посвящаютъ своимъ занятіямъ и удовольствіямъ, а ночь — покою и сну. Если бы они въ теченіе дня пожелали довести до конца какую-нибудь намѣченную работу, то должны были бы употреблять всего нѣсколько минутъ на то, на что намъ требуются цѣлые часы, и поэтому они, вѣроятно, обладаютъ необыкновенной энергіей духа и тѣла.

Здѣсь всѣ явленія были описаны въ предположеніи, что Юпитеръ окруженъ атмосферой перваго класса, т.-е. такою-же, какъ и наша земная. Если же допустить, что Юпитеръ окруженъ атмосферой второго класса, то главное измѣненіе въ вышеописанныхъ явленіяхъ должно заключаться, какъ это слѣдуетъ изъ предыдущаго параграфа, въ томъ, что солнце для любого мѣста на поверхности планеты никогда не заходитъ и даже въ теченіе того времени, которое по общепринятымъ понятіямъ называется ночью, остается видимымъ вслѣдствіе особыхъ законовъ рефракціи. Слѣдовательно на Юпитерѣ всюду господствуютъ условія, подобныя тѣмъ, которыя имѣютъ мѣсто въ нашихъ полярныхъ странахъ лѣтомъ.

ГЛАВА VIII.

Сатурнъ.

§ 81. **Общія свѣдѣнія.** На разстояніи въ девять разъ превосходящемъ разстояніе отъ земли до солнца, совершаетъ около этого послѣдняго движеніе по своей орбитѣ въ 29,5 лѣтъ Сатурнъ съ 8 спутниками. Эту планету, обозначаемую знакомъ ♄, легко можно узнать по ея матово-бѣлому свѣту, и если кто разъ замѣтилъ ее, то онъ и въ другой разъ безъ труда отыщетъ ее, такъ какъ она весьма медленно измѣняетъ свое положеніе среди неподвижныхъ звѣздъ и въ теченіе 2,5 лѣтъ остается въ одномъ и томъ же знакѣ зодіака. Въ среднемъ Сатурнъ пробѣгаетъ по своей орбитѣ 9, 6 километровъ въ секунду; слѣдовательно онъ движется въ 5 разъ медленнѣе Меркурія и въ 3,5 раза медленнѣе земли. Такимъ образомъ эта планета, носящая имя древняго бога времени, отъ котораго между прочимъ заимствованъ ея знакъ, имѣющій видъ косы, медленно и незамѣтно, какъ самое время, совершаетъ движеніе около солнца по своему пути на протяженіи 8900 милліоновъ километровъ, и, когда Сатурнъ находится въ наибольшемъ удаленіи отъ солнца, діаметръ этого послѣдняго представляется съ планеты подъ угломъ въ $3{,}3'$, что въ 9,5 разъ меньше угла, подъ которымъ усматривается діаметръ солнца съ земли. Такимъ образомъ поверхность солнца съ Сатурна представляется въ 90 разъ меньше, чѣмъ съ земли. Поэтому и освѣщеніе, получаемое Сатурномъ отъ солнца, въ 90 разъ слабѣе нашего дневного свѣта, такъ что полдень на этой планетѣ можно сравнить только съ нашими сумерками, непосредственно предшествующими наступленію темной ночи. Среднее разстояніе Сатурна отъ солнца составляетъ 1420 милліоновъ километровъ. Быстроходное парусное судно, дѣлающее 30 километровъ въ часъ, могло бы пройти это разстояніе только въ 5400 лѣтъ. Свѣтъ, несмотря на его необыкновенно большую скорость, все же требуетъ $1^h\ 19^m$ времени, чтобы дойти отъ солнца до Сатурна.

Разстояніе отъ Сатурна до солнца, вслѣдствіе довольно значительнаго эксцентриситета орбиты этой планеты, мѣняется отъ 1340 милліоновъ километровъ въ перигеліи до

1500 милліоновъ километровъ въ афеліи. Разстояніе отъ Сатурна до земли въ различныя эпохи мѣняется еще въ болѣе значительныхъ предѣлахъ, именно, наименьшее разстояніе этой планеты отъ земли составляетъ 1200 милліоновъ километровъ, наибольшее—1650 милліоновъ километровъ.

Истинный діаметръ Сатурна составляетъ 123700 километровъ, и слѣдовательно онъ немного меньше діаметра Юпитера и приблизительно въ 10 разъ больше діаметра земли. Въ наименьшемъ разстояніи Сатурна отъ земли его діаметръ усматривается съ этой послѣдней подъ угломъ въ 21″, въ наибольшемъ—подъ угломъ въ 15″. * На рис. 145 пред-

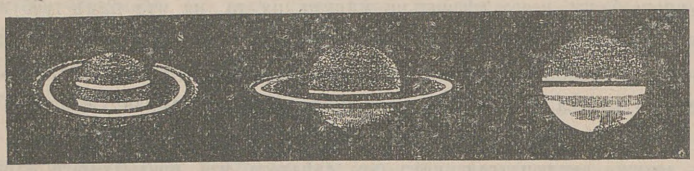


Рис 145.

ставлены видимые размѣры Сатурна на крайнихъ и среднемъ разстояніяхъ его отъ земли. * Поверхность Сатурна въ 88 разъ, а объемъ въ 823 раза больше поверхности и объема земли, такъ что изъ Сатурна можно было бы сдѣлать 823 такихъ шаровъ, какъ наша земля. * На рис. 146 представлены сравнительные размѣры Сатурна и земли. * Масса Сатурна въ 3502 раза меньше массы солнца и въ 92 раза больше массы земли. Отсюда вытекаетъ, что средняя плотность того вещества, изъ котораго состоитъ Сатурнъ, чрезвычайно мала: она составляетъ приблизительно только одну десятую часть средней плотности земли. Вообще Сатурнъ изъ всѣхъ планетъ обладаетъ наименьшею плотностью: его плот-

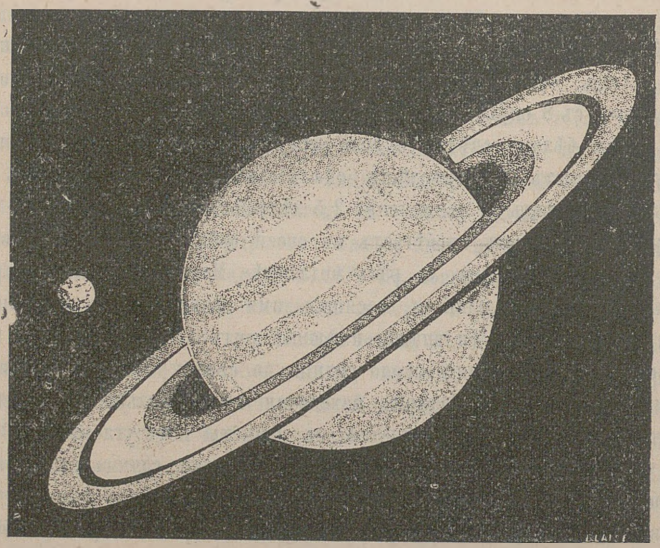
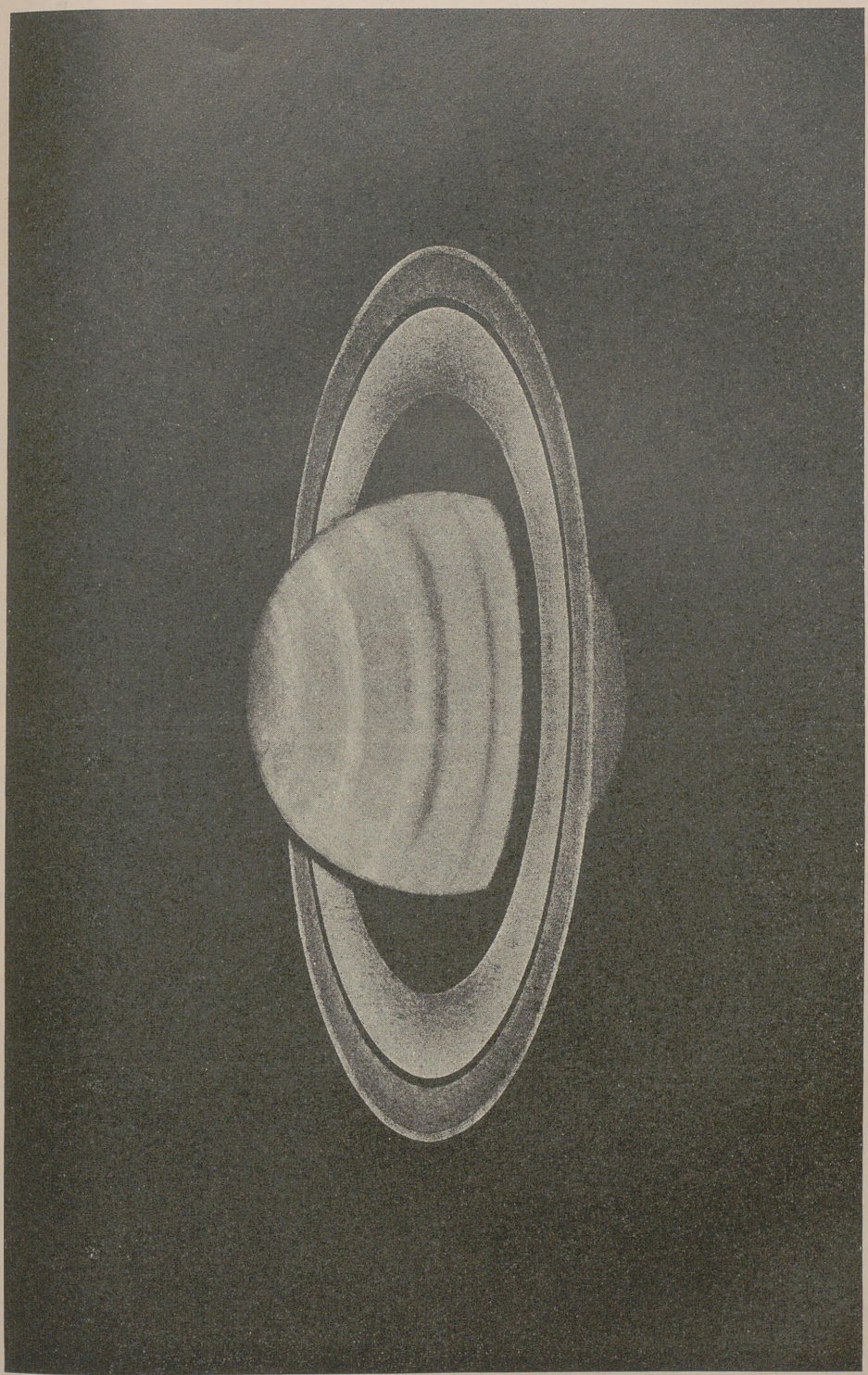


Рис. 146.

ность приблизительно только въ 2 раза больше плотности пробковой корки. Наконецъ, что касается силы тяжести, то на этой планетѣ она дѣйствуетъ приблизительно такъ же, какъ и у насъ на землѣ. При свободномъ паденіи на поверхности Сатурна тѣла проходятъ въ первую секунду 4,0 метра.

§ 82. **Полосы на поверхности Сатурна и его атмосфера.** На поверхности Сатурна наблюдаются такія же экваторіальныя полосы, какъ и на поверхности Юпитера, съ кото-



Сатурнъ, по рисунку, сдѣланному Килеромъ.

рымъ онъ вообще имѣетъ много сходства (§ 77); эти полосы даже еще шире, чѣмъ на Юпитерѣ, но по цвѣту онѣ мало отличаются отъ остальной поверхности планеты, и на Сатурнѣ мы можемъ различать меньше подробностей, чѣмъ на Юпитерѣ, что вполнѣ объясняется матовымъ цвѣтомъ планеты и ея весьма значительнымъ удаленіемъ отъ солнца. На полюсахъ Сатурна видны болѣе темныя шапки, изъ которыхъ прежнимъ наблюдателямъ, напр. В. Гершелю, то одна казалась болѣе свѣтлой, то другая. * Вышеупомянутыя полосы ясно видны на прилагаемой при семъ таблицѣ, на которой изображенъ Сатурнъ по рисунку, сдѣланному американскимъ астрономомъ Килеромъ. *

Въ полосахъ Сатурна иногда происходятъ весьма значительныя измѣненія; по временамъ на этихъ полосахъ, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто и для Юпитера, появляются темныя и свѣтлыя довольно постоянныя пятна. Такъ, Стэнлей Вильямсъ, пользуясь сравнительно слабыми оптическими средствами, начиная съ 1891 года, во время оппозицій неоднократно видѣлъ свѣтлыя пятна въ экваторіальномъ поясѣ планеты, а въ 1893 году онъ наблюдалъ нѣсколько группъ темныхъ точекъ въ одной двойной полосѣ сѣвернаго полушарія. Замѣчательно, что также во время оппозиціи 1894 года Вильямсъ снова безъ всякаго труда наблюдалъ эти образованія, между тѣмъ какъ Барнардъ даже при помощи большого рефрактора Ликской обсерваторіи не могъ ихъ замѣтить.

Въ 1874 году Фогель въ спектрѣ Сатурна, совершенно такъ же, какъ и въ спектрѣ Юпитера, замѣтилъ въ красномъ и оранжевомъ цвѣтахъ сильныя полосы поглощенія, между тѣмъ какъ синіе лучи спектра по его наблюденіямъ испытываютъ равномѣрное поглощеніе. Эти наблюденія въ новѣйшее время были подтверждены Килеромъ. Отсюда можно вывести заключеніе, что Сатурнъ окруженъ густой атмосферой, по физическимъ свойствамъ сходной съ атмосферой Юпитера.

§ 83. **Вращеніе и сжатіе Сатурна.** Изъ наблюденій впадины, которая находилась въ одной полосѣ южнаго полушарія Сатурна и за которой легко можно было слѣдить въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, В. Гершель еще въ 1793 году заключилъ, что планета совершаетъ полный оборотъ около оси въ $10^h\ 16^m\ 0^s$. Второе опредѣленіе продолжительности вращенія было сдѣлано только черезъ 83 года, т.-е. въ 1876 году, А. Холемъ, которому удалось въ теченіе цѣлаго декабря наблюдать при помощи большого рефрактора Вашингтонской обсерваторіи свѣтлое, довольно значительное и хорошо ограниченное пятно въ экваторіальной зонѣ Сатурна: изъ этихъ наблюденій онъ получилъ для времени вращенія Сатурна $10^h\ 14^m\ 24^s$, что вообще согласуется съ результатомъ, найденнымъ В. Гершелемъ.

Наиболѣе точное опредѣленіе времени вращенія Сатурна, повидимому, было сдѣлано Вильямсомъ, причемъ онъ наблюдалъ для этой цѣли вышеупомянутыя свѣтлыя пятна въ экваторіальной зонѣ планеты и темныя пятна въ сѣверномъ ея полушаріи. Что касается свѣтлыхъ экваторіальныхъ пятенъ, то изъ нихъ Вильямсъ получилъ для времени вращенія планеты слѣдующія величины:

Годъ.	Время вращенія.	Число пятенъ.
1891	$10^h\ 14^m\ 21{,}8^s$	5
1892	13 38,2	5
1893	12 59,4	4
1894	12 35,8	15

Отсюда видно, что продолжительность вращенія пятенъ ежегодно уменьшалась на замѣтную величину. Еще интереснѣе тотъ фактъ, что пятна, находящіяся въ различныхъ меридіанахъ, вращаются, повидимому, различнымъ образомъ. Такъ, въ 1894 году, 15 пятенъ были разбиты на три группы, и каждая изъ этихъ группъ дала для времени вращенія Сатурна величины, приведенныя въ нижеслѣдующей табличкѣ:

Группа.	Долгота.	Время вращенія.	Число пятенъ.
1	0^0— 80^0	10^h 13^m 1,7^s	3
2	80 —160	12 40,0	3
3	160 —360	12 25,8	9

Нѣчто подобное же было замѣчено также и для 1893 года: одно пятно, принадлежащее по только-что принятому нами дѣленію къ третьей группѣ, дало для времени вращенія 10^h 12^m 45,9^s, между тѣмъ какъ изъ наблюденій четырехъ вышеупомянутыхъ пятенъ, долгота которыхъ заключается между 0^0 и 140^0, время вращенія получилось на 13,5^s больше.

Темныя пятна въ 1893 и 1894 годахъ были расположены между 17^0 и 27^0 сѣверной кроноцентрической широты *). Изъ этихъ пятенъ, въ среднемъ, получились слѣдующія величины времени вращенія:

Годъ.	Время вращенія.	Число пятенъ.
1893	10^h 14^m 44,7^s	12
1894	15 9,8	11

Такимъ образомъ для этихъ пятенъ время вращенія въ теченіе года сдѣлалось не короче, какъ для экваторіальныхъ пятенъ, а, наоборотъ, длиннѣе. Кромѣ того, мы замѣчаемъ, что для различныхъ точекъ Сатурна время вращенія около оси увеличивается по мѣрѣ удаленія этихъ точекъ отъ экватора планеты, подобно тому какъ это имѣетъ мѣсто также для солнца и Юпитера (§§ 18 и 78). Наконецъ, для темныхъ пятенъ, находящихся между экваторомъ и полюсомъ, замѣчается, какъ и для экваторіальныхъ свѣтлыхъ, зависимость отъ кроноцентрической долготы, и даже въ этомъ случаѣ эта зависимость выражена еще рѣзче, что видно изъ нижеслѣдующей таблички:

1893-й годъ.			Число
Группа.	Долгота.	Время вращенія.	пятенъ
1	45^0—140^0	10^h 14 29,1^s	5
2	175 —340	15 0,7	6
3	340 — 45	14 40,3	1

1894-й годъ			Число
Группа.	Долгота.	Время вращенія.	пятенъ
1	30^0—130^0	10^h 14^m 57,3^s	4
2	140 —200	14 44,2	4
3	240 —360	15 48,0	3

* Такимъ образомъ, по Вильямсу, для продолжительности вращенія Сатурна получаются различныя величины, смотря по времени наблюденія и по характеру пятна. Но, имѣя въ виду, что темныя и свѣтлыя пятна, замѣченныя на Сатурнѣ Вильямсомъ, оказались недоступными ни 36-дюймовому, ни 12-дюймовому рефракторамъ Ликской обсерваторіи, и что въ 30-дюймовый рефракторъ Пулковской обсерваторіи бывшему астроному этой обсерваторіи Герману Струве также никогда не удавалось разглядѣть что-либо на дискѣ Сатурна, едва ли можно относиться съ полнымъ довѣріемъ къ предыдущимъ числамъ, опредѣляющимъ время вращенія планеты. Въ послѣднее время сдѣланы попытки опредѣлить это время спектроскопически, но объ этомъ мы будемъ говорить въ § 86. *

Плоскость экватора Сатурна наклонена къ плоскости его орбиты подъ угломъ, равнымъ приблизительно 30^0, откуда слѣдуетъ, что времена года на этой планетѣ довольно рѣзко выражены и отличаются другъ отъ друга сильнѣе, чѣмъ у насъ на землѣ, между тѣмъ какъ на Юпитерѣ, какъ мы видѣли, почти нѣтъ никакого различія между лѣтомъ и зимой.

Быстрое вращеніе Сатурна около оси заставляетъ насъ предполагать, что эта планета обладаетъ значительнымъ сжатіемъ при полюсахъ. И въ самомъ дѣлѣ, еще В. Гершель нашелъ, что сжатіе Сатурна равно одной одиннадцатой части экваторіальнаго радіуса

*) Кроноцентрической (отъ греческаго слова Кронось, что соотвѣтствуетъ латинскому Сатурнъ) широтой называется угловое возвышеніе какой-нибудь точки на поверхности Сатурна надъ экваторомъ планеты.

Переводчикъ.

планеты, и многочисленныя новѣйшія измѣренія, произведенныя различными астрономами, приводятъ къ подобному же результату.

§ 84. **Система колецъ Сатурна.** Если мы будемъ разсматривать эту планету при помощи весьма слабой трубы, то намъ тотчасъ же броситься въ глаза, что она имѣетъ не круглую форму, подобно другимъ небеснымъ тѣламъ, а эллиптическую, яйцевидную, что, между прочимъ, Штоддартъ, по его собственному утвержденію, замѣтилъ даже невооруженнымъ глазомъ еще въ 1852 году подъ чистымъ небомъ Персіи. Галилей, воспользовавшійся только-что изобрѣтенной въ его время такъ называемой голландской трубой для расширенія нашихъ знаній о звѣздномъ небѣ, тотчасъ же замѣтилъ, что эта планета имѣетъ совершенно особенную форму. Въ своемъ письмѣ отъ 13-го ноября 1610 года къ австрійскому посланнику при великомъ герцогѣ Тосканскомъ онъ слѣдующимъ образомъ описываетъ эту планету: «Наблюдая Сатурна въ трубу, увеличивающую въ 30 разъ, я замѣчаю большую звѣзду посрединѣ и двѣ другія маленькія звѣздочки по сторонамъ — одну къ востоку, другую къ западу; обѣ эти звѣздочки, прикасаясь, повидимому, къ средней звѣздѣ, находятся на линіи, которая не совпадаетъ съ направленіемъ экватора планеты. Эти звѣздочки представляются мнѣ двумя служителями, которые, прислуживая престарѣлому Сатурну, совершаютъ движеніе постоянно вмѣстѣ съ нимъ и всегда остаются каждый на своей сторонѣ. Въ трубу, обладающую еще меньшимъ увеличеніемъ, Сатурнъ представляется продолговатымъ, имѣющимъ форму оливы». Но совершенно озадаченъ былъ Галилей, когда онъ нѣсколько лѣтъ спустя снова наблюдалъ Сатурна и при этомъ замѣтилъ, что вышеупомянутые «два служителя» исчезли. Для объясненія этого явленія онъ могъ только допустить, что первыя его наблюденія были не болѣе, какъ оптическій обманъ.

Послѣ этихъ первыхъ наблюденій истинный видъ Сатурна еще въ теченіе почти цѣлаго полустолѣтія представлялъ для астрономовъ неразрѣшимую загадку. Гевелій, который усердно слѣдилъ за этой планетой съ 1647 до 1656 года, и Гассенди, наблюдавшій ее въ 1636 и 1650 годахъ, также замѣтили, что къ большому шару по сторонамъ прикрѣплены при помощи особыхъ рукавовъ два маленькихъ шарика, и что Сатурнъ вообще изъ года въ годъ мѣняетъ свою форму самымъ удивительнымъ образомъ; но собственно объяснить причину этихъ бросающихся въ глаза измѣненій они не могли, вслѣдствіе чего Гевелій въ своемъ сочиненіи «De Saturni facie, Danzig, 1656» употребляетъ множество разнообразныхъ словъ для обозначенія различныхъ формъ этой планеты. Годіерна былъ того мнѣнія, что Сатурнъ имѣетъ форму яйца съ двумя темными пятнами на обѣихъ сторонахъ, и что измѣненія его вида происходятъ отъ вращенія этого яйца около оси и т. д.

Только выдающемуся астроному и искусному наблюдателю Хр. Гюйгенсу удалось въ 1655 году открыть истинный видъ Сатурна при помощи имъ самимъ построенной, прекрасной для его времени трубы. По обычаю того времени онъ опубликовалъ свое открытіе въ видѣ слѣдующей анаграммы:

Aaaaaaaccccdeeeeeghiiiiiiillllmmnnnnnnnnnoooppqrrsttttttuuuuu.

Въ 1659 г. въ своемъ сочиненіи «Systema Saturnium» онъ далъ рѣшеніе этой анаграммы, а именно:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad ecliptica inclinato.

Сначала противъ такого объясненія формы Сатурна было сдѣлано много возраженій, какъ это обыкновенно бываетъ при всѣхъ важныхъ открытіяхъ, вызывающихъ зависть другихъ. Но всѣ лучшіе астрономы тотчасъ же признали справедливость этого объясненія и старались при помощи своихъ собственныхъ наблюденій дополнить въ мельчайшихъ подробностяхъ сдѣланное Гюйгенсомъ открытіе. Такъ, Кассини въ 1675 году замѣтилъ, что Сатурнъ собственно окруженъ двумя кольцами, концентрическими съ планетою, и что крайнее болѣе узкое кольцо отдѣлено отъ другого, лежащаго въ одной съ нимъ плоскости, промежуткомъ, имѣющимъ видъ широкой темной полосы. Шортъ, Хадлей и другіе своими

наблюденіями не только подтвердили существованіе этого раздѣленія колецъ, но также показали, что внутреннее кольцо ярче внѣшняго, и что цвѣтъ Сатурна отличенъ отъ цвѣта его колецъ. Гершель нашелъ, что цвѣтъ Сатурна—желтоватый, цвѣтъ же его колецъ бѣлый.

Еще въ концѣ прошлаго столѣтія нѣкоторымъ наблюдателямъ, напр., Шорту и Гершелю, удалось кромѣ вышеупомянутаго, такъ называемаго дѣленія Кассини замѣтить еще на крайнемъ болѣе узкомъ кольцѣ намеки на новое дѣленіе въ видѣ крайне нѣжной, тонкой темной линіи. Въ новѣйшее время это дѣленіе неоднократно съ полною ясностью наблюдали Кетеръ, Энке, Жакобъ, Бондъ, Струве и другіе; впрочемъ, по временамъ, этого дѣленія совершенно нельзя было замѣтить. Такъ, въ 1894 году Барнардъ вовсе не видѣлъ этого дѣленія, хотя раньше онъ его наблюдалъ. Впрочемъ кромѣ этого дѣленія различные наблюдатели неоднократно говорили о существованіи другихъ дѣленій на внѣшнемъ кольцѣ. Такъ, напр., въ 1888 году Килеръ видѣлъ еще одно новое дѣленіе, которое въ слѣдующемъ 1889 году еще могъ наблюдать Барнардъ; однако съ тѣхъ поръ никто болѣе не могъ различить его. Поэтому весьма вѣроятно, что дѣленія крайняго кольца съ теченіемъ времени подвергается измѣненіямъ.

Въ декабрѣ 1850 года Бондъ, которому мы обязаны прекрасной монографіей объ этой замѣчательной планетѣ, открылъ около Сатурна еще одно болѣе темное кольцо, которое концентрически окружено другими болѣе свѣтлыми и которое одновременно съ Бондомъ было замѣчено также Довесомъ и Лассселемъ. Впрочемъ слѣды этого кольца были замѣчены гораздо раньше, а именно въ 1664 году — астрономомъ Кампани, въ 1673 году — Пикаромъ, въ 1715 году—Кассини и вскорѣ послѣ него Хадлеемъ и, наконецъ, въ 1838 и 1839 годахъ—астрономомъ Галле; послѣдній считалъ этотъ слабосвѣтящійся предметъ между самой планетой и внутреннимъ кольцомъ не за особенное кольцо, а только за продолженіе внутренняго свѣтлаго кольца.

Довесу и Лассселю мы обязаны еще чрезвычайно интереснымъ открытіемъ относительно темнаго кольца: они доказали его прозрачность. Довесъ въ своемъ журналѣ наблюденій отъ 25 сентября 1852 года вполнѣ опредѣленно говоритъ, что темное кольцо не отбрасываетъ на тѣло Сатурна совершенно черной тѣни, и при этомъ онъ указываетъ на бросающійся въ глаза контрастъ между темносѣрой тѣнью темнаго кольца и совершенно черной тѣнью свѣтлаго кольца. Это обстоятельство дѣлаетъ вѣроятнымъ предположеніе, что темное кольцо, по крайней мѣрѣ отчасти, прозрачно. Въ полномъ согласіи съ этимъ Довесъ и Лассель (послѣдній при помощи своего 20-футоваго телескопа, установленнаго на островѣ Мальтѣ) могли сквозь темное кольцо Сатурна весьма ясно видѣть поверхность планеты. Въ 1894 г. Барнардъ на основаніи своихъ наблюденій вывелъ заключеніе, что яркость темнаго кольца быстро увеличивается при переходѣ отъ внутреннихъ его частей къ внѣшнимъ, и что это темное кольцо безъ рѣзкихъ разграниченій переходитъ во внутреннее свѣтлое. Вмѣстѣ съ тѣмъ прозрачность темнаго кольца постепенно уменьшается при переходѣ отъ внутреннихъ его частей къ внѣшнимъ, такъ что поверхность самой планеты видна только черезъ внутреннія болѣе темныя его части и вовсе не видна черезъ тѣ, которыя граничатъ со свѣтлымъ кольцомъ. Эти заключенія были прекраснымъ образомъ подтверждены наблюденіями Барнарда, произведенными имъ 1 ноября 1889 года во время покрытія спутника Сатурна Япета самимъ Сатурномъ и системой его колецъ. Яркость спутника, когда онъ зашелъ за темное кольцо, стала уменьшаться сначала медленно, а потомъ очень быстро, и, наконецъ, онъ совершенно исчезъ раньше, чѣмъ вступилъ въ тѣнь, отбрасываемую свѣтлымъ кольцомъ. О. Струве полагаетъ, что въ 1851 году онъ видѣлъ на темномъ кольцѣ дѣленіе, подобное дѣленію Кассини; но въ 1882 году онъ его не могъ найти, и съ тѣхъ поръ это дѣленіе не наблюдалось вообще ни однимъ изъ наблюдателей Сатурна. Это обстоятельство, въ связи съ вышеизложеннымъ относительно дѣленій на

внѣшнемъ кольцѣ, указываетъ опять на то, что въ кольцахъ Сатурна еще и теперь происходятъ значительныя измѣненія.

Кромѣ того слѣдуетъ замѣтить, что центръ колецъ, повидимому, не совпадаетъ съ центромъ Сатурна, на что обращали вниманіе еще Швабе, Гардингъ, Гершель, Соутъ и другіе. Наконецъ, на основаніи новѣйшихъ измѣреній Скіапарелли и Мейера оказывается, что различныя кольца не вполнѣ концентричны другъ съ другомъ.

Система колецъ Сатурна на основаніи опредѣленій Бесселя, съ которыми въ полномъ согласіи находятся новѣйшія наблюденія Холя и Хольдена, наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ въ 28°, и долгота восходящаго узла той плоскости, въ которой приблизительно лежатъ всѣ кольца, надъ плоскостью эклиптики составляетъ 167°. Вслѣдствіе наклоненія къ плоскости эклиптики круглое въ дѣйствительности кольцо съ солнца или съ земли усматривается всегда только въ видѣ эллипса. Размѣры этого эллипса съ теченіемъ времени мѣняются, причемъ большая полуось эллипса остается постоянной и при среднемъ удаленіи Сатурна отъ солнца составляетъ круглымъ числомъ 20″, малая же полуось мѣняется въ предѣлахъ отъ 9,5″ до совершенно исчезающей величины, и въ этомъ послѣднемъ случаѣ кольцо представляется въ видѣ прямой линіи, а иногда бываетъ даже совершенно невидимо. На приложенной таблицѣ, къ стр. 379, система колецъ Сатурна изображена на основаніи наблюденій Килера, причемъ кольца въ это время находились въ довольно благопріятныхъ для наблюденій условіяхъ.

Что кольца Сатурна и сама планета посылаютъ намъ только отраженный солнечный свѣтъ, это вытекаетъ изъ того обстоятельства, что наблюдатели часто довольно отчетливо видѣли—съ одной стороны тѣнь, отбрасываемую Сатурномъ на кольца,—съ другой стороны тѣнь, отбрасываемую кольцами на поверхность планеты. Въ спектрѣ колецъ недостаетъ въ красномъ цвѣтѣ одной полосы поглощенія, весьма характерной для спектра Сатурна, и вообще спектръ колецъ ярче спектра планеты. Это послѣднее обстоятельство, а также бо́льшая яркость колецъ сравнительно съ планетой обыкновенно объясняются тѣмъ, что кольца не имѣютъ атмосферы.

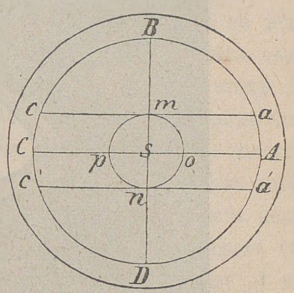


Рис. 147.

Свѣтъ, посылаемый къ намъ во время оппозицій однимъ Сатурномъ, не считая колецъ, по изслѣдованіямъ Цельнера въ среднемъ въ 131000 милліоновъ разъ слабѣе солнечнаго свѣта; что же касается колецъ, то при наиболѣе благопріятныхъ обстоятельствахъ количество свѣта, посылаемаго ими, можетъ даже превосходить количество свѣта, получаемаго нами отъ самой планеты.

§ 85. **Измѣненія видимой формы колецъ Сатурна.** Въ предыдущихъ параграфахъ мы уже неоднократно упоминали, что Сатурнъ въ различныя времена представляетъ весьма различный видъ, и что его кольцо повременамъ бываетъ даже совсѣмъ невидимо. Вслѣдствіе огромной важности и большого интереса этого предмета мы разсмотримъ его нѣсколько подробнѣе, но прежде всего замѣтимъ, что кольца Сатурна въ теченіе полнаго оборота планеты около солнца сохраняютъ свое наклоненіе въ 28° къ плоскости эклиптики и все время остаются параллельными своему первоначальному положенію.

Пусть S (рис. 147) представляетъ солнце, mn—круговую орбиту земли и $ABCD$—орбиту Сатурна. Положимъ, что линія ASC есть линія узловъ кольца, т.-е. линія пересѣченія плоскости кольца съ плоскостью эклиптики, причемъ долгота восходящаго узла A составляетъ 167°, а нисходящаго C—347°. Проведемъ діаметръ BD, перпендикулярный къ линіи узловъ AC. Если Сатурнъ находится въ точкѣ A, иначе говоря, если геліоцентрическая долгота Сатурна равна 167°, то плоскость кольца пересѣкаетъ плоскость

эклиптики по линіи ASC и слѣдовательно проходитъ черезъ центръ солнца. Въ этомъ случаѣ можетъ освѣщаться солнцемъ только узкій край кольца, представляющій его толщину. Въ этотъ моментъ кольцо Сатурна съ солнца представлялось бы въ видѣ прямой линіи. По мѣрѣ же передвиженія Сатурна изъ точки A къ точкѣ B, солнце все болѣе и болѣе освѣщаетъ южную часть кольца, и поэтому воображаемому наблюдателю на солнцѣ кольцо должно казаться все болѣе и болѣе широкимъ; наибольшей ширины кольцо достигаетъ въ тотъ моментъ, когда Сатурнъ занимаетъ положеніе B, и въ это время оно

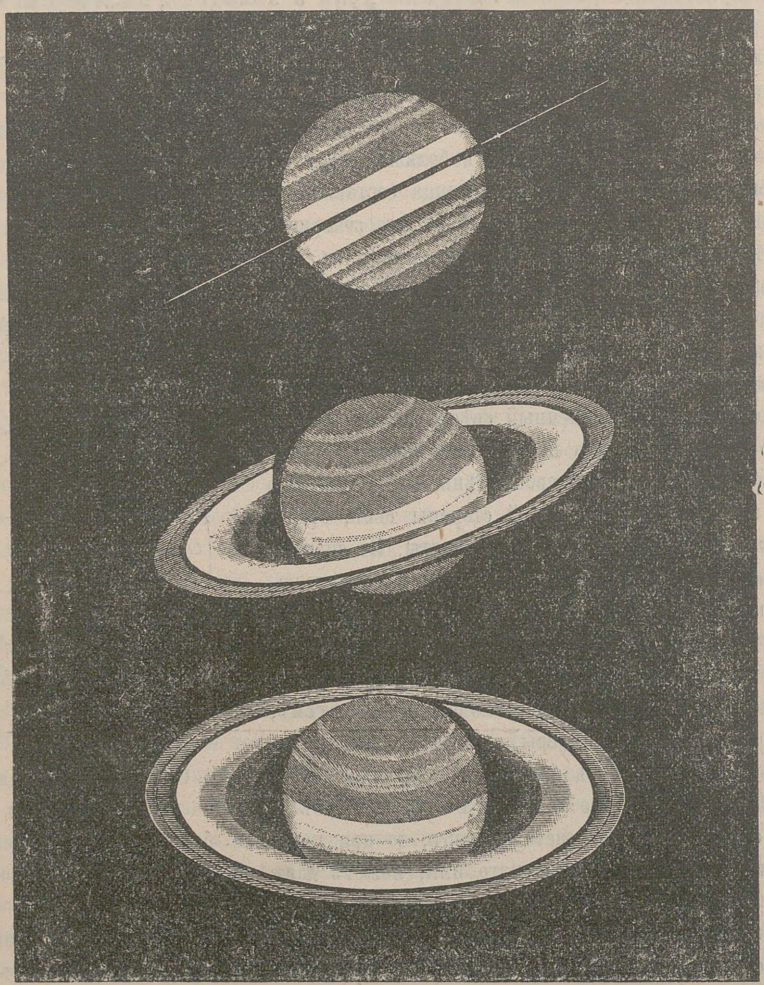


Рис. 148.

имѣетъ видъ, представленный на нижней фигурѣ рисунка 148, причемъ сѣверная часть кольца находится по ту сторону шара, а южная—по эту. Далѣе, при перемѣщеніи Сатурна изъ точки B въ точку C, его кольцо дѣлается все уже и уже и наконецъ, когда планета находится въ точкѣ C, т.-е. когда ея геліоцентрическая долгота равна 347°, солнце опять освѣщаетъ лишь край кольца, и это послѣднее представляется въ видѣ прямой линіи, какъ это изображено на верхней фигурѣ рисунка 148. При передвиженіи Сатурна изъ точки C въ точку D, солнце все болѣе и болѣе освѣщаетъ сѣверную часть кольца, и оно поэтому кажется все болѣе и болѣе широкимъ; наибольшей ширины оно

достигаетъ въ тотъ моментъ, когда Сатурнъ занимаетъ положеніе D, причемъ въ это время сѣверная часть кольца лежитъ по сю сторону планеты, а южная по ту.

Такимъ образомъ, воображаемому наблюдателю, находящемуся на солнцѣ, Сатурнъ два раза въ теченіе полнаго своего оборота около солнца, т.-е. два раза въ теченіе 29,5 лѣтъ, представляется совершенно безъ колецъ. Это бываетъ тогда, когда геліоцентрическая долгота Сатурна равняется 167° или 347°. Точно также два раза въ теченіе полнаго оборота планеты, а именно, когда геліоцентрическая долгота равна 257° и 77°, кольцо Сатурна представляется наиболѣе открытымъ. Промежутокъ времени, протекающій отъ момента, когда кольцо имѣетъ видъ прямой линіи, до момента, когда оно кажется наиболѣе широкимъ, составляетъ 7,4 лѣтъ.

Поэтому, если Сатурнъ занимаетъ на своей орбитѣ одно изъ положеній A или C (рис. 147), то солнцемъ освѣщается лишь край кольца, и кольцо исчезаетъ не только для воображаемаго наблюдателя на солнцѣ, но также и для наблюдателя, находящагося на поверхности земли; впрочемъ, если астрономическая труба, при помощи которой производятся наблюденія, достаточно сильна для того, чтобы сдѣлать для насъ видимой узкую свѣтлую полосу, въ видѣ которой долженъ представиться въ этомъ случаѣ край кольца, то это послѣднее и будетъ намъ казаться тонкой прямой линіей. Это случается тогда, когда Сатурнъ находится въ восточной части созвѣздія Льва или въ восточной части созвѣздія Водолея. Наибольшей же ширины кольцо достигаетъ тогда, когда Сатурнъ находится или въ рогахъ Тельца, или между Скорпіономъ и Стрѣльцомъ.

Однако кольцо Сатурна можетъ исчезать для наблюдателя, находящагося на землѣ, также и по другимъ причинамъ. Во-первыхъ, если плоскость кольца проходитъ черезъ центръ земли, то мы можемъ видѣть только край кольца, иначе говоря, — въ этомъ случаѣ кольца мы совсѣмъ не увидимъ. Это можетъ имѣть мѣсто, напр., тогда, когда земля находится въ точкѣ m (рис. 147), а Сатурнъ въ точкѣ a или c, причемъ плоскость кольца пересѣкаетъ плоскость эклиптики по линіи amc и проходитъ черезъ глазъ наблюдателя, находящагося въ точкѣ m. Во-вторыхъ, если продолженная плоскость кольца проходитъ между землей и солнцемъ, то также и въ этомъ случаѣ кольцо можетъ быть невидимо для насъ. Напр., если земля находится въ точкѣ n, а Сатурнъ между A и a' или между C и c', то плоскость кольца проходитъ гдѣ-нибудь между n и S, и такъ какъ въ этомъ случаѣ неосвѣщаемая сторона кольца обращена къ точкѣ n, т.-е. къ землѣ, то мы его и не можемъ вовсе видѣть. То же самое можетъ случиться, если земля находится вообще гдѣ-нибудь на дугѣ pno своей орбиты, а Сатурнъ занимаетъ положеніе или между точками A и a', или между точками C и c', или если земля находится гдѣ-нибудь на другой половинѣ pno своего пути, а Сатурнъ—или между точками A и a, или между точками C и c.

Само собой понятно, что только-что описанныя исчезновенія кольца должны имѣть мѣсто не задолго до или вскорѣ послѣ того момента, когда плоскость кольца проходитъ черезъ центръ солнца. Но такъ какъ земная орбита по величинѣ значительно меньше орбиты Сатурна, то плоскость кольца въ теченіе 14 лѣтъ подрядъ пересѣкаетъ плоскость эклиптики за предѣлами земной орбиты, такъ что въ продолженіе всего этого промежутка времени къ землѣ обращена освѣщенная солнцемъ сторона кольца, и только въ концѣ этого періода плоскость кольца приблизительно въ теченіе года занимаетъ такое положеніе, что при своемъ продолженіи пересѣкаетъ земную орбиту. Въ тѣхъ случаяхъ, когда плоскость кольца проходитъ черезъ центръ солнца или черезъ центръ земли, кольцо исчезаетъ только на одно мгновеніе, между тѣмъ какъ въ томъ случаѣ, когда плоскость кольца располагается между солнцемъ и землей, оно можетъ сдѣлаться невидимымъ для земли на нѣсколько недѣль.

Далѣе, когда Сатурнъ движется отъ точки A черезъ B къ C (рис. 147), то обра-

щенная къ землѣ половина кольца расположена ниже центра планеты. * Средняя фигура на рисункѣ 148 относится именно къ тому случаю, когда Сатурнъ находится гдѣ-нибудь на дугѣ ABC своей орбиты. * Если же Сатурнъ занимаетъ какое-нибудь положеніе на другой половинѣ CDA своей орбиты, то обращенная къ землѣ часть его кольца лежитъ выше центра планеты *). * На рисункѣ 149 изображены различныя фазы кольца Сатурна въ теченіе полнаго оборота планеты около солнца. *

§ 86. **Вращеніе колецъ и ихъ физическое строеніе.** Въ то время, когда солнцемъ освѣщается только узкій край кольца, наблюдателямъ неоднократно казалось, что тонкая

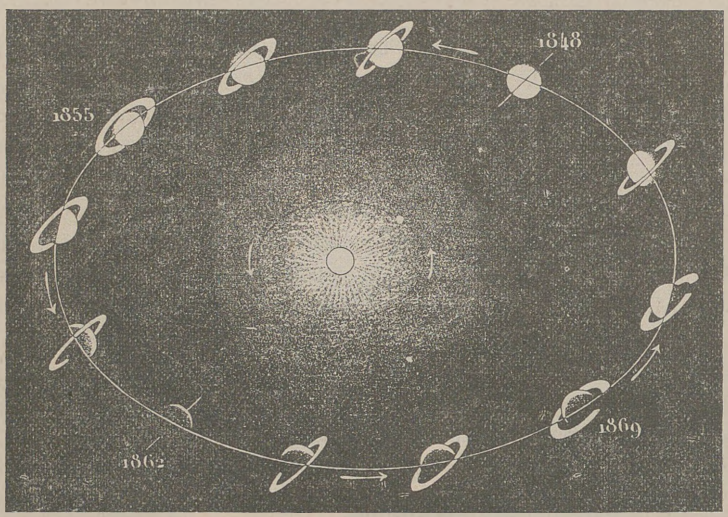


Рис. 149.

свѣтлая линія, въ видѣ которой представляется въ этомъ случаѣ кольцо, прерывается въ нѣсколькихъ мѣстахъ и какъ бы состоитъ изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ прямыхъ линій, которыя поперемѣнно то раздѣляются, то снова соединяются. Кромѣ того, нерѣдко на тонкой свѣтлой линіи наблюдатели видѣли нѣсколько свѣтлыхъ точекъ. Сначала эти

*) Всѣ изслѣдованія относительно вида кольца Сатурна, какъ оно представляется съ солнца или съ земли, могутъ быть произведены при помощи слѣдующаго простого выраженія:

$$b = \mathrm{Sin}\ n\ \mathrm{Sin}\ m.$$

Здѣсь b обозначаетъ малую полуось эллипса, въ видѣ котораго представляется кольцо, въ предположеніи, что большая полуось этого эллипса равна единицѣ, $n = 28^\circ\ 22'$ есть наклоненіе плоскости кольца къ плоскости эклиптики, и m равно долготѣ восходящаго узла плоскости кольца ($166^\circ\ 50'$) безъ геліоцентрической долготы Сатурна, если дѣло идетъ о фигурѣ кольца, усматриваемой съ солнца или безъ геоцентрической долготы планеты, если требуется опредѣлить фигуру кольца, усматриваемую съ земли. Если въ первомъ изъ этихъ случаевъ $b = o$, то кольцо исчезаетъ или, вѣрнѣе, представляется только въ видѣ прямой линіи, такъ какъ плоскость кольца при продолженіи проходитъ черезъ центръ солнца. Если b получается отрицательнымъ, и если, слѣдовательно, m больше 180°, то сѣверная сторона кольца освѣщается солнцемъ; при положительномъ b, наоборотъ, солнце освѣщаетъ южную сторону кольца.

Если во второмъ случаѣ $b = o$, то кольцо исчезаетъ для наблюдателя, находящагося на землѣ, такъ какъ плоскость кольца при продолженіи проходитъ черезъ центръ земли. Если b отрицательное, то это обозначаетъ, что сѣверная сторона кольца обращена къ землѣ. Наконецъ, при различныхъ значеніяхъ m кольцо остается невидимымъ для земли также тогда, когда въ первомъ и во второмъ случаяхъ для b получаются различные знаки, такъ какъ это означаетъ, что къ землѣ обращена неосвѣщенная солнцемъ сторона кольца. Такимъ образомъ ясно, что, зная геліоцентрическую или геоцентрическую долготу Сатурна, мы можемъ для любого момента опредѣлить видъ кольца, какъ оно представляется съ солнца или съ земли.

свѣтлыя точки считали за горы, и по приблизительному подсчету отдѣльныя вершины такихъ горъ должны были возвышаться на огромную высоту въ 1500 километровъ подъ плоскостью кольца. Впрочемъ Бондъ полагаетъ, что эти и имъ подобныя явленія можно объяснить болѣе простымъ образомъ, а именно взаимнымъ свѣтовымъ отраженіемъ краевъ различныхъ колецъ другъ отъ друга, если только допустить, что различныя кольца не лежатъ въ точности въ одной и той же плоскости, но наклонены подъ небольшими углами другъ къ другу и къ плоскости экватора Сатурна, что во всякомъ случаѣ весьма вѣроятно и на что также указываютъ другія наблюденія. Впрочемъ отчасти эти явленія могутъ быть объяснены дѣйствительными измѣненіями, происходящими въ кольцахъ и обусловливаемыми строеніемъ колецъ, о которомъ мы сейчасъ будемъ говорить. На это указываютъ между прочимъ неоднократно наблюдавшіяся особенныя очертанія тѣни, отбрасываемой Сатурномъ на кольца.

Замѣченныя на кольцахъ Сатурна неровности побудили В. Гершеля, который располагалъ лучшими въ его время астрономическими трубами, воспользоваться этимъ обстоятельствомъ для опредѣленія времени вращенія колецъ около центра Сатурна, и при этомъ ему посчастливилось еще въ 1789 году установить, что періодъ вращенія колецъ приблизительно равенъ 10,5 нашимъ часамъ. Справедливость этого результата неоднократно оспаривалась и, между прочимъ, въ началѣ прошлаго столѣтія Шрётеромъ и Гардингомъ. Первый изъ нихъ основывалъ свое возраженіе на томъ, что онъ наблюдалъ двѣ свѣтлыя точки, одну на восточной, другую на западной части кольца, постоянно въ одномъ и томъ же неизмѣнномъ положеніи, и по его мнѣнію не могло быть никакого сомнѣнія въ неподвижности колецъ, такъ какъ въ теченіе одной зимней ночи онъ наблюдалъ эти свѣтлыя точки болѣе 8 часовъ безъ перерыва, причемъ онѣ все время занимали одно и то же положеніе относительно планеты, между тѣмъ какъ на основаніи изслѣдованій Гершеля въ этотъ промежутокъ времени кольцо должно было совершить почти полный оборотъ. Однако нѣсколько лѣтъ спустя Ольберсъ показалъ, что наблюдавшіяся Шрётеромъ свѣтлыя точки не представляли собою неровностей на кольцахъ, а должны быть отнесены къ числу оптическихъ обмановъ и поэтому не могутъ служить опроверженіемъ вращенія колецъ. Но въ серединѣ XIX столѣтія вращеніе колецъ снова оспаривалось Шмидтомъ и Швабе—на этотъ разъ на основаніи упомянутыхъ въ началѣ этого параграфа особенныхъ явленій во время исчезновенія колецъ.

* Выше мы видѣли, что есть основаніе сомнѣваться въ числахъ, опредѣляющихъ вращеніе Сатурна. Что же касается кольца, то съ цѣлью опредѣленія его вращенія, какъ это видно изъ настоящаго параграфа, никто кромѣ Гершеля наблюденій не производилъ. Поэтому заключенія о составѣ и вращеніи кольца до послѣдняго времени дѣлались главнымъ образомъ на основаніи законовъ механики.

Усовершенствованіе же спектральныхъ приборовъ дало новое средство для опредѣленія и изслѣдованія вращенія Сатурна и его кольца.

Первая попытка приложить спектроскопъ съ большой свѣторазсѣивающей силой къ изученію спектра Сатурна были сдѣланы во время оппозиціи 1895 года одновременно Килеромъ въ Алегени (въ Америкѣ), Деландромъ въ Парижѣ и А. А. Бѣлопольскимъ въ Пулковѣ. Килеръ воспользовался для этой цѣли 13-дюймовымъ рефракторомъ, къ которому былъ привинченъ спектрографъ съ двумя призмами. Экспозиція продолжалась два часа. Для ориентировки снимался спектръ луны по обѣ стороны планетнаго спектра. Деландръ пользовался большимъ отражательнымъ телескопомъ, имѣющимъ 1,2 метра въ діамстрѣ. Къ этому телескопу былъ приспособленъ призменный спектрографъ съ большой свѣторазсѣивающей силой. Вмѣстѣ съ спектромъ планеты фотографировались спектральныя линіи водорода. Экспозиція продолжалась одинъ часъ. Въ Пулковѣ былъ употребленъ однопризменный спектрографъ съ средней свѣторазсѣивающей силой, привинченный къ 12-дюй-

мовому фотографическому рефрактору. При этомъ на одной и той же пластинкѣ получались двѣ почти соприкасающіяся спектрограммы: одна отъ одного края кольца, другая отъ другого. Каждая спектрограмма получалась при часовой экспозиціи. Въ промежуткѣ между полученіемъ обѣихъ спектрограммъ фотографировались водородныя линіи, которыя и служили исходными точками при всѣхъ измѣреніяхъ. Такія спектрограммы даютъ возможность на основаніи принципа Доплера-Физо (§ 19) дѣлать заключенія о вращеніи Сатурна и его кольца.

На рис. 150 изображенъ спектръ Сатурна, его кольца и спутника. Характеръ спектра Сатурна изслѣдованъ уже давно преимущественно Фогелемъ и Гуггинсомъ. Спектръ этой планеты въ общемъ есть не что иное, какъ отраженный солнечный спектръ. Кромѣ главныхъ фраунгоферовыхъ линій были замѣчены нѣкоторыя теллурическія линіи въ красномъ цвѣтѣ. Изъ нихъ одна характерная полоса — общая съ подобною же въ спектрѣ Юпитера. Въ синей и фіолетовой части спектра замѣчается общее поглощеніе атмосферой Сатурна, особенно рѣзкое въ экваторіальной зонѣ. Въ спектрѣ колецъ замѣчено лишь слабое присутствіе полосъ въ красномъ цвѣтѣ, что указываетъ на отсутствіе атмосферы. Въ

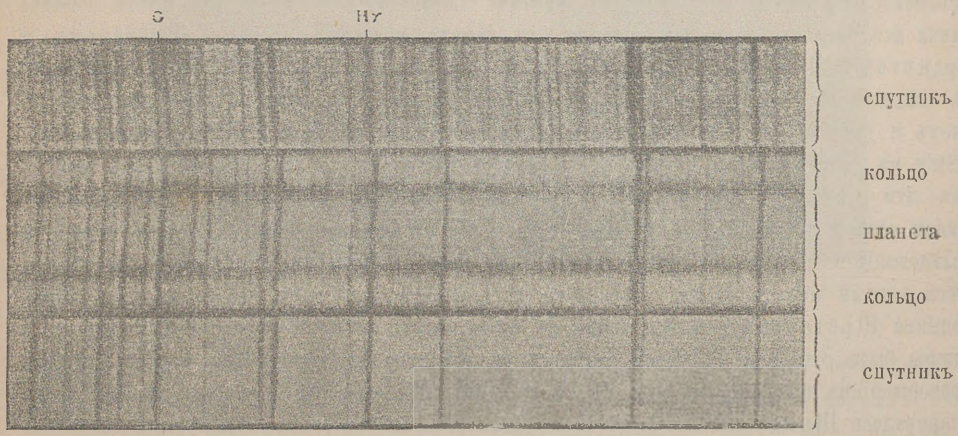


Рис. 150.

новѣйшихъ своихъ изслѣдованіяхъ Фогель указываетъ на полное сходство спектровъ Сатурна и солнца. Это сходство подтверждается также пулковскими спектрограммами. Зато между спектрами Сатурна и его кольца замѣчается большая разница. Спектръ кольца длиннѣе спектра ядра со стороны фіолетоваго конца, что вполнѣ объясняется атмосферой Сатурна. Линіи на спектрограммахъ значительно наклонены къ нормальному положенію. Первое впечатлѣніе, производимое наиболѣе отчетливыми линіями, заключается въ томъ, что линіи спектровъ кольца и диска не составляютъ непрерывнаго продолженія однѣ другихъ, а въ мѣстѣ раздѣла спектра немного изогнуты. На лучшихъ спектрограммахъ замѣтно, что въ спектрѣ кольца линіи наклонены въ противоположную сторону, чѣмъ въ спектрѣ ядра. Что же касается смѣщенія спектральныхъ линій, то различные наблюдатели получили весьма согласные результаты. Въ слѣдующей табличкѣ сопоставлены выведенныя на основаніи этихъ смѣщеній линейныя скорости вращенія на кольцѣ и на экваторѣ планеты по опредѣленіямъ Килера, Деландра и А. А. Бѣлопольскаго. Теоретическія значенія этихъ скоростей вычислены въ предположеніи, что кольцо вращается какъ спутникъ, а для времени вращенія Сатурна принято по Холлю 10,23 часа.

	Экваторъ.	Внутр. край кольца.	Середина кольца.	Внѣшній край кольца.
Килеръ	10,3 кил.	20,0 кил.	18,0 кил.	16,4 кил.
Деландръ . . .	9,4 »	20,1 »	— »	15,4 »
Бѣлопольскій .	9,3 »	21,1 »	— »	15,5 »
Вычисленіе . . .	10,4 »	20,8 »	18,6 »	17,0 »

Замѣтимъ еще, что Кампбель нашелъ для экватора планеты 9,8 километровъ, для середины кольца 17,4 кил. и для разности краевъ кольца 3,1 кил. *

Такимъ образомъ спектрографическія изслѣдованія показываютъ, что внутренній край кольца вращается быстрѣе внѣшняго и что, кромѣ того, въ каждой точкѣ кольца вращеніе происходитъ съ такою скоростью, съ какою долженъ былъ бы совершать свое движеніе около Сатурна находящійся на соотвѣтственномъ мѣстѣ спутникъ. Этотъ результатъ является весьма цѣннымъ, такъ какъ мы такимъ образомъ получаемъ прямое доказательство того, что кольцо Сатурна не можетъ представлять собою одной компактной массы.

Теоретическія соображенія также приводятъ насъ къ заключенію, что система колецъ должна вращаться около Сатурна, такъ какъ въ противномъ случаѣ при малѣйшемъ нарушеніи равновѣсія кольца неминуемо упали бы на планету. Только вращеніе около оси, перпендикулярной къ плоскости колецъ и проходящей черезъ центръ Сатурна, можетъ сообщить кольцамъ извѣстную устойчивость, такъ какъ въ этомъ случаѣ притягательная сила планеты уничтожается центробѣжной силой, развивающейся при вращеніи. Лапласъ, подробно разобравшій этотъ вопросъ при помощи математическаго анализа, кромѣ того еще доказалъ, что даже при вращеніи колецъ ихъ равновѣсіе должно было бы нарушиться отъ малѣйшаго внѣшняго возмущенія въ случаѣ симметричности и однородности ихъ физическаго строенія. Отсюда Лапласъ дѣлаетъ заключеніе, что система колецъ должна состоять изъ нѣкотораго числа концентрическихъ колецъ, причемъ эти кольца могутъ быть или твердыми съ значительными неправильностями въ строеніи, или жидкими. За послѣднее предположеніе высказались также Пирсъ и Бондъ, такъ какъ наблюденія показываютъ, что дѣленіе колецъ, за исключеніемъ дѣленія Кассини, съ теченіемъ времени сильно мѣняется. Однако изслѣдованія Максвеля, которыя впослѣдствіи съ бо́льшими подробностями были развиты Гирномъ, показали, что кольца могутъ продолжительное время находиться въ равновѣсіи только въ томъ случаѣ, если они состоятъ изъ большого числа отдѣльныхъ тѣлецъ, другими словами,—если они представляютъ облаковидныя образованія, причемъ отдѣльныя частички движутся вокругъ планеты съ различными скоростями въ зависимости отъ разстояній, отдѣляющихъ ихъ отъ центра Сатурна. Эти частички или могутъ быть расположены въ видѣ узкаго кольца, или же могутъ безъ всякой правильности переходить изъ одного кольца въ другое. Весьма трудный и не получившій еще окончательнаго рѣшенія вопросъ объ устойчивости колецъ разрабатывался Тиссераномъ, Софьей Васильевной Ковалевской, миссъ Клюмпке и съ особенною подробностью Зелигеромъ, который видитъ главное подтвержденіе гипотезы Максвеля-Гирна въ томъ, что при помощи этой гипотезы могутъ быть не только теоретически объяснены, но даже представлены количественно наблюдавшіяся Мюллеромъ при помощи фотометра значительныя измѣненія яркости колецъ Сатурна. Въ пользу гипотезы Максвеля-Гирна говоритъ также еще то обстоятельство, что главное, такъ называемое Кассиніево, дѣленіе колецъ находится на томъ мѣстѣ, для котораго время обращенія матеріальной частицы около планеты было бы приблизительно въ два раза меньше времени обращенія ближайшаго къ Сатурну спутника—Мимаса, такъ что въ этомъ мѣстѣ орбита такой частицы вслѣдствіе возмущеній этого спутника подверглась бы сильнымъ измѣненіямъ (§ 73).

§ 87. **Размѣры Сатурна и его колецъ.** Изъ многочисленныхъ измѣреній размѣровъ

системы Сатурна мы выбрали приведенные ниже четыре ряда, которые принадлежатъ къ числу наиболѣе полныхъ и были выполнены при помощи самыхъ большихъ инструментовъ. Для сравненія результаты этихъ измѣреній сопоставлены нами въ особой табличкѣ. Измѣренія Бонда были произведены въ промежуткахъ времени съ 1847 до 1856 года при помощи 15-дюймоваго рефрактора, принадлежащаго обсерваторіи Гарвардскаго колледжа въ Кэмбриджѣ въ Массачусетѣ. При этомъ внѣшній діаметръ *an* (рис. 151) внѣшняго кольца получился равнымъ 40,26″. Наблюденія О. Струвс были произведены въ 1882 году при помощи пулковскаго 15-дюймоваго рефрактора. А. Холь производилъ свои измѣренія въ Вашингтонѣ съ 1884 до 1887 года при помощи 26-дюймоваго рефрактора. Наконецъ наблюденія Барнарда были сдѣланы при помощи большого 36-дюймоваго рефрактора Ликской обсерваторіи. Всѣ данныя соотвѣтствуютъ среднему разстоянію отъ Сатурна до солнца, равному 9,539, если за единицу разстояній принять большую полуось земной орбиты. Поэтому, чтобы величины, данныя въ секундахъ, выразить въ километрахъ, надо ихъ умножить на 6875.

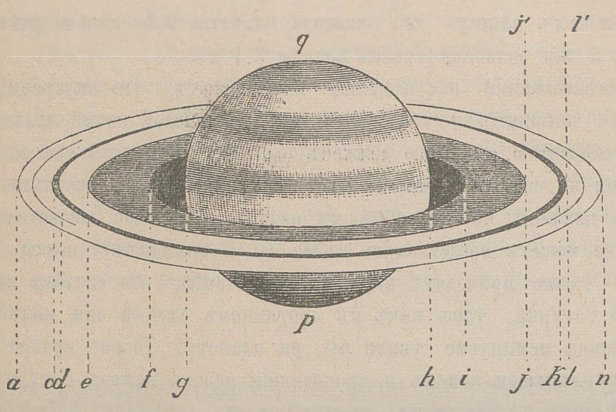


Рис. 151

Несмотря на весьма хорошее вообще согласіе измѣреній, произведенныхъ различными наблюдателями, все же нельзя не сознаться, что вслѣдствіе весьма значительной линейной величины, соотвѣтствующей одной дуговой секундѣ на разстояніи Сатурна, размѣры отдѣльныхъ частей этой системы извѣстны еще очень неточно. Особенно ненадежно опредѣлено сжатіе Сатурна.

		Бондъ.	Струве.	Холь.	Барнардъ.
an	внѣшній діаметръ внѣшняго кольца . . .	40,26″	40,16″	40,45″	40,26″
cl	внутренній діаметръ » » . . .	35,55	—	34,95	34,90
dk	внѣшній діаметръ внутренняго » . . .	34,62	34,16	34,11	33,79
ej	внутренній діаметръ » » . . .	26,41	25,08	25,75	26,56
fi	» » темнаго » . . .	21,74	20,74	20,52	20,44
gh	экваторіальный діаметръ Сатурна	17,23	17,76	17,72	17,77
pq	полярный » »	15,38	—	—	16,34
ac	ширина внѣшняго кольца	2,36	—	2,75	2,68
cd	ширина промежутка	0,47	—	0,42	0,56
de	ширина внутренняго кольца	4,11	4,54	4,18	4,12
ef	ширина темнаго кольца	2,34	2,17	2,62	2,56
fg	разстояніе внутренняго края темнаго кольца отъ поверхности Сатурна	2,26	1,49	1,40	1,34

Толщина кольца такъ мала, что непосредственными измѣреніями она не могла быть получена. Шрётеръ оцѣнилъ ее въ $^1/_8$″, Д. Гершель считалъ ее меньше 0,06″, а Бондъ, опираясь на теоретическія соображенія, полагалъ, что ширина кольца меньше 0,01″. Различіе этихъ чиселъ ясно показываетъ, что такимъ образомъ едва ли мы можемъ получить истинныя свѣдѣнія о толщинѣ кольца. Поэтому были сдѣланы попытки достичь цѣли другимъ путемъ. На основаніи возмущеній, которыя кольцо оказываетъ на движеніе спут-

ника Сатурна—Титана, Бессель нашелъ, что масса кольца составляетъ $^1/_{118}$ массы Сатурна. Тиссеранъ же, изслѣдуя движеніе перисатурнія *) Мимаса и принимая во вниманіе сжатіе планеты, уменьшилъ это число до $^1/_{620}$. Останавливаясь на этомъ послѣднемъ числѣ, мы находимъ, что масса кольца равняется приблизительно $^1/_8$ массы земли (§ 81). Допустимъ далѣе, что плотность вещества, изъ котораго состоитъ кольцо, равна плотности Сатурна и, слѣдовательно, составляетъ $^1/_8$ плотности земли. Въ такомъ случаѣ кольцо должно обладать объемомъ, равнымъ объему земли, откуда слѣдуетъ, что толщина кольца составляетъ 24,4 километра или $^1/_{280}''$. Принимая для массы кольца величину, найденную Бесселемъ, мы для толщины кольца получили бы 128 километровъ или $^1/_{53}''$.

§ 88. **Видъ кольца съ Сатурна.** Любители звѣзднаго неба, представляющагося такимъ красивымъ съ нашей земли, легко могутъ вообразить, что для жителей Сатурна оно является еще болѣе красивымъ. Если нѣжный свѣтъ луны, такъ уютно освѣщающій наши ночи, возбуждаетъ въ насъ возвышенныя мечты, то какихъ наслажденій можно ожидать тамъ, гдѣ звѣздное небо не менѣе богато различными красотами, гдѣ, кромѣ того, восемь лунъ освѣщаютъ мракъ ночи, и гдѣ, наконецъ, большое кольцо, простирающееся въ видѣ свѣтлой полосы по всему небу, благодаря постоянно мѣняющемуся его виду должно привлекать къ себѣ вниманіе очарованнаго наблюдателя!

One moon to us reflects its cheerful light,
There many attendants brighten up the night.
Here the blue firmament bedecked with stars,
There over head a lucid arch appears **). *Barker.*

Однако мы полагаемъ, что, если бы нашимъ поэтамъ пришлось переселиться на эту планету, то они очень скоро пожелали бы вернуться обратно къ намъ, такъ какъ едва ли бы пришлись имъ по душѣ весьма маленькій солнечный дискъ, видимый съ Сатурна, и тотъ полумракъ, который господствуетъ на Сатурнѣ и благодаря которому самый яркій день на этой планетѣ можно сравнить лишь съ глубочайшими нашими сумерками. Крайне быстрая смѣна дня и ночи, четыре строго отличающіяся другъ отъ друга времени года, изъ которыхъ каждое продолжается 7,5 нашихъ лѣтъ и слѣдовательно въ 30 разъ длиннѣе, чѣмъ у насъ на землѣ,—все это, безъ сомнѣнія, должно было бы оказать весьма неблагопріятное вліяніе на нашу растительную и животную жизнь, особенно если бы намъ пришлось жить въ странахъ, удаленныхъ отъ экватора Сатурна, такъ какъ болѣе значительная часть каждаго полушарія этой планеты во время осени и зимы приблизительно въ теченіе 14 нашихъ лѣтъ остаётся погребенной во мракѣ ночи.

Такъ какъ плоскость кольца почти совпадаетъ съ плоскостью экватора Сатурна, то для жителей жаркаго пояса этой планеты, если только въ примѣненіи къ ней можно употребить такое выраженіе, кольцо остается всегда невидимымъ, такъ какъ оно въ этихъ мѣстахъ постоянно находится въ зенитѣ и обращено къ планетѣ не широкой своей поверхностью, а только узкимъ краемъ, который къ тому же никогда не освѣщается солнцемъ. Такимъ образомъ для жителей жаркаго пояса кольцо представляется въ видѣ узкой темной полосы, простирающейся черезъ весь небесный сводъ, и оно не только не посылаетъ свѣта жителямъ планеты, но скорѣе само скрываетъ отъ наблюдателей нѣкоторыя неподвижныя звѣзды, и спутники Сатурна, которые, какъ мы впослѣдствіи увидимъ, совершаютъ свое движеніе въ плоскости кольца, для жителей тропическихъ странъ часто покрываются кольцомъ на болѣе или менѣе продолжительное время.

---

*) Перисатурніемъ какого-нибудь спутника называется та точка его орбиты, которая находится въ кратчайшемъ разстояніи отъ центра Сатурна. *Переводчикъ.*

**) Намъ только одна луна посылаетъ свой все оживляющій свѣтъ, тамъ же нѣсколько спутниковъ освѣщаютъ ночь. Здѣсь голубой сводъ усѣянъ звѣздами, тамъ надъ головой появляется яркая дуга. (*Баркеръ*).

Если такимъ образомъ жители экватора Сатурна не могутъ видѣть кольца, то еще менѣе можемъ мы завидовать жителямъ полярныхъ странъ этой планеты. Жители холодныхъ странъ, простирающихся до 24° отъ обоихъ полюсовъ по направленію къ экватору, могли бы съ наибольшимъ удобствомъ воспользоваться наблюденіями кольца благодаря тому, что тамъ ночь продолжаются приблизительно 14 нашихъ лѣтъ; но къ сожалѣнію они никогда не могутъ видѣть кольца, такъ какъ оно находится такъ близко къ планетѣ, что для полярныхъ странъ постоянно остается подъ горизонтомъ. При бо́льшемъ удаленіи отъ полюсовъ кольцо дѣлается отчасти видимымъ, и только жители тѣхъ странъ, которыя удалены отъ полюсовъ по крайней мѣрѣ на 35°, могутъ видѣть кольцо во всей его ширинѣ, равной 12°. Но и они немного могутъ извлечь пользы изъ своихъ наблюденій, такъ какъ кольцо для нихъ находится постоянно весьма близко къ горизонту. При дальнѣйшемъ приближеніи къ экватору кольцо поднимается все выше и выше надъ горизонтомъ, но зато въ то же время дѣлается все уже и уже, и, наконецъ, жители экватора, какъ было выше сказано, могутъ видѣть только узкій и притомъ не освѣщаемый солнцемъ край кольца.

Итакъ, на Сатурнѣ только жители тѣхъ странъ, которыя удалены отъ экватора въ обѣ стороны до 55°, наслаждаются видомъ полнаго кольца; для нихъ оно представляется въ видѣ свѣтлой полосы на небѣ, и притомъ для странъ болѣе близкихъ къ экватору оно находится высоко надъ горизонтомъ, но зато обладаетъ лишь весьма незначительной шириной; по мѣрѣ же удаленія отъ экватора онъ дѣлается все шире и шире, но вмѣстѣ съ тѣмъ все болѣе и болѣе приближается къ горизонту. Такимъ образомъ тѣ страны, для которыхъ кольцо располагается вблизи горизонта, повидимому, могли бы считаться наиболѣе удобными для наблюденій кольца; однако ихъ преимущества въ этомъ отношеніи далеко не такъ велики, какъ это, можетъ-быть, кажется съ перваго взгляда. Изъ двухъ широкихъ поверхностей кольца всегда только одна освѣщается солнцемъ, и эта освѣщенная сторона кольца можетъ быть видима только съ того полушарія планеты, которое къ ней обращено. Вмѣстѣ съ тѣмъ это полушаріе планеты также обращено къ солнцу, на немъ имѣетъ мѣсто лѣто, и это является неблагопріятнымъ обстоятельствомъ для наблюденія кольца; между тѣмъ какъ для другого полушарія, на которомъ въ это время имѣетъ мѣсто зима и жители котораго вслѣдствіе длинной ночи лучше всего могли бы воспользоваться освѣщеніемъ кольца для его наблюденій, кольцо остается неосвѣщеннымъ. Къ этому надо еще прибавить, что съ обращеннаго къ солнцу полушарія планеты освѣщенную часть кольца можно видѣть только днемъ, когда и безъ того сіяетъ солнце, между тѣмъ какъ ночью, когда отраженный отъ кольца свѣтъ могъ бы замѣнить собою солнечный свѣтъ, Сатурнъ отбрасываетъ на кольцо свою тѣнь, и оно остается невидимымъ такъ сказать вслѣдствіе затменія. Другое же полушаріе Сатурна, на которомъ имѣетъ мѣсто зима, обращено къ неосвѣщенной части кольца, и потому для жителей этого полушарія кольцо остается совершенно невидимымъ, и даже скорѣе можетъ случиться, что кольцо на время скроетъ отъ наблюдателей ту или другую звѣзду или даже самое солнце.

Но если жители Сатурна не могутъ, по нашимъ взглядамъ, наслаждаться въ достаточной мѣрѣ видомъ кольца, то, можетъ-быть, жизнь на кольцѣ, если только объ этомъ можетъ быть рѣчь, имѣетъ больше пріятныхъ сторонъ? По этому поводу наши читатели и сами могутъ сдѣлать заключеніе, если только изъ предыдущаго вспомнятъ, что на каждой изъ широкихъ сторонъ кольца въ теченіе 15 нашихъ лѣтъ имѣютъ мѣсто попеременно то непрерывный день, то непрерывная ночь, и что въ теченіе такого 15-лѣтняго дня весьма часто случаются солнечныя затменія, причиной которыхъ является огромный шаръ Сатурна.

Но какъ бы ни казались эта планета и ея кольцо неудобными для жизни существъ, подобныхъ намъ самимъ, тѣмъ не менѣе было бы совершенно несправедливо на основаніи того, что для насъ удобно или неудобно, тотчасъ же дѣлать подобное же заключеніе также

относительно другихъ небесныхъ тѣлъ и относительно другихъ твореній, устройство и организація которыхъ могутъ быть совершенно отличны отъ нашихъ, такъ что то, что намъ внушило бы только ужасъ и отвращеніе и, можетъ-быть, привело бы насъ къ скорой погибели, для нихъ можетъ представлять возвышенное и благотворно дѣйствующее зрѣлище.

ГЛАВА IX.

Уранъ.

§ 89. **Разстояніе и время обращенія Урана.** Уранъ, въ сопровожденіи четырехъ спутниковъ, совершаетъ свое движеніе около солнца на разстояніи, которое приблизительно въ два раза больше средняго разстоянія отъ Сатурна до солнца. Сидерическое время обращенія Урана составляетъ 30686,82, тропическое 30587,21 и синодическое 369,42 дней (часть I, §§ 84, 85 и 86).

Среднее разстояніе отъ Урана до солнца равняется 2850 милліонамъ километровъ. Быстроходное парусное судно, пробѣгающее 30 километровъ въ часъ, прошло бы это разстояніе только въ 10840 лѣтъ; звукъ, проходящій 1190 километровъ въ часъ, могъ бы дойти отъ солнца до Урана въ 273 года. Для свѣта же, распространяющагося съ его ужасающей быстротой, требуется только 2 часа 39 мин., чтобы достичь отъ солнца до Урана.

Такъ какъ орбита Урана почти круговая, то въ перигеліи онъ приближается къ солнцу на 2720 милліоновъ километровъ, а въ афеліи удаляется отъ него на 2980 милліоновъ километровъ. Разстояніе отъ Урана до земли во время оппозиціи составляетъ 2570, а во время соединенія 3135 милліоновъ километровъ. Въ первомъ случаѣ видимый діаметръ Урана равняется 4,7″, во второмъ—3,9″, причемъ планета всегда имѣетъ яркость звѣзды 5-ой или 6-ой величины; поэтому Уранъ еще можетъ быть замѣченъ невооруженнымъ глазомъ. Свѣтъ, посылаемый къ намъ Ураномъ во время оппозиціи, по изслѣдованіямъ Цельнера, въ 8,5 биллліоновъ разъ слабѣе солнечнаго. Истинный діаметръ Урана составляетъ 59200 километровъ и, слѣдовательно, приблизительно въ 5 разъ больше діаметра земли.

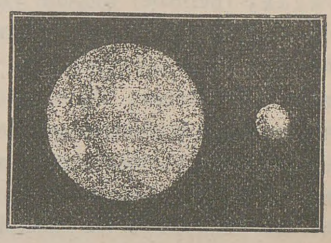


Рис. 152.

Сравнительные размѣры Урана и земли представлены на рис. 152.

§ 90. **Открытіе Урана и общія свѣдѣнія о немъ.** Эта планета была открыта 13 марта 1781 года въ маленькомъ мѣстечкѣ Батъ, недалеко отъ Лондона, Гершелемъ при помощи имъ самимъ изготовленнаго семифутоваго телескопа. Такъ какъ это новое тѣло имѣло замѣтный дискъ, между тѣмъ какъ неподвижныя звѣзды представляются въ видѣ блестящихъ точекъ, и такъ какъ оно, кромѣ того, перемѣщалось среди звѣздъ, то Гершель сразу призналъ въ немъ планету. Такъ какъ Уранъ движется очень медленно и совершаетъ полный оборотъ около солнца приблизительно въ 84 года, то прошло бы много времени, пока онъ описалъ бы довольно значительную часть своей орбиты, и такимъ образомъ явилась бы возможность съ достаточною точностью опредѣлить элементы его орбиты. Однако, въ скоромъ времени Боде въ звѣздномъ каталогѣ Фламстида и Лихтенбергъ въ каталогѣ Майера отыскали старыя наблюденія Урана, произведенныя первымъ изъ этихъ наблюдателей въ 1690, а вторымъ въ 1756 году, причемъ оба наблюдателя не замѣтили собственнаго движенія этой планеты и потому приняли ее за неподвижную звѣзду. Вскорѣ послѣ этого было

отыскано еще нѣсколько старыхъ наблюденій Урана, и черезъ это сдѣлалось возможнымъ опредѣлить элементы его орбиты съ большою для того времени точностью, несмотря на то, что онъ со времени открытія описалъ лишь небольшую часть своей орбиты. Гершель сначала хотѣлъ назвать новое свѣтило Georgium Sidus въ честь своего короля; однако въ скоромъ времени одержало верхъ предложеніе Боде дать новой планетѣ имя Урана, что являлось болѣе подходящимъ для большой планеты, въ особенности если имѣть въ виду также имена другихъ планетъ. Для Урана былъ выбранъ знакъ ♅.

Выше было упомянуто, что діаметръ Урана составляетъ 59200 километровъ. Отсюда слѣдуетъ, что его поверхность въ 21 разъ и объемъ въ 92 раза превосходятъ поверхность и объемъ нашей земли. Масса Урана въ 15 разъ больше массы земли. Поэтому плотность его приблизительно въ 6 разъ меньше плотности земли и, слѣдовательно, весьма близка къ плотности нашей воды. На поверхности Урана свободно падающія тѣла въ первую секунду проходятъ 3,2 метра, т.-е. на 1,7 метра меньше, чѣмъ у насъ на землѣ, причемъ мы въ этомъ случаѣ не можемъ, какъ въ случаѣ другихъ планетъ, принять во вниманіе уменьшеніе силы тяжести вслѣдствіе вращенія, такъ какъ время вращенія для Урана до сихъ поръ еще не опредѣлено. Самъ Уранъ проходитъ по своей орбитѣ 6,8 километровъ въ секунду, такъ что скорость движенія этой планеты въ 4 раза меньше скорости движенія земли. Діаметръ солнечнаго диска усматривается на поверхности Урана подъ угломъ 1,7′, такъ что видимый діаметръ солнца, усматриваемый съ Урана, въ 19 разъ меньше видимаго діаметра солнца, усматриваемаго съ земли. Поэтому освѣщеніе, получаемое Ураномъ отъ солнца, въ 19^2 или приблизительно въ 360 разъ слабѣе освѣщенія, получаемаго землей.

§ 91. **Вращеніе, сжатіе и спектръ Урана.** Такъ какъ эта планета находится очень далеко отъ насъ, то мы относительно ея поверхности почти ничего не знаемъ кромѣ того, что она представляется намъ въ видѣ маленькаго круглаго слабо освѣщеннаго диска. Буфхаму (Buffham) впервые удалось въ 1870 и 1872 годахъ наблюдать, каждый разъ въ теченіе одного вечера, два свѣтлыхъ пятна, и на основаніи этихъ наблюденій по его мнѣнію можно было заключить, что планета совершаетъ полный оборотъ около оси приблизительно въ 12 часовъ. Въ 1883 году Скіапарелли и Юнгъ неоднократно, но только въ теченіе весьма короткаго времени, наблюдали на поверхности Урана пятна и полосы. Нѣсколько бо́льшею опредѣленностью отличаются произведенныя въ 1884 и 1886 годахъ наблюденія Перротэна, которому удалось замѣтить на дискѣ Урана образованія, подобныя полосамъ Юпитера и Сатурна. Но его наблюденія все же еще слишкомъ неопредѣленны, чтобы изъ нихъ можно было вывести какое-нибудь заключеніе о времени вращенія Урана.

Совершенно также скудны наши свѣдѣнія и относительно сжатія Урана. Что Уранъ обладаетъ сжатіемъ и притомъ довольно значительнымъ, это подозрѣвалъ еще В. Гершель. На основаніи измѣреній Медлера, произведенныхъ въ 1842 и 1843 годахъ, для сжатія Урана получилась, повидимому, съ большою точностью величина, равная $^1/_{10}$. Подобную же величину вывели изъ своихъ измѣреній Юнгъ и Скіапарелли, между тѣмъ какъ другіе выдающіеся наблюдатели, какъ-то: О. Струве, Энгельманъ, Кайзеръ, Милозевичъ, Зелигеръ и т. д. считаютъ дискъ этой планеты совершенно круглымъ. Поэтому по крайней мѣрѣ относительно величины сжатія Урана мы находимся пока еще въ полномъ невѣдѣніи. Допуская, что сжатіе Урана составляетъ $^1/_{10}$, какъ это нашелъ Медлеръ, Хузо, на основаніи теоретическихъ соображеній, вычислилъ, что время вращенія планеты должно заключаться между 7,3 и 12,5 часами.

Спектръ Урана былъ изученъ прежде всего Секки и Фогелемъ, затѣмъ Гуггинсомъ и въ новѣйшія времена Килеромъ. Въ спектрѣ Урана кромѣ большого числа фраунгоферовыхъ линій мы замѣчаемъ широкую полосу поглощенія въ красномъ цвѣтѣ, на томъ же самомъ мѣстѣ, гдѣ подобная же полоса находится въ спектрахъ Юпитера и

Сатурна. Кромѣ того спектръ Урана характеризуется свойственными только ему полосами поглощенія въ желтомъ, зеленомъ и зеленоголубомъ цвѣтахъ (рис. 153). Отсюда несомнѣнно вытекаетъ, что Уранъ окруженъ плотной атмосферой.

§ 92. **Времена года на Ураиѣ.** Впослѣдствіи (гл. XIII) мы узнаемъ, что плоскости орбитъ спутниковъ Урана съ одной стороны и плотность орбиты самой планеты съ другой стороны приблизительно взаимно перпендикулярны, причемъ плоскость орбиты Урана почти совпадаетъ съ плоскостью нашей эклиптики. Такъ какъ спутники всѣхъ извѣстныхъ намъ до сихъ поръ планетъ движутся приблизительно въ плоскости экватора своей планеты, то мы съ большою вѣроятностью можемъ допустить, что плоскость экватора Урана приблизительно перпендикулярна къ плоскости его орбиты и что, слѣдовательно, наклонность эклиптики для этой планеты составляетъ приблизительно 90°. Выше (часть I, § 37) уже было показано, какимъ образомъ должно вліять на климаты и на времена года планеты подобное взаимное расположеніе плоскостей экватора и эклиптики. На Ураиѣ не существуетъ почти никакого различія въ климатахъ. Другими словами, это значитъ, что относительно положенія солнца на небѣ въ различныя времена года совершенно безразлично, лежитъ ли данная страна вблизи экватора или вблизи полюсовъ, такъ какъ въ каждой точкѣ на поверхности этой планеты, не исключая даже обоихъ полюсовъ, солнце два раза въ году бываетъ въ зенитѣ. Въ началѣ весны и осени въ экваторіальныхъ странахъ

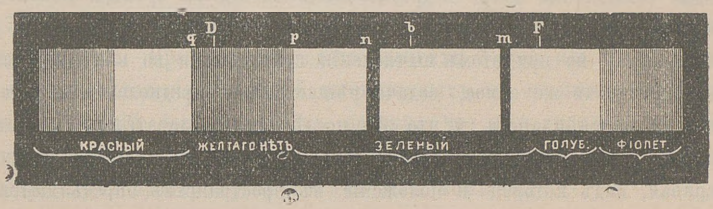


Рис. 153.

солнце бываетъ въ зенитѣ, въ странахъ же, лежащихъ около полюсовъ, оно находится вблизи горизонта, и въ это время на всей поверхности Урана день равенъ ночи. Однако, спустя короткое время послѣ этого, даже въ странахъ, лежащихъ вблизи экватора замѣчается уже значительная разность въ длинѣ дня и ночи, и въ началѣ лѣта или зимы солнце находится въ зенитѣ соотвѣтственно на сѣверномъ или южномъ полюсахъ Урана; страны, расположенныя вокругъ этихъ полюсовъ, въ теченіе 42 нашихъ лѣтъ имѣютъ или непрерывный день или непрерывную ночь. Такимъ образомъ упомянутое расположеніе плоскости экватора Урана обусловливаетъ возможно наибольшее различіе между временами года. Другими словами, насколько мало отличаются экваторіальныя страны отъ полярныхъ въ отношеніи средней температуры, освѣщенія, растительности и т. д., настолько же огромною является разница, имѣетъ ли мѣсто въ данной сѣверной или южной странѣ весна, лѣто, осень или зима, такъ какъ на Ураиѣ, вслѣдствіе весьма большой наклонности эклиптики, времена года гораздо рѣзче отличаются другъ отъ друга, чѣмъ у насъ на землѣ, если только солнце тамъ вообще оказываетъ на это какое-нибудь замѣтное вліяніе.

Какіе жители могли бы существовать на такой планетѣ, съ которой видимые размѣры солнца представляются въ 360 разъ меньше, чѣмъ отъ насъ съ земли, и на которой даже въ полдень господствуетъ полный мракъ, причемъ эти жители должны переносить весьма рѣзкія перемѣны временъ года и прежде всего такой холодъ, отъ котораго у насъ на землѣ внезапно прекратилась бы всякая жизнь,—объ этомъ мы предоставляемъ судить самимъ читателямъ.

ГЛАВА X.

Нептунъ.

§ 93. **Неправильности въ движеніи Урана; догадки о существованіи планеты за Ураномъ.** Болѣе чѣмъ черезъ 60 лѣтъ послѣ того какъ В. Гершель, открывъ Урана, расширилъ вдвое предѣлы солнечной системы, послѣднимъ членомъ которой въ теченіе тысячелѣтій считался Сатурнъ, предѣлы эти неожиданнымъ образомъ были увеличены еще на 10 радіусовъ земной орбиты благодаря открытію новой планеты, открытію, которое является единственнымъ въ исторіи астрономіи и которое не можетъ быть сравниваемо ни съ какимъ другимъ открытіемъ. Въ то время какъ другія новыя планеты открывались либо случайно, либо благодаря правильно организованному осмотру извѣстныхъ частей неба, причемъ всегда важную роль игралъ счастливый случай, существованіе Нептуна было предугадано на основаніи его вліянія на движеніе Урана, и мѣсто этой новой планеты на небесной сферѣ было указано раньше, чѣмъ она была замѣчена.

Мы уже выше, именно въ § 66, говорили о томъ, какимъ образомъ поступаютъ астрономы для того, чтобы болѣе подробно ознакомиться съ орбитой новой планеты. Сначала они вычисляютъ изъ имѣющихся въ ихъ распоряженіи наблюденій этой планеты элементы ея орбиты, но при этомъ вычисленіи принимается во вниманіе только притяженіе солнца или, что то же самое, задача рѣшается въ предположеніи, что существуютъ только солнце и новая планета, и что эта послѣдняя, слѣдовательно, не подвергается дѣйствію никакого другого тѣла. При такихъ условіяхъ орбитой планеты должна быть эллиптическая кривая, видъ которой и положеніе въ пространствѣ опредѣляются слѣдующими элементами: большою полуосью, эксцентриситетомъ, долготой восходящаго узла, наклонностью, долготой перигелія и временемъ прохожденія планеты черезъ какую-нибудь точку орбиты или такъ называемой эпохой. Два первыхъ элемента опредѣляютъ форму эллипса, третій и четвертый — положеніе плоскости орбиты въ пространствѣ, пятый — положеніе эллиптической кривой въ ея плоскости и шестой—положеніе планеты на орбитѣ.

Вычисливъ на основаніи наблюденій эти элементы, мы можемъ опредѣлить относительное положеніе новой планеты по отношенію ко всѣмъ остальнымъ планетамъ для любого момента и, вмѣстѣ съ тѣмъ, можемъ вычислить дѣйствіе этихъ тѣлъ на ея движеніе или такъ называемыя возмущенія планеты. Только послѣ этого дѣлается возможнымъ освободить наблюденія, изъ которыхъ были выведены первые приближенные элементы, отъ вліянія возмущеній и привести ихъ къ такому виду, какъ будто бы планета была подвержена только дѣйствію солнца. Изъ такихъ исправленныхъ наблюденій опредѣляютъ уже точные элементы эллиптической орбиты, описываемой планетой около солнца. Далѣе, астрономы въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ это позволяютъ свойства орбиты, составляютъ таблицы, облегчающія предвычисленіе видимыхъ изъ центра солнца или такъ называемыхъ геліоцентрическихъ положеній планеты для любого момента, причемъ въ эти таблицы включаютъ также возмущенія, производимыя другими планетами. Пользуясь взятыми изъ такой таблицы геліоцентрическими (часть I, § 83) положеніями планеты, астрономы находятъ при помощи легкихъ и весьма простыхъ вычисленій ея геоцентрическія (часть I, § 79) положенія. Если такимъ образомъ будетъ вычислено движеніе планеты на нѣсколько лѣтъ впередъ, и если затѣмъ окажется, что вычисленныя положенія хорошо согласуются съ наблюдаемыми, то элементы, на основаніи которыхъ построены таблицы, слѣдуетъ считать точными. Напротивъ того, если съ теченіемъ времени будетъ замѣчено отклоненіе вычисленныхъ положеній планеты отъ наблюдаемыхъ, то элементы необходимо еще исправить, и ихъ испра-

вляютъ такимъ образомъ до тѣхъ поръ, пока не получится желаемое согласіе вычисленій съ наблюденіями.

При вычисленіи орбиты Урана этотъ путь былъ предложенъ Деламбромъ, который въ 1789 году построилъ первыя таблицы движенія Урана, основанныя на тщательно опредѣленныхъ элементахъ его орбиты. Эти таблицы согласовались съ наблюденіями до второго десятилѣтія XIX вѣка; но затѣмъ стало замѣчаться постепенно возраставшее съ теченіемъ времени расхожденіе между вычисленными и наблюдаемыми положеніями Урана, расхожденіе, которое въ 1821 году достигло въ долготѣ одной минуты слишкомъ, и это обстоятельство побудило А. Бувара заняться новой обработкой всѣхъ имѣвшихся въ его распоряженіи наблюденій планеты. Въ этомъ отношеніи можно было воспользоваться уже весьма богатымъ матеріаломъ, а именно 40-лѣтними наблюденіями съ 1781 до 1821 года и 19-ю старыми наблюденіями, произведенными въ промежутокъ времени съ 1690 до 1771 года Фламстидомъ, Брадлеемъ, Майеромъ и Лемонье, которые принимали эту планету за неподвижную звѣзду 6-й величины. Такимъ образомъ наблюденія Урана охватывали промежутокъ времени въ 130 лѣтъ или болѣе чѣмъ полтора оборота планеты, и потому съ полнымъ правомъ можно было ожидать, что тщательная и цѣлесообразная обработка наблюденій дастъ возможность опредѣлить весьма хорошо орбиту, которая будетъ согласоваться съ наблюденіями въ теченіе многихъ лѣтъ. Но, къ всеобщему удивленію, оказалось невозможнымъ только-что упомянутыя старыя наблюденія, произведенныя съ 1690 до 1771 года, удовлетворительно представить тою же самою системою элементовъ, какъ и новѣйшія. Пробовали выводить элементы Урана изъ старыхъ наблюденій, но въ такомъ случаѣ отклоненія положеній, вычисленныхъ на основаніи этихъ элементовъ, отъ новѣйшихъ наблюденій были настолько велики, что ихъ никоимъ образомъ нельзя было считать ошибками наблюденій. Поэтому Буваръ совершенно отбросилъ 19 старыхъ наблюденій и опредѣлилъ орбиту Урана только изъ новыхъ.

Однако въ скоромъ времени, такъ сказать, наступила месть за неправильное исключеніе старыхъ наблюденій: появившіяся въ 1821 году таблицы Бувара уже въ 1830 г. были ошибочны по долготѣ отъ 15″ до 20″, а по широтѣ отъ 10″ до 15″, а къ 1842 г. ошибки таблицъ возросли по долготѣ до 2′, а по широтѣ до 30″ и даже 40″. Эти бросающіяся въ глаза неправильности и, если можно такъ выразиться, то упрямство, съ которымъ новая планета противилась всякой попыткѣ привести ея движеніе въ согласіе съ законами всемірнаго тяготѣнія, послужили поводомъ къ разнообразнымъ догадкамъ, и, между прочимъ, нѣкоторые астрономы полагали, что эти неправильности вызываются дѣйствіемъ одного или даже нѣсколькихъ еще неизвѣстныхъ тѣлъ нашей солнечной системы. Такъ, напр., Хуссей въ своемъ письмѣ къ Эри отъ 17 ноября 1834 года по этому вопросу пишетъ слѣдующее: «Потративъ въ послѣдніе годы много труда на наблюденія Урана, я занялся точной повѣркой таблицъ этой планеты, составленныхъ Буваромъ. Необъяснимое, повидимому, несогласіе новѣйшихъ наблюденій со старыми привело меня къ заключенію о возможности существованія за Ураномъ возмущающаго тѣла, которое до сихъ поръ не было принято во вниманіе, такъ какъ оно намъ еще неизвѣстно. Мнѣ прежде всего пришла въ голову мысль вывести эмпирически приблизительное положеніе этого предполагаемаго тѣла и затѣмъ изслѣдовать при помощи моего большого рефлектора всѣ слабыя звѣзды въ соотвѣтственной области неба; однако я чувствовалъ себя совершенно неподготовленнымъ къ первой части этой задачи. Да кромѣ того въ настоящее время у меня совершенно нѣтъ свободнаго времени, чтобы заняться этой задачей; поэтому теперь я оставляю ее въ сторонѣ. Въ моей бесѣдѣ съ А. Буваромъ во время моего послѣдняго пребыванія въ Парижѣ я спрашивалъ его, какого онъ мнѣнія объ этомъ предметѣ; онъ, какъ и можно было ожидать, отвѣтилъ, что у него уже была подобная же мысль, и что онъ долгое время переписывался по этому поводу съ Ганзеномъ. Съ моимъ предложеніемъ

опредѣлить эмпирически мѣсто возмущающаго тѣла и затѣмъ цѣлесообразнымъ образомъ обозрѣвать небо онъ согласился вполнѣ и при этомъ полагалъ, что такое предварительное вычисленіе скорѣе должно быть слишкомъ обширнымъ, чѣмъ труднымъ; если бы у него нашлось свободное время, онъ хотѣлъ взяться за рѣшеніе этой задачи съ тѣмъ, чтобы сообщить мнѣ результаты, которые могли бы послужить мнѣ опорнымъ пунктомъ при обозрѣніи соотвѣтственныхъ частей неба. Съ тѣхъ поръ я ничего не слышалъ отъ него объ этомъ предметѣ, самъ же я былъ настолько боленъ, что не могъ писать ему. Что вы думаете по этому поводу? Положимъ, что вообще вы одобряете мою мысль; въ такомъ случаѣ не могли ли бы вы указать мнѣ хотя бы грубымъ образомъ предѣлы, между которыми слѣдовало бы съ нѣкоторою вѣроятностью на успѣхъ искать въ теченіе будущей зимы это тѣло или, можетъ-быть, эти тѣла? Такъ какъ можно предполагать, что у новой планеты наклонность орбиты приблизительно такая же, какъ и у другихъ большихъ планетъ, то ширина зоны, которую слѣдуетъ обозрѣвать, должна быть очень незначительна. Мой телескопъ, если я не ошибаюсь, настолько совершененъ, что при помощи него я могу непосредственно и даже еще при дневномъ свѣтѣ отличить планету отъ неподвижной звѣзды. Впрочемъ при этомъ я все-таки поступилъ бы слѣдующимъ образомъ. Прежде всего всю часть неба, заключающуюся между указанными границами, я нанесъ бы на карту, причемъ отмѣтилъ бы самыя слабыя звѣзды, какія я только могу замѣтить при помощи своего телескопа. Такимъ образомъ въ теченіе недѣли я могъ бы уже обнаружить какое бы то ни было измѣненіе въ интересующей меня части неба. Если все это не кажется вамъ пустою мечтой, чего я отчасти боялся также во время вышеупомянутаго разговора съ Бувáромъ, то вы меня очень обрадуете однимъ намекомъ на это».

Отвѣчая на это письмо, Эри говоритъ, что онъ также часто думалъ о неправильностяхъ въ движеніи Урана, но что онъ считаетъ этотъ предметъ далеко еще недостаточно разъясненнымъ, чтобы имѣть хотя бы малѣйшую надежду на успѣшное рѣшеніе задачи о вліяніи неизвѣстнаго тѣла на движеніе Урана. Но особенный вѣсъ онъ придаетъ тому обстоятельству, что элементы, выведенные изъ наблюденій, произведенныхъ въ промежуткѣ между 1781 и 1825 годами, даютъ приблизительно одинаковыя отклоненія для 1750 и 1834 годовъ, когда планета проходила приблизительно по одной и той же части своей орбиты. Онъ полагаетъ, что это не дастъ повода дѣлать заключеніе о возмущеніяхъ, производимыхъ неизвѣстнымъ тѣломъ, но что объясненіе такихъ отклоненій слѣдуетъ искать въ несовершенствѣ теоріи. Но если бы даже было доказано, что эти отклоненія обусловливаются дѣйствіемъ неизвѣстной планеты, то онъ все же сильно сомнѣвается въ возможности опредѣлить мѣсто возмущающаго тѣла; только послѣ нѣсколькихъ послѣдовательныхъ оборотовъ Урана возможно будетъ, по его мнѣнію, болѣе точнымъ образомъ объяснить причину неправильностей въ движеніи Урана. Совершенно то же самое высказалъ Эри также въ 1837 году въ своемъ письмѣ къ Е. Бувару, племяннику вышеупомянутаго А. Бувара.

Далѣе, за существованіе новаго тѣла высказался еще Николаи, который вначалѣ, подобно Ольберсу, былъ противникомъ мысли о трансурановой планетѣ. Въ своемъ письмѣ къ Шумахеру отъ 11 ноября 1835 года Николаи, оцѣнивая на основаніи извѣстнаго ряда Боде (§ 65) разстояніе отъ возмущающаго тѣла до солнца, находитъ, что оно должно быть въ 38 разъ больше радіуса земной орбиты, и, въ заключеніе, прибавляетъ, что открытіе новой планеты при помощи вычисленій было бы величайшимъ торжествомъ науки. Знаменитый Бессель занимался вопросомъ о загадочныхъ неправильностяхъ въ движеніи Урана еще въ 1823 году, какъ это извѣстно въ настоящее время изъ его переписки съ Ольберсомъ, но онъ долгое время искалъ объясненія этихъ неправильностей въ возможномъ видоизмѣненіи открытаго Ньютономъ закона всемірнаго тяготѣнія, предполагая, что притяженія небесныхъ тѣлъ зависятъ не только

отъ ихъ массъ и взаимныхъ разстояній, но также отъ различныхъ свойствъ этихъ тѣлъ. Противорѣчія, до которыхъ онъ дошелъ благодаря этой гипотезѣ, а также другія занятія заставили его, повидиму, оставить на время эти изслѣдованія, и только въ 1839 году онъ снова принялся за нихъ, но на этотъ разъ уже въ убѣжденіи, что неправильности въ движеніи Урана производятся новой планетой, находящейся за Ураномъ. Объ этомъ мы можемъ судить на основаніи разговора, который онъ имѣлъ въ 1842 году съ Д. Гершелемъ въ Колингвудѣ и который былъ опубликованъ этимъ послѣднимъ уже послѣ смерти Бесселя, послѣдовавшей 17 марта 1846 года, а также на основаніи того обстоятельства, что онъ черезъ посредство своего ученика Флеминга уже выполнилъ нѣкоторыя относящіяся сюда подготовительныя работы. Далѣе, изъ письма Аргеландера къ К. Литрову мы заимствуемъ, что Бессель около этого времени имѣлъ сношенія по этому поводу также съ Аргеландеромъ, причемъ онъ просилъ его заново обработать старыя наблюденія Урана и высказывалъ убѣжденіе, что можно опредѣлить элементы трансурановой планеты включительно до эксцентриситета и наклонности, хотя эти два элемента, по всей вѣроятности, настолько малы, что не должны оказывать почти никакого вліянія на результаты. Насколько справедливы были предположенія Бесселя, это мы увидимъ ниже. Впослѣдствіи онъ неоднократно писалъ Аргеландеру, чтобы тотъ не торопился съ обработкой старыхъ наблюденій Урана, такъ какъ прежде ему необходимо было окончить еще много предварительныхъ работъ; но какого рода были эти предварительныя работы, этого онъ въ своихъ письмахъ не объяснялъ.

§ 94. **Болѣе точныя изслѣдованія движенія Урана. Леверье.** Въ 1842 году Академія Наукъ въ Гетингенѣ предложила на премію слѣдующую задачу: «Представить новую удовлетворяющую всѣмъ требованіямъ науки обработку теоріи движенія Урана съ изложеніемъ главныхъ отдѣловъ съ соотвѣтственными подробностями». Однако никакого рѣшенія этой задачи представлено не было. Между тѣмъ появились новыя, составленныя Е. Буваромъ таблицы движенія Урана, которыя представляли наблюденія съ 1781 до 1840 года гораздо лучше, чѣмъ таблицы его дяди, но все же отклоненія вычисленныхъ положеній планеты отъ наблюдаемыхъ доходили до 15″, и уменьшить эти отклоненія никакимъ образомъ не удавалось. Однако такія ошибки для новѣйшихъ наблюденій совершенно недопустимы, тѣмъ болѣе, что наблюдаемыя положенія представляли собою не отдѣльныя наблюденія, а среднія ариѳметическія изъ многочисленныхъ, весьма хорошо между собою согласныхъ наблюденій.

Такимъ образомъ былъ установленъ тотъ фактъ, что удовлетворительнымъ образомъ представить одною системой эллиптическихъ элементовъ весь имѣвшійся на лицо рядъ наблюденій Урана было невозможно. Но была ли причиной этого неизвѣстная планета, существованіе которой подозрѣвалось многими астрономами, или же, быть-можетъ, одного закона всемірнаго тяготѣнія было недостаточно для объясненія движенія Урана, этотъ вопросъ оставался еще нерѣшеннымъ. Огромная важность болѣе подробнаго изслѣдованія этого предмета побудила Араго въ 1845 году предложить молодому математику Леверье заняться окончательнымъ рѣшеніемъ этой трудной задачи. Леверье въ это время благодаря своимъ прекраснымъ и обширнымъ работамъ уже пріобрѣлъ славу хорошаго геометра и вычислителя; онъ взялся за эти трудныя изслѣдованія и результаты своихъ вычисленій, произведенныхъ съ удивительнымъ остроуміемъ, представилъ Парижской Академіи въ засѣданіяхъ 10 ноября 1845, 1 іюня, 31 августа и 5 октября 1846 года. Весьма полный, заключающій въ себѣ всѣ вычисленія мемуаръ появился позже въ Connaissance des temps за 1849 годъ подъ заглавіемъ: «Recherches sur le mouvement de la planète Herschel par U. J. Le Verrier».

Первая часть этого въ высшей степени интереснаго труда содержитъ вычисленіе возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ и Сатурномъ въ движеніи Урана, причемъ Ле-

верье при разложеніяхъ въ ряды принималъ во вниманіе всѣ члены, имѣющіе сколько-нибудь замѣтное вліяніе. Всѣ вычисленія онъ продѣлалъ по двумъ способамъ: по способу Лапласа, употребляющемуся еще и теперь, и по своему собственному способу, для того, чтобы по согласію результатовъ, полученныхъ двумя различными путями, убѣдиться въ вѣрности всего вычисленія.

Во второй части своего мемуара Леверье даетъ сравненіе развитой имъ теоріи движенія Урана съ наблюденіями. Всѣ наблюденія съ 1690 до 1845 года были заново обработаны самымъ точнымъ образомъ, для соотвѣтственныхъ моментовъ наблюденій были вычислены на основаніи элементовъ Бувара геліоцентрическія положенія Урана, къ нимъ были прибавлены возмущенія, взятыя изъ первой части мемуара, затѣмъ были вычислены геоцентрическія положенія, и уже эти послѣднія Леверье, сравнивалъ съ наблюденными положеніями. Если Уранъ не подвергается никакому другому дѣйствію, кромѣ притяженія солнца и планетъ, находящихся внутри его орбиты (изъ этихъ послѣднихъ только Юпитеръ и Сатурнъ оказываютъ еще замѣтное вліяніе на движеніе Урана), то разности между вычисленными геоцентрическими положеніями и наблюденными могли бы быть объяснены только невѣрностью элементовъ, принятыхъ въ основаніе при вычисленіи орбиты Урана, и эти отклоненія даютъ въ руки прекрасное средство для надлежащаго исправленія упомянутыхъ элементовъ. Поэтому Леверье прежде всего сдѣлалъ попытку вывести новые эллиптическіе элементы, причемъ онъ воспользовался только новѣйшими наблюденіями съ 1781 года; но онъ встрѣтился съ такими же затрудненіями, какъ и его предшественники — оба Бувара. Даже послѣ самаго тщательнаго исправленія элементовъ между вычисленіями и наблюденіями все-таки оставались разности, доходившія до 20″ и подчинявшіяся въ своемъ ходѣ вполнѣ опредѣленному закону, такъ что онѣ не могли быть приняты только за случайныя ошибки наблюденій.

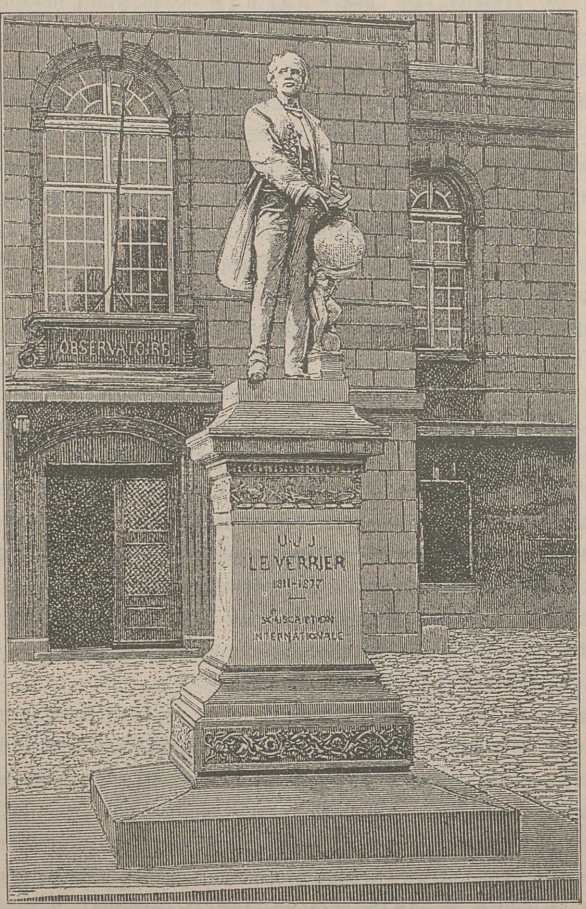


Рис. 154. Памятникъ Леверье.

Еще болѣе неблагопріятный оборотъ приняло дѣло послѣ того, какъ Леверье принялъ во вниманіе при вычисленіи элементовъ также 19 старыхъ наблюденій. Въ этомъ случаѣ оставались неустранимыя ошибки, доходившія до 4′ и даже болѣе и имѣвшія опять совершенно правильный ходъ. Такія совершенно необыкновенныя отклоненія не-

оспоримымъ образомъ доказывали, что Уранъ кромѣ притяженія солнца и извѣстныхъ планетъ, находящихся внутри его орбиты, подверженъ еще дѣйствію особой силы, весьма замѣтнымъ образомъ измѣняющей его движеніе.

Въ третьей части своего труда Леверье вкратцѣ излагаетъ, что неправильности въ движеніи Урана, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, не могутъ быть удовлетворительнымъ образомъ объяснены ни сопротивленіемъ эѳира, ни вліяніемъ большого спутника Урана, ни дѣйствіемъ кометъ, ни возможнымъ на большомъ разстояніи отъ солнца видоизмѣненіемъ закона всемірнаго тяготѣнія, но что единственной причиной этихъ неправильностей должна быть неизвѣстная намъ планета, которая возмущающимъ образомъ дѣйствуетъ на движеніе Урана. Поэтому онъ рѣшилъ попытаться опредѣлить по возможности точно положеніе неизвѣстной планеты на основаніи наблюдаемыхъ въ движеніи Урана неправильностей. Эта планета не можетъ находиться между солнцемъ и Сатурномъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ въ движеніи Сатурна она должна была бы производить гораздо болѣе сильныя возмущенія, чѣмъ въ движеніи Урана, чего на самомъ дѣлѣ не замѣчается. Совершенно также нельзя допустить, что новая планета находится между Сатурномъ и Ураномъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ ее пришлось бы помѣстить гораздо ближе къ орбитѣ Урана, чѣмъ къ орбитѣ Сатурна, и кромѣ того она должна была бы обладать весьма малой массой, если она, несмотря на близость къ Урану, все же производитъ, какъ показываютъ наблюденія, сравнительно небольшія возмущенія въ его движеніи. Но легко видѣть, что ея возмущающая сила была бы замѣтна лишь въ теченіе того времени, когда она находится вблизи Урана; какъ только она пройдетъ мимо него и удалится отъ него на значительное разстояніе, ея дѣйствіе должно совершенно прекратиться, такъ какъ очень малая масса на большомъ разстояніи отъ какого-нибудь тѣла не можетъ оказывать никакого чувствительнаго вліянія. Кромѣ того, если допустить, что орбита возмущающей планеты находится вблизи орбиты Урана, то на основаніи третьяго закона Кеплера время обращенія такой планеты мало отличалось бы отъ времени обращенія Урана, вслѣдствіе чего сближеніе обоихъ тѣлъ въ теченіе періода, обнимающаго всѣ наблюденія Урана, могло бы имѣть мѣсто только одинъ разъ, что совершенно противорѣчитъ наблюденіямъ, которыя указываютъ на возмущенія не короткаго, а напротивъ того очень длиннаго періода.

Слѣдовательно, возмущающая планета лежитъ за орбитой Урана. Но и при этомъ допущеніи опять нельзя предположить, что ея орбита лежитъ вблизи орбиты Урана, такъ какъ иначе мы снова натолкнулись бы на такія же затрудненія, какъ и въ предыдущемъ случаѣ. Слѣдовательно, только далеко за Ураномъ можно надѣяться отыскать это неизвѣстное тѣло, причемъ его масса должна быть очень значительна. Если имѣть въ виду такъ называемый законъ Боде (§ 65), дающій среднія разстоянія отъ планетъ до солнца, и если вспомнить, что для наиболѣе отдаленныхъ отъ солнца планетъ это разстояніе для каждой послѣдующей планеты приблизительно вдвое больше, чѣмъ для предыдущей, то было бы весьма естественно предположить, что новое тѣло отстоитъ отъ солнца приблизительно въ два раза дальше, чѣмъ Уранъ. Но то, что такимъ образомъ являлось только догадкой, благодаря нижеслѣдующимъ соображеніямъ обратилось почти въ достовѣрность. Выше уже было упомянуто, что новая планета, по предположенію, должна находиться за Ураномъ, но не слишкомъ близко къ нему. Однако новая планета не можетъ также находиться на очень большомъ разстояніи отъ Урана, именно ея разстояніе отъ солнца не должно превышать тройного разстоянія Урана отъ солнца, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы приписать ей необыкновенно огромную массу, чтобы она могла оказывать значительное вліяніе на движеніе Урана. Отношеніе разстояній отъ новой планеты до Сатурна съ одной стороны и до Урана съ другой было бы въ этомъ слу-

чаѣ таково, что ея дѣйствіе на Урана было бы сравнимо съ ея дѣйствіемъ на Сатурна, и въ такомъ случаѣ было бы невозможно объяснить возмущенія Урана, не предполагая значительныхъ возмущеній также въ движеніи Сатурна. Поэтому весьма вѣроятнымъ является допущеніе, что радіусъ орбиты новаго тѣла приблизительно въ 2 раза больше радіуса орбиты Урана.

Если, кромѣ того, мы вспомнимъ, что орбиты Юпитера, Сатурна и Урана наклонены подъ очень малыми углами къ плоскости эклиптики, то въ первомъ приближеніи мы съ полнымъ правомъ могли бы допустить, что то же самое имѣетъ мѣсто и для новой планеты, тѣмъ болѣе, что согласно съ наблюденіями въ широтѣ Урана не замѣчается почти никакихъ возмущеній кромѣ возмущеній, производимыхъ Юпитеромъ и Сатурномъ. Имѣя все это въ виду, Леверье поставилъ для разрѣшенія слѣдующіе вопросы: можно ли возмущенія въ движеніи Урана приписать притягательному дѣйствію планеты, которая находится въ плоскости эклиптики и среднее разстояніе которой отъ солнца приблизительно въ два раза больше средняго разстоянія Урана отъ солнца? Если это возможно, то въ какой точкѣ эклиптики находится эта планета? Какъ велика ея масса? Каковы элементы ея орбиты?

Возможность рѣшенія этихъ вопросовъ не подлежитъ никакому сомнѣнію. Въ самомъ дѣлѣ, если, зная элементы планеты, мы можемъ опредѣлить возмущенія, то и обратно, по возмущеніямъ, которыя неизвѣстная планета производитъ въ движеніи Урана, должно быть возможно опредѣлить ея орбиту. Но рѣшеніе этой задачи во всякомъ случаѣ въ высшей степени сложно и требуетъ обширныхъ вычисленій, такъ какъ объ орбиты, орбита Урана и орбита новой планеты, зависятъ одна отъ другой, такъ что элементы орбиты возмущающаго тѣла не могутъ быть найдены безъ одновременнаго исправленія элементовъ орбиты Урана.

Леверье развиваетъ точныя формулы, пользуясь которыми, можно было бы рѣшить эту задачу, и затѣмъ старается опредѣлить неизвѣстныя по способу послѣдовательныхъ приближеній. При этомъ оказалось, что возмущающая планета можетъ находиться только въ одной опредѣленной части эклиптики, а именно 1 января 1800 года средняя долгота этой планеты должна заключаться между 243° и 252°. Въ дальнѣйшихъ приближеніяхъ Леверье находитъ, что геліоцентрическая долгота планеты для 1 января 1847 года должна быть равна 325°. Этотъ результатъ онъ сообщилъ 1 іюня 1846 года Парижской Академіи и при этомъ съ полнымъ правомъ высказалъ надежду, что если простой случай привелъ къ открытію Урана, то ужъ навѣрное будетъ найдена эта новая, еще неизвѣстная планета, разъ ея положеніе указано напередъ съ такимъ приближеніемъ.

Въ четвертой части Леверье даетъ болѣе точное опредѣленіе орбиты возмущающей планеты, основанное на всей совокупности наблюденій Урана, число которыхъ доходитъ приблизительно до 300. Ниже приведены полученные имъ результаты.

Эпоха: 1 января 1847.

	Вѣроятнѣйшая орбита.		Предѣлы.
Средняя долгота . .	318°47′4″	между	310,5° и 335,6°
Долгота перигелія . .	284 45 8	»	229, 9 » 6,4
Большая полуось . .	36,1539	»	35,04 » 37,90
Эксцентриситетъ . .	0,10761	»	0,0592 » 0,2035
Время обращенія . .	217,387 лѣтъ	»	207 » 233
Масса	$^1/_{9322}$ солнечной массы	»	$^1/_{4700}$ » $^1/_{14500}$

Благопріятный исходъ при отысканіи новой планеты зависѣлъ главнымъ образомъ отъ степени ея видимости. Извѣстно, что діамстръ Урана, отстоящаго отъ насъ приблизительно въ 19 разъ дальше, чѣмъ земля отстоитъ отъ солнца, усматривается подъ угломъ, равнымъ 4″. Далѣе, масса Урана въ 2,5 раза меньше массы новой планеты. Если бы было извѣстно отношеніе плотностей обоихъ тѣлъ, то мы могли бы опредѣлить видимый діаметръ новой планеты. Вообще, чѣмъ дальше отъ солнца отстоитъ планета, тѣмъ меньше ея плотность. Примемъ же, что плотность новой планеты равна плотности Урана; въ такомъ случаѣ, несмотря на то, что это предположеніе весьма невыгодно для условій видимости новой планеты, все-же оказывается, что видимый діаметръ ея во время оппозиціи долженъ составлять 3,3″. Такой значительный уголъ вполнѣ доступенъ для сильной астрономической трубы, если только яркость планеты достаточно велика. Положимъ, что новая планета обладаетъ такою же отражательною способностью, какъ и Уранъ; въ такомъ случаѣ ея яркость во время оппозиціи должна быть приблизительно въ 3 раза меньше яркости Урана. Послѣ этихъ разсужденій, которыми впослѣдствіи воспользовался Штампферъ при оцѣнкѣ размѣровъ астероидовъ (§ 71), Леверье замѣчаетъ: «Ces conditions physiques me semblent promettre, que non seulement on pourra apercevoir la nouvelle planète dans les bonnes lunettes, mais encore qu'on distinguera l'amplitude de son disque, que son apparence ne sera pas réduite à celle d'une étoile» *). Такимъ образомъ мы видимъ, съ какой предусмотрительностью Леверье принялъ во вниманіе всѣ обстоятельства, которыя могли бы облегчить отысканіе новой планеты.

Между прочимъ положенія Урана, вычисленныя на основаніи новой теоріи при помощи вѣроятнѣйшихъ элементовъ предполагаемой планеты, очень хорошо согласовались съ наблюденіями, начиная съ 1781 года. Изъ 19 старыхъ наблюденій, изъ которыхъ пять были произведены Флемстидомъ, одно—Майеромъ, одно—Брадлеемъ и одиннадцать—Лемонье, только для самыхъ старыхъ, произведенныхъ Флемстидомъ, отклоненія доходили до 20″, но надо имѣть въ виду, что за точность этихъ наблюденій никоимъ образомъ нельзя ручаться. Остальныя же наблюденія, особенно такія, вѣрность которыхъ подтверждалась другими одновременными или близкими по времени, представляли также очень хорошее согласіе съ теоріей. При этомъ замѣчательно, что Лемонье наблюдалъ Урана шесть разъ въ промежутокъ времени съ 15 по 23 января 1769 года и, несмотря на движеніе свѣтила, не призналъ въ немъ планеты.

Въ заключеніе четвертой части своего мемуара Леверье весьма остроумнымъ образомъ опредѣляетъ предѣлы, внутри которыхъ по всей вѣроятности должны находиться элементы возмущающей планеты: эти предѣлы даны въ приведенной выше табличкѣ рядомъ съ вѣроятнѣйшими элементами.

Въ пятой и послѣдней части своего труда Леверье занимается изслѣдованіемъ, нельзя ли на основаніи наблюденій Урана опредѣлить положеніе плоскости орбиты возмущающаго тѣла, т.-е. нельзя ли вычислить ея наклонность къ плоскости эклиптики и долготу восходящаго узла. Если возмущающее тѣло не движется въ точности въ плоскости орбиты Урана, то оно не только будетъ измѣнять долготу Урана въ его орбитѣ, но будетъ производить также замѣтныя возмущенія въ широтѣ Урана, возмущенія, которыя должны быть тѣмъ больше, чѣмъ больше уголъ, составляемый плоскостями орбитъ Урана и возмущающаго тѣла. Но мы уже выше упоминали, что въ широтѣ Урана кромѣ возмущеній, объяснимыхъ дѣйствіемъ Юпитера и Сатурна, замѣчались лишь совершенно незначительныя неправильности, на основаніи которыхъ нельзя было съ увѣренностью дѣлать заключеніе

*) Эти физическія условія, мнѣ кажется, обѣщаютъ, что можно будетъ не только замѣтить новую планету въ хорошія астрономическія трубы, но даже отличить ея дискъ, и что по своему виду она не будетъ похожа на неподвижную звѣзду.

относительно искомыхъ элементовъ. Во всякомъ случаѣ отсюда слѣдуетъ, что наклонность орбиты возмущающаго тѣла къ плоскости орбиты Урана, а слѣдовательно также и къ плоскости эклиптики должна быть очень мала. Леверье нашелъ, что эта наклонность должна заключаться въ предѣлахъ отъ 4° до 6°.

Такимъ образомъ Леверье въ своей работѣ исчерпалъ все, что можно было сказать напередъ относительно неизвѣстной планеты на основаніи неправильностей, замѣченныхъ въ движеніи Урана. Положеніе этой планеты, ея предварительная орбита, приближенная величина ея діаметра, ея яркость и т. д.—все это было дано, и потому можно было надѣяться при помощи этихъ данныхъ безъ затрудненія отыскать на небѣ новую планету. Линденау съ полнымъ правомъ говоритъ о работѣ Леверье слѣдующее: «Изученіе этой работы представляетъ особенный интересъ благодаря тому, что въ ней юношеская отвага соединяется съ зрѣлымъ знаніемъ; въ самомъ дѣлѣ, на основаніи отклоненій теоріи Урана, не превосходящихъ 20″ (въ геоцентрическихъ положеніяхъ), съ рѣшительностью утверждать, что существуетъ небесное тѣло, отстоящее отъ насъ на сотни милліоновъ миль, и вмѣстѣ съ тѣмъ желать опредѣлить его элементы и размѣры на основаніи взаимодѣйствія этихъ двухъ тѣлъ,—это ли не отважный поступокъ?»

§ 95. **Открытіе новой планеты и ея названіе.** Но зато тѣмъ прекраснѣе была награда за эту трудную работу. 23 сентября 1846 года Галле, бывшій тогда наблюдателемъ Берлинской обсерваторіи, получилъ отъ Леверье письмо, въ которомъ этотъ послѣдній сообщилъ окончательные результаты своихъ вычисленій и вѣроятнѣйшее положеніе неизвѣстной планеты, и еще въ ту же самую ночь Галле удалось отыскать эту планету. Онъ нашелъ поблизости отъ предвычисленнаго мѣста звѣзду 8-ой величины, которой не было на вычерченной Бремикеромъ академической картѣ соотвѣтственной части неба, и въ слѣдующій же вечеръ это свѣтило благодаря своему суточному передвиженію среди неподвижныхъ звѣздъ было признано за новую планету. Отклоненіе дѣйствительнаго мѣста планеты отъ вычисленнаго едва составляло одинъ градусъ.

При увеличеніи въ 320 разъ можно было даже различить дискъ у этого свѣтила, и діаметръ этого диска по опредѣленіямъ Галле и Энке составлялъ круглымъ числомъ 3″. Въ первомъ сообщеніи объ этомъ открытіи въ журналѣ «Astronomische Nachrichten» Энке говоритъ: «Даже и въ этомъ случаѣ предположеніе Леверье, который принимаетъ діаметръ новой планеты равнымъ 3,3″, вполнѣ подтвердилось. Было бы излишнимъ прибавлять къ этому еще что-нибудь. Это самое блестящее изъ всѣхъ открытій планетъ, такъ какъ на основаніи чисто теоретическихъ изслѣдованій было предсказано существованіе новой планеты и предвычислено ея мѣсто. Позвольте еще замѣтить, что такъ скоро найти эту планету было возможно только благодаря превосходнымъ академическимъ звѣзднымъ картамъ, составленнымъ Бремикеромъ. Дискъ у новой планеты можно замѣтить только тогда, когда знаешь, что это планета».

Послѣ того какъ планета была открыта, она должна была, по обычаю астрономовъ, получить подходящее имя. Галле въ своемъ письмѣ къ Леверье отъ 25 сентября предложилъ для новой планеты имя Янусъ. Но Леверье въ своемъ отвѣтѣ отъ 1 октября отклоняетъ это предложеніе въ слѣдующихъ выраженіяхъ: «Le nom de Janus indiquerait que cette planète est la dernière du système solaire, ce qu'il n'y a aucune raison de croire» *), и при этомъ упоминаетъ о принятомъ въ Бюро Долготъ рѣшеніи назвать новую планету Нептуномъ и принять для знака этой планеты трезубецъ (Ψ). Въ позднѣйшемъ своемъ письмѣ (отъ 6 октября) онъ однако говоритъ, что рѣшеніе вопроса о названіи планеты онъ предоставилъ астроному Араго, и прибавляетъ: «... j'ai été un peu con-

*) Имя Януса указывало бы на то, что эта планета послѣдняя въ солнечной системѣ, между тѣмъ какъ нѣтъ никакого основанія думать это.

fus de la décision, qu'il (Arago) a prise dans le sein de l'Academie...» *). Какого рода было это рѣшеніе, это видно изъ журнала «Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences» отъ 5 октября 1846 года, гдѣ сказано: «Mr. Arago a annoncé à l'Académie, qu'ayant reçu de Mr. Le Verrier une délégation très flatteuse, le droit de nommer la nouvelle planète, il s'est décidé à la désigner par le nom de celui, qui l'a si savamment découverte, à l'appeler Le Verrier» **). Астрономы вначалѣ были, повидимому, въ нерѣшительности, на какомъ имени остановиться какъ на наиболѣе подходящемъ, и единственное въ своемъ родѣ открытіе побуждало многихъ изъ нихъ предпочесть имя Леверье всякому другому имени, взятому изъ миѳологіи. Однако впослѣдствіи весь астрономическій міръ рѣшился, согласно предложенію Бюро Долготъ, остановиться на имени Нептуна, въ особенности, когда за это же имя высказались такіе авторитеты, какъ Гаусъ, Энке, Д. Гершель, В. Струве и другіе.

§ 96. **Работы Адамса, касающіяся теоріи Урана.** Едва только извѣстіе объ открытіи новой планеты распространилось въ Англіи, какъ нѣкоторые изъ выдающихся англійскихъ астрономовъ, а именно Эри, Чаллисъ и Д. Гершель стали утверждать, что молодой англійскій математикъ Адамсъ изъ Кэмбриджа предпринялъ и окончилъ обработку теоріи Урана еще раньше Леверье. Даже отысканіе планеты на небѣ оспаривалось у берлинскаго астронома Галле, причемъ англичане утверждали, будто бы открыть планету уже раньше удалось Чаллису въ Кэмбриджѣ. Возникшій по этому поводу споръ со стороны англичанъ поддерживали въ пользу Адамса Эри, Чаллисъ и Гершель, между тѣмъ какъ изъ французскихъ астрономовъ участіе въ немъ принимали Араго и Леверье. Мы прослѣдимъ здѣсь эту интересную полемику по крайней мѣрѣ въ главныхъ чертахъ, имѣя въ виду, что весьма важно узнать, какое участіе принималъ Адамсъ въ открытіи Нептуна, ознакомиться со всей его работой и сравнить ее съ работой Леверье.

Что Адамсъ уже въ 1844 году занимался теоріей Урана, это явствуетъ изъ письма Чаллиса къ Эри отъ 13 февраля 1844 года, въ которомъ Чаллисъ упоминаетъ, что одинъ изъ его молодыхъ друзей, Адамсъ изъ колледжа св. Джона, занимается теоріей Урана и на основаніи гринвичскихъ наблюденій хочетъ получить ошибки таблицъ по долготѣ для промежутка времени съ 1818 года до 1826 года. Вмѣстѣ съ тѣмъ Чаллисъ отъ имени Адамса спрашиваетъ, не подверглись ли измѣненію кромѣ массы Юпитера еще какія-нибудь другія основныя данныя, послужившія Бувару для составленія таблицъ движенія Урана. Эри отвѣтилъ на это письмо 15 февраля 1844 года, причемъ переслалъ Чаллису полныя приведенія всѣхъ наблюденій какъ по долготѣ, такъ и по широтѣ съ 1754 до 1830 года и сообщилъ необходимыя свѣдѣнія относительно второго вопроса. Чаллисъ въ своемъ отвѣтѣ отъ 16 февраля 1844 года говоритъ, что теперь Адамсъ имѣетъ все, чтобы довести до конца изслѣдованіе, которымъ онъ занимается.

Черезъ годъ и нѣсколько мѣсяцевъ Адамсъ лично отнесъ къ Эри написанное къ этому послѣднему Чаллисомъ 22 сентября 1845 года рекомендательное письмо слѣдующаго содержанія: «Мой другъ Адамсъ, который вручитъ вамъ это письмо, окончилъ вычисленіе возмущеній Урана, производимыхъ предполагаемой, болѣе далекой планетой, и пришелъ къ результатамъ, которые онъ съ удовольствіемъ сообщитъ вамъ лично. Его вычисленія основаны на наблюденіяхъ, которыя вы съ такою готовностью сообщили ему нѣсколько времени тому назадъ. Имѣя въ виду его математическія познанія и его навыкъ въ вычисленіяхъ, я вполнѣ довѣряю тѣмъ результатамъ, которые онъ получилъ».

*) Я былъ немного смущенъ рѣшеніемъ, которое онъ (Араго) принялъ въ Академіи.

**) Араго объявилъ Академіи, что онъ, получивъ отъ Леверье лестное полномочіе, именно право дать имя новой планетѣ, рѣшился назвать ее именемъ того, кто ее открылъ такимъ научнымъ способомъ, т.-е. именемъ Леверье.

Адамсъ не засталъ Эри дома, такъ какъ онъ въ это время былъ въ Парижѣ. Въ послѣднихъ числахъ октября 1845 года Адамсъ вторично отправился въ Гринвичъ и, такъ какъ снова не засталъ Эри дома, то оставилъ на обсерваторіи письмо слѣдующаго содержанія: «На основаніи моихъ вычисленій извѣстныя неправильности въ движеніи Урана могутъ быть объяснены дѣйствіемъ внѣшней планеты, орбита которой опредѣляется слѣдующими элементами:

Среднее разстояніе, принятое на основаніи ряда Боде .	38,4
Средняя долгота 1 октября 1845 года	$323^0\,34'$
Среднее годовое движеніе	$1^0\,30'\,9''$
Долгота перигелія	$315^0\,55'$
Эксцентриситетъ	0,1610
Масса	$^1/_{6039}$ солнечной массы.

Изъ новѣйшихъ наблюденій я составлялъ такъ называемыя нормальныя мѣста и для этого пользовался до 1830 года гринвичскими наблюденіями, а съ этого времени гринвичскими и кэмбриджскими, а также тѣми положеніями планеты, которыя публиковались въ журналѣ «Astronomiche Nachrichten». Въ средней долготѣ остаются слѣдующія ошибки:

Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ
1780	+0,3″	1801	—0,1″	1822	+0,3″
1783	—0,2	1804	+1,8	1825	+1,9
1786	—1,0	1807	—0,2	1828	+2,2
1789	+1,8	1810	+0,6	1831	—1,1
1792	—0,9	1813	—0,9	1834	—1,4
1795	+0,1	1816	—0,3	1837	—1,6
1798	—1,0	1819	—2,0	1840	+1,7

Для старыхъ наблюденій получились слѣдующія остающіяся ошибки:

Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ	Годъ	Ошибка въ долготѣ
1690	+44,4″	1750	—1,6″	1763	—5,1″
1712	+ 6,7	1753	+5,7	1769	+0, 6
1715	— 6,8	1756	—4,6	1771	+11,8

Эти ошибки малы, если исключить наблюденіе Флемстида, произведенное въ 1690 году. Такъ какъ это наблюденіе отдѣлено отъ остальныхъ большимъ промежуткомъ времени, то я счелъ за лучшее вовсе не принимать его во вниманіе при составленіи условныхъ уравненій. Впрочемъ достаточно было бы немного измѣнить среднее движеніе, чтобы уничтожить также и это отклоненіе».

Около того же времени Лассель получилъ отъ Довеса, который видѣлъ у Эри вычисленія Адамса, коротенькое письмо съ замѣткой относительно предполагаемаго мѣста новой планеты для октября мѣсяца 1845 г. и твердо намѣревался заняться отысканіемъ новой планеты, но не могъ выполнить этого сначала вслѣдствіе болѣзни, а затѣмъ по тому, что не могъ болѣе найти письма Довеса.

Эри отвѣтилъ на письмо Адамса 5 ноября. Въ своемъ отвѣтѣ онъ признаетъ приведенныя Адамсомъ числа весьма удовлетворительными, наблюденію Флемстида также придаетъ очень мало вѣса, но высказываетъ желаніе узнать, имѣютъ ли столь же малую величину остающіяся ошибки въ радіусѣ-векторѣ Урана. Эри, какъ онъ впослѣдствіи признался, съ большимъ нетерпѣніемъ ожидалъ отъ Адамса отвѣта. Если бы было получено подтвержденіе только-что предложеннаго вопроса, то Эри позаботился бы о томъ, чтобы такъ или иначе ознакомить ученый міръ съ работой Адамса. Однако по

неизвѣстной ему, но вѣроятно совершенно случайной причинѣ этого отвѣта не послѣдовало, о чемъ Эри неоднократно глубоко сожалѣлъ.

Вскорѣ послѣ этого появились первая и вторая части мемуара Леверье, содержаніе которыхъ вкратцѣ было изложено выше. Эри былъ очень обрадованъ согласіемъ результатовъ, найденныхъ Леверье, съ тѣми, которые Адамсъ сообщилъ ему уже семь мѣсяцевъ тому назадъ. Положенія новой планеты, опредѣленныя обоими вычислителями, согласовались между собою до одного градуса. До этихъ поръ Эри еще сомнѣвался въ вѣрности работы Адамса; и только теперь онъ отнесся съ полнымъ довѣріемъ къ работамъ обоихъ геометровъ и на гринвичской обсерваторіи передъ комиссіей, въ которой присутствовали также Гершель и Чаллисъ, рѣшительнымъ образомъ заявилъ, что на основаніи согласныхъ между собою работъ Леверье и Адамса съ большой вѣроятностью можно ожидать открытія новой планеты, и это побудило Чаллиса предпринять ея отысканіе.

9 іюля 1846 года Эри написалъ Чаллису, что по его мнѣнію по многимъ причинамъ, изъ которыхъ на первомъ планѣ стоитъ предполагаемая слабая яркость новой планеты, только въ томъ случаѣ можно надѣяться на успѣхъ при изслѣдованіи неба въ поискахъ за ней, если для этого воспользоваться большимъ нортумберландскимъ телескопомъ, и вызвался предоставить въ его распоряженіе для этой цѣли ассистента. 13 іюля Эри послалъ профессору Чаллису въ письмѣ замѣчанія относительно поисковъ предполагаемой планеты и снова настоятельно приглашалъ приступить къ этой работѣ. Часть неба, которую Эри находилъ необходимымъ изслѣдовать, по длинѣ простиралась на 30°, по ширинѣ на 10° и была расположена по направленію эклиптики. Чаллисъ отвѣтилъ 18 іюля и сообщилъ, что онъ самъ хочетъ взяться за эту работу. Его планъ нѣсколько отличался отъ работы Эри и былъ признанъ за наилучшій. Чаллисъ приступилъ къ изслѣдованію неба 29 іюля и въ дѣйствительности нанесъ Нептуна на карту раньше, чѣмъ онъ былъ открытъ берлинскимъ астрономомъ Галле, но только, къ сожалѣнію, не призналъ въ немъ планеты.

2 сентября 1846 года Эри получилъ отъ Адамса еще одно письмо, въ которомъ этотъ послѣдній замѣчаетъ, что онъ для средняго разстоянія принялъ новую величину, которая на $^1/_{30}$ меньше его первоначальной величины, опредѣленной по закону Боде, и благодаря этому получилъ лучшее согласіе теоріи съ наблюденіями. Онъ полагаетъ, что, уменьшая еще среднее разстояніе, можно было бы достичь еще бо́льшаго согласія и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшить эксцентриситетъ, для котораго вначалѣ получилась невѣроятно большая величина. Такимъ образомъ для массы и элементовъ новой планеты онъ нашелъ слѣдующія величины:

Средняя долгота 1 октября 1846 года	$323^0 2'$
Долгота перигелія	299^0
Эксцентриситетъ	0,12062
Масса	$^1/_{6665}$ солнечной массы.

Къ этому Адамсъ прибавляетъ, что при обѣихъ гипотезахъ отклоненія значительно увеличиваются къ 1843 году, и поэтому весьма желательны еще новыя наблюденія Урана. Относительно перваго наблюденія, произведеннаго Флемстидомъ въ 1690 году, онъ опять говоритъ, что оно не годится, и заключаетъ свое письмо замѣчаніемъ, что онъ занимается изслѣдованіемъ ошибокъ въ широтѣ Урана съ цѣлью получить приближенныя значенія наклонности и долготы восходящаго узла орбиты новой планеты, причемъ на основаніи предварительныхъ вычисленій наклонность получается довольно большой, а долгота восходящаго узла круглымъ числомъ равна 300^0.

Въ это время Леверье представилъ Парижской Академіи свои послѣдніе доклады

относительно новой планеты (31 августа и 5 октября) и такимъ образомъ опередилъ Адамса, который все еще не публиковалъ своей работы.

Изъ вышеизложеннаго вытекаетъ, что Адамсъ и Леверье одновременно и независимо другъ отъ друга занимались теоріей Урана, причемъ вначалѣ Адамсъ въ своихъ изслѣдованіяхъ дѣйствительно былъ впереди Леверье, и только благодаря несправедливому недовѣрію выдающихся англійскихъ астрономовъ къ вычисленіямъ ихъ соотечественника первенство относительно открытія Нептуна было отнято у него его французскимъ соперникомъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ ясно, что открытіе Нептуна, совершенно такъ же, какъ открытіе закона всемірнаго тяготѣнія (часть III, § 3) или познаніе природы падающихъ звѣздъ (глава XIV), въ сущности принадлежитъ не одному лицу, а цѣлой эпохѣ, и Леверье былъ, такъ сказать, только выразителемъ того, что уже назрѣло въ умахъ его современниковъ.

§ 97. **Заключительныя замѣчанія. Общія свѣдѣнія относительно Нептуна.** Само собой разумѣется, что теперь, послѣ этихъ предварительныхъ опредѣленій орбитъ Урана и Нептуна, были предприняты окончательныя вычисленія на основаніи имѣющихся наблюденій, и всего только въ нѣсколько недѣль были получены весьма точные результаты, такъ какъ для Нептуна такъ же, какъ и для Урана, были найдены старыя наблюденія, отдѣленныя отъ момента открытія большимъ промежуткомъ времени. Именно, нѣсколько мѣсяцевъ спустя послѣ открытія Нептуна Петерсенъ въ Гамбургѣ и одновременно съ нимъ Уокеръ (Walker) въ Вашингтонѣ отыскали, что въ 1795 году Лаландъ наблюдалъ эту планету, но только принялъ ее за неподвижную звѣзду. Впослѣдствіи Мовс (Mauvais) на основаніи рукописнаго оригинала «Histoire Céleste» доказалъ, что Лаландъ въ вышеупомянутомъ году наблюдалъ Нептуна даже два раза, а именно 8 и 10 мая, но онъ былъ введенъ въ заблужденіе собственнымъ движеніемъ этого свѣтила, и потому при публикованіи своей работы одно положеніе отбросилъ, какъ ошибочное.

Послѣ перваго болѣе точнаго опредѣленія орбиты Нептуна, которое было сдѣлано Уокеромъ и которое сверхъ ожиданія хорошо представило также первое положеніе Урана, опредѣленное Флемстидомъ, тотчасъ же бросилось въ глаза значительное отличіе найденныхъ такимъ образомъ дѣйствительныхъ элементовъ отъ гипотетическихъ, послужившихъ къ открытію планеты. Такъ, напр., среднее разстояніе оказалось равнымъ не 36, какъ было принято при предварительныхъ вычисленіяхъ, а только 30 радіусамъ земной орбиты, и это отклоненіе обратило на себя вниманіе астрономовъ не потому, что такимъ образомъ былъ нарушенъ рядъ Боде (§ 65), который собственно нельзя разсматривать какъ законъ природы, а потому, что такое измѣненіе одного изъ важнѣйшихъ элементовъ должно было оказать замѣтное вліяніе на принятыя значенія другихъ величинъ. Такъ, напр., если Нептунъ находится настолько ближе къ Урану, то его масса въ дѣйствительности должна быть гораздо меньше, чѣмъ это было принято въ началѣ. Въ самомъ дѣлѣ, сѣверо-американскій математикъ Пирсъ при помощи труднаго изслѣдованія нашелъ, что масса Нептуна составляетъ приблизительно $^1/_{20000}$ солнечной массы, между тѣмъ какъ на основаніи вычисленій Леверье и Адамса для нея получилась вдвое большая величина. Вскорѣ послѣ отысканія Нептуна Лассель въ Ливерпулѣ открылъ спутника этой планеты, котораго онъ самъ, Чаллисъ, О. Струве и Бондъ наблюдали настолько много, что его элементы въ скоромъ времени были опредѣлены съ достаточною точностью. Отсюда масса Нептуна получилась въ предѣлахъ отъ $^1/_{15000}$ до $^1/_{20000}$, что находится въ полномъ согласіи съ результатомъ, найденнымъ Пирсомъ. Орбита, которую Нептунъ, какъ теперь узнали, дѣйствительно описываетъ около солнца, въ общемъ настолько отлична отъ данныхъ Леверье и Адамса, что Пирсъ даже высказалъ мнѣніе, что на Нептуна слѣдуетъ смотрѣть какъ на планету случайно открытую, а не такую, существованіе которой было предсказано Леверье, главнымъ образомъ потому, что этотъ послѣдній не обратилъ

вниманія на приблизительную соизмѣримость временъ обращенія Нептуна и Урана, а это обстоятельство, какъ мы уже неоднократно говорили (§§ 73 и 86), служитъ причиной весьма значительныхъ возмущеній. Съ теоретической точки зрѣнія, пожалуй, можно было высказать такое мнѣніе; практическое же слѣдствіе, которое вывелъ отсюда Пирсъ, не выдерживаетъ никакой критики. Въ самомъ дѣлѣ, на основаніи возмущеній можно найти только направленіе на возмущающее тѣло и, вмѣстѣ съ тѣмъ, элементы, опредѣляющіе это направленіе. Но въ этомъ смыслѣ какъ элементы Леверье, такъ и элементы Адамса вполнѣ выполнили свое назначеніе не только для промежутка времени съ 1780 до 1840 года, послужившаго для ихъ опредѣленія на основаніи возмущеній Сатурна, но также и для одного или двухъ десятилѣтій до и послѣ этого промежутка, какъ это легко можно заключить на основаніи графическаго сравненія дѣйствительной и предварительной орбитъ

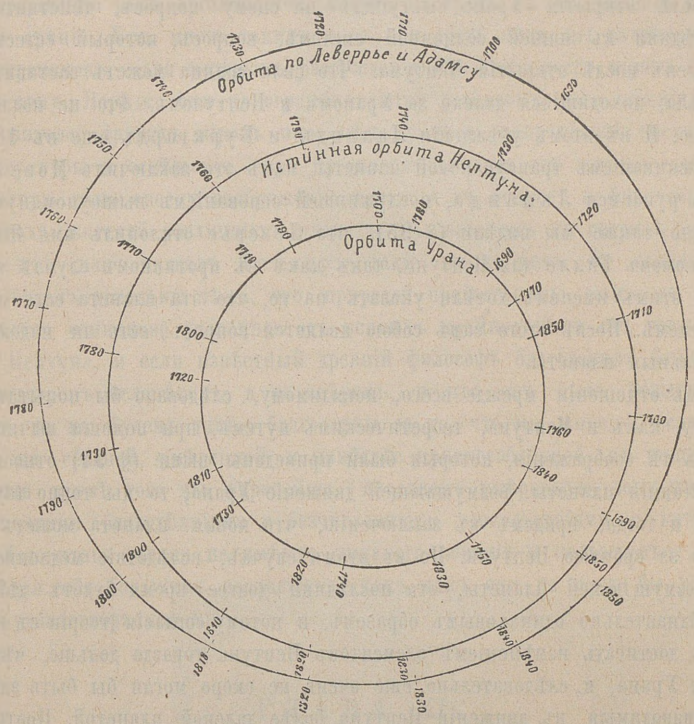


Рис. 155.

Нептуна, сравненія, сдѣланнаго Вакербартомъ и представленнаго на рис. 155. Для болѣе далекихъ эпохъ, напр., для 1700 г., получается, во всякомъ случаѣ, огромная разница между истиннымъ и предвычисленнымъ положеніями Нептуна, и на этомъ основаніи наблюденіе Фламстида, произведенное въ 1690 году, не могло быть хорошо представлено: внѣ этой эпохи не было ни одного точнаго наблюденія Урана, которое могло бы доставить Леверье и Адамсу подходящій матеріалъ для вычисленія или только для исправленія элементовъ Нептуна.

По новѣйшимъ свѣдѣніямъ среднее разстояніе отъ Нептуна до солнца почти ровно въ 30 разъ больше средняго разстоянія отъ земли до солнца. Выраженное въ километрахъ, это разстояніе составляетъ 4464000000. Наибольшее разстояніе Нептуна отъ солнца равняется 4510 милліонамъ, а наименьшее 4420 милліонамъ километровъ. Разстояніе Нептуна отъ земли колеблется въ предѣлахъ отъ 4655 до 4274 милліоновъ километровъ. Сидерическое время обращенія Нептуна равняется 164,6 годамъ, тропическое —

163,5 годамъ, а синодическое — 367,46 суткамъ (часть I, §§ 84, 85 и 86). Видимый діаметръ Нептуна мѣняется отъ 2,4″ до 2,7″. Истинный его діаметръ составляетъ 55000 километровъ и, слѣдовательно, въ $4^1/_3$ разъ больше діаметра земли, но въ 25 разъ меньше діаметра солнца. Поверхность Нептуна равняется 9500 милліонамъ квадратныхъ километровъ, т.-е. приблизительно въ 19 разъ больше поверхности земли. Объемъ Нептуна составляетъ 87 билліоновъ кубическихъ километровъ и, слѣдовательно, приблизительно въ 20 разъ больше объема земли. Наконецъ, масса Нептуна въ 19000 разъ меньше массы солнца и въ 16 разъ больше массы земли. Спектръ Нептуна, по изслѣдованіямъ Фогеля, очень сходенъ со спектромъ Урана. Цельнеръ показалъ, что Нептунъ во время оппозиціи въ среднемъ посылаетъ намъ свѣту въ 79,6 билліоновъ разъ меньше, чѣмъ солнце.

§ 98. **Существуютъ ли транснептуніальныя планеты?** Уже спустя нѣсколько десятилѣтій послѣ открытія Урана выступилъ на сцену вопросъ, дѣйствительно ли эта планета послѣдняя въ нашей солнечной системѣ, вопросъ, который естественно былъ снова возбужденъ послѣ открытія Нептуна. Что сила солнца можетъ заставить двигаться около него тѣла, находящіяся далеко за Ураномъ и Нептуномъ, это не подлежитъ никакому сомнѣнію. И въ этомъ убѣжденіи Лаландъ и Буркгардъ еще въ 1800 году занимались отыскиваніемъ трансурановой планеты, какъ это заключилъ Мовс на основаніи замѣчанія къ рукописи Лаланда, послужившей основаніемъ вышеупомянутой Histoire Céleste. Точно также мы видѣли (§ 95), что Леверье отклонилъ имя Януса, предложенное астрономомъ Галле для Нептуна, такъ какъ въ противномъ случаѣ могло бы показаться, что этимъ именемъ хотѣли указать на то, что эта планета есть послѣдняя въ солнечной системѣ. Послѣ этого самъ собою является вопросъ, есть ли надежда отыскать транснептуніальныя планеты.

Въ этомъ отношеніи прежде всего, повидимому, слѣдовало бы попытаться открыть такую планету, какъ и Нептуна, теоретическимъ путемъ, при помощи вычисленія. Если мы вспомнимъ тѣ соображенія, которыя были приведены выше (§ 94) относительно вѣроятнаго разстоянія планеты, возмущающей движеніе Урана, то мы точно такимъ же образомъ, какъ и тогда, придемъ къ заключенію, что новая планета можетъ находиться только далеко за орбитою Нептуна. Но въ этомъ случаѣ, вслѣдствіе медленнаго движенія Нептуна и возмущающей планеты, эта послѣдняя долгое время будетъ дѣйствовать на Нептуна приблизительно одинаковымъ образомъ, и потому согласія теоріи съ наблюденіями можно будетъ достигать измѣненіемъ элементовъ Нептуна гораздо дольше, чѣмъ это было возможно для Урана, и, слѣдовательно, еще очень не скоро могли бы быть замѣчены возмущенія, производимыя въ движеніи Нептуна болѣе далекой планетой. Поэтому подобное изслѣдованіе съ надеждой на успѣхъ могло бы быть предпринято, самое раннее, въ концѣ нынѣшняго столѣтія. Съ другой стороны открытіе такой планеты при помощи фотографіи было бы сдѣлано уже давно, если предположить, что она дѣйствительно существуетъ и обладаетъ достаточной яркостью, чтобы вообще быть видимой для насъ.

Ко всему этому мы должны еще прибавить, что Форбесъ уже давно на основаніи космогоническихъ идей и принциповъ пытался доказать существованіе двухъ транснептуніальныхъ планетъ и даже опредѣлилъ ихъ вѣроятное положеніе на небѣ. Это недавно побудило Робертса предпринять цѣлый рядъ весьма точныхъ и тщательныхъ фотографическихъ снимковъ соотвѣтственной довольно обширной части неба, но онъ убѣдился, что въ этой части неба даже среди самыхъ слабыхъ получившихся на пластинкахъ звѣздъ не было ни одного свѣтила съ собственнымъ движеніемъ.

§ 99. **Жители планетъ.** Тѣ же самыя разсужденія, которыя были высказаны въ § 92 относительно жителей Урана, мы могли бы еще съ большимъ правомъ повторить также и относительно жителей Нептуна. Но вмѣсто этого мы сдѣлаемъ нѣсколько общихъ замѣчаній по этому предмету.

Можно съ довольно большою увѣренностью считать, что на всѣхъ міровыхъ тѣлахъ въ извѣстной стадіи ихъ развитія находятся въ безчисленномъ множествѣ различнаго рода живыя существа, наслаждающіяся жизнью. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ на землѣ мы находимъ жизнь въ каждой песчинкѣ, въ каждой каплѣ воды, такъ неужели же такія огромныя тѣла, какъ планеты, должны быть совершенно лишены жизни? Далѣе, у насъ на землѣ существуетъ огромное различіе не только между животными, но и между людьми различныхъ странъ, напр., между лапландцами и неграми, и необходимо допустить, что различіе между жителями другихъ міровъ еще больше. Было бы несправедливо измѣрять довольство и благосостояніе этихъ жителей сообразно съ нашими потребностями и признавать ихъ несчастными только потому, что мы чувствовали бы себя несчастными при условіяхъ, которыя господствуютъ на другихъ планетахъ, такъ какъ жители послѣднихъ, одаренные совершенно иной организаціей, могутъ смотрѣть на эти условія съ совершенно другой точки зрѣнія. Есть много такихъ лицъ,—и среди нихъ мы встрѣчаемъ даже знаменитыхъ астрономовъ,—для которыхъ разсужденія объ обитаемости міровъ представляютъ излюбленную тему. Нерѣдко они не ограничиваются разборомъ того вліянія, которое оказали бы на жителей другихъ міровъ иное чѣмъ у насъ распредѣленіе временъ года, иныя условія температуры и освѣщенія, при предположеніи, что эти жители похожи на насъ, но даютъ полную волю своему воображенію также и въ вопросѣ о физическихъ и духовныхъ качествахъ жителей различныхъ планетъ. Мы оставимъ въ сторонѣ эти exspatiationes ingenii, какъ назвалъ Кеплеръ такіе ни на чемъ не основанные полеты фантазіи, и будемъ довольны тѣмъ, что природой предоставлено намъ въ міровомъ пространствѣ мѣсто, одинаково удаленное отъ всякихъ крайностей: и отъ жары Меркурія, и отъ холода Нептуна, и если извѣстный древній философъ благодарилъ боговъ за то, что онъ былъ сотворенъ человѣкомъ, а не звѣремъ, и что онъ былъ рожденъ грекомъ, а не варваромъ, то мы будемъ также благодарны за то, что мы живемъ, если можно такъ выразиться, на средней, умѣренной и наиболѣе приспособленной къ нашей организаціи планетѣ, и что кромѣ того мы, европейцы, населяемъ умѣренную зону этой планеты и пользуемся многими благодѣяніями и безчисленными удовольствіями, о которыхъ жители Сенегала и Ледовитаго океана не имѣютъ никакого понятія и пользоваться которыми они считали бы для себя большимъ несчастіемъ, такъ какъ они не могли бы удовлетвориться тѣмъ, чѣмъ удовлетворяемся мы.

ГЛАВА XI.

Луна.

§ 100. **Время обращенія луны около земли и ея разстояніе отъ этой послѣдней.** Послѣ солнца вниманіе первыхъ наблюдателей, безъ сомнѣнія, уже съ незапамятныхъ временъ обращала на себя луна. Она освѣщаетъ наши ночи, она указываетъ путь путешественникамъ въ чужихъ странахъ и мореплавателямъ въ неизвѣстныхъ моряхъ; луною мы между прочимъ пользуемся при нашемъ времясчисленіи, ей мы обязаны суточными приливами и отливами океана, и, можетъ-быть, она оказываетъ нѣкоторое вліяніе на нашу погоду и на наше здоровье.

Нѣсколькихъ дней достаточно для того, чтобы замѣтить, что луна кромѣ суточнаго движенія около земной оси, которое она совершаетъ вмѣстѣ со всѣми остальными свѣтилами и которое, какъ мы знаемъ, есть только видимое движеніе, обладаетъ еще собственнымъ движеніемъ и перемѣщается съ запада на востокъ среди неподвижныхъ звѣздъ приблизительно на 13^0 ежедневно. Точныя наблюденія надъ этимъ движеніемъ показали,

что сидерическое время обращенія луны около земли составляетъ 27,32167 среднихъ солнечныхъ сутокъ. Тропическое время обращенія (часть I, § 85) равняется 27,32159 суткамъ, а промежутокъ времени между двумя соединеніями луны съ солнцемъ или, что то же самое, синодическое обращеніе (часть I, § 86) луны содержитъ 29,53059 сутокъ.

Луна движется около земли по эллиптической кривой, одинъ изъ фокусовъ которой совпадаетъ съ центромъ земли. Большая полуось лунной орбиты или среднее разстояніе отъ луны до земли составляетъ 60,2778 земныхъ радіусовъ или 384420 километровъ; эксцентриситетъ этого эллипса равняется 0,05491 части большой полуоси или 21110 километрамъ. При среднемъ удаленіи луны отъ земли горизонтальный параллаксъ ея (часть I, § 40) для мѣстъ, лежащихъ на земномъ экваторѣ, составляетъ 57′, и въ этомъ случаѣ радіусъ луны, когда она находится около горизонта, усматривается подъ угломъ, равнымъ 15,6′, откуда слѣдуетъ, что истинный радіусъ луны равняется 1741 километру. Слѣдовательно, діаметръ луны въ 3,69, ея поверхность въ 13,60 и объемъ въ 50,15 разъ меньше діаметра, поверхности и объема земли. * Сравнительные размѣры земли и луны даны на рисункѣ 156. *

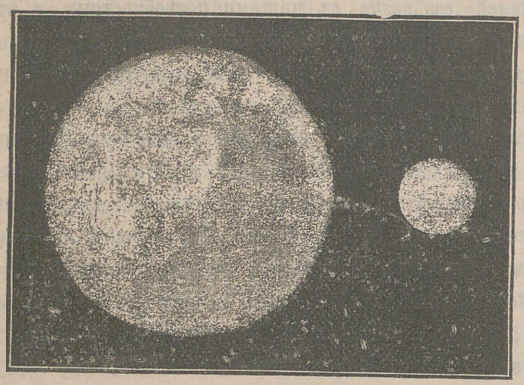


Рис. 156.

Луна находится къ землѣ ближе всякаго другого небеснаго тѣла, и разстояніе отъ нея до земли можетъ быть измѣрено при помощи простѣйшихъ способовъ, упомянутыхъ въ главѣ о параллаксахъ (часть I, § 41). Кромѣ этого фазы луны, о которыхъ мы будемъ говорить въ слѣдующемъ параграфѣ, даютъ намъ въ руки весьма простое средство опредѣлять, по крайней мѣрѣ приближенно, отношеніе разстоянія отъ луны до земли къ разстоянію отъ земли до солнца (часть I, § 88).



Рис. 157.

* Такъ какъ при движеніи луны около земли постоянно мѣняется ея разстояніе отъ послѣдней, то постоянно должны также мѣняться и видимые размѣры луны. Впрочемъ вслѣдствіе незначительности эксцентриситета лунной орбиты эти измѣненія невелики, о чемъ читатель можетъ судить на основаніи рисунка 157, на которомъ изображены видимые размѣры луны, соотвѣтствующіе ея среднему и крайнимъ разстояніямъ отъ земли. *

Движеніе луны по ея орбитѣ происходитъ съ большими неправильностями, которыя почти всѣ зависятъ отъ относительнаго расположенія луны и солнца и объясняются взаимнымъ дѣйствіемъ этихъ небесныхъ тѣлъ другъ на друга. Впослѣдствіи (часть III, главы V и VI) мы болѣе подробно остановимся на этомъ предметѣ; теперь же вкратцѣ упомянемъ только о двухъ неравенствахъ въ движеніи луны, зависящихъ отъ дѣйствія солнца.

Первое неравенство состоитъ въ томъ, что линія узловъ лунной орбиты, т.-е. линія взаимнаго пересѣченія плоскостей лунной орбиты и эклиптики перемѣщается по эклип-

тикѣ обратнымъ движеніемъ на 19,34° въ теченіе года. Вслѣдствіе этого луна снова достигаетъ того же самаго узла прежде, чѣмъ она совершитъ полный оборотъ около земли. Этотъ промежутокъ времени, равный 27,22122 суткамъ, называется драконическимъ мѣсяцемъ.

Другое неравенство имѣетъ подобный же характеръ. Оно состоитъ въ томъ, что линія апсидъ (часть I, § 72) поворачивается прямымъ движеніемъ на 40,96° въ годъ относительно линіи равноденствій, такъ что промежутокъ времени между двумя послѣдовательными прохожденіями луны черезъ перигей (часть I, § 72) длиннѣе, чѣмъ сидерическое обращеніе луны. Этотъ промежутокъ времени называется аномалистическимъ мѣсяцемъ, и продолжительность его составляетъ 27,55460 сутокъ.

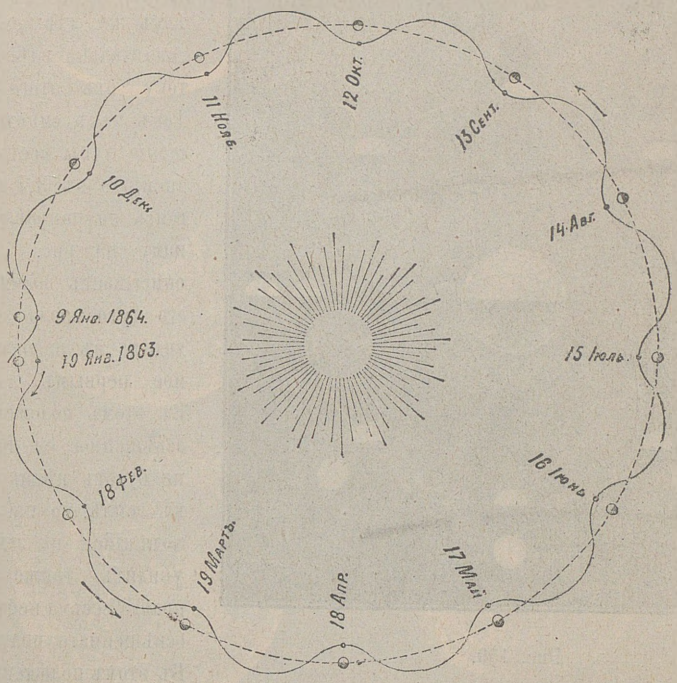


Рис. 158.

* Выше мы сказали, что луна описываетъ около земли эллипсъ, въ одномъ изъ фокусовъ котораго находится земля. Впрочемъ только въ томъ случаѣ, если бы нашъ земной шаръ въ теченіе полнаго оборота луны около него оставался неподвижнымъ въ одной и той же точкѣ пространства, луна дѣйствительно двигалась бы по эллиптической кривой. Но такъ какъ земля сама перемѣщается вокругъ солнца, то вслѣдствіе такого двойного движенія форма лунной орбиты дѣлается весьма сложной. Именно, нетрудно убѣдиться, что луна описываетъ въ пространствѣ волнообразную кривую, изображенную на рис. 158. Пунктирная линія представляетъ орбиту земли. Каждое изъ отмѣченныхъ въ видѣ точекъ положеній луны на волнообразной кривой соотвѣтствуетъ моменту новолунія. *

§ 101. **Фазы луны.** Наиболѣе бросающееся въ глаза явленіе, которое представляетъ намъ луна, это—постоянно мѣняющійся видъ ея освѣщенной части, или такъ называемыя фазы луны.

Обратимся къ рисунку 159. Въ центрѣ рисунка находится земля, вокругъ которой движется по своей орбитѣ луна. Наверху рисунка изображены лучи солнца, которое предполагается находящимся въ весьма большомъ разстояніи отъ земли. Если луна располагается между солнцемъ и землей, то она должна находиться въ томъ же самомъ мѣстѣ небесной сферы, гдѣ мы видимъ также солнце, и въ это время она какъ восходитъ, такъ

и заходитъ вмѣстѣ съ солнцемъ. Это время называется новолуніемъ. Если мы допустимъ, что луна, подобно другимъ небеснымъ тѣламъ, имѣетъ форму шара, и что, кромѣ того, она не свѣтится собственнымъ свѣтомъ, а только посылаетъ намъ отраженный солнечный свѣтъ, то во время новолунія освѣщенное полушаріе луны, которое, конечно, всегда должно быть обращено къ солнцу, вмѣстѣ съ тѣмъ будетъ обращено въ сторону, противоположную землѣ, и мы увидимъ только темную половину луны, или, иначе говоря, мы въ это время луны совершенно не увидимъ.

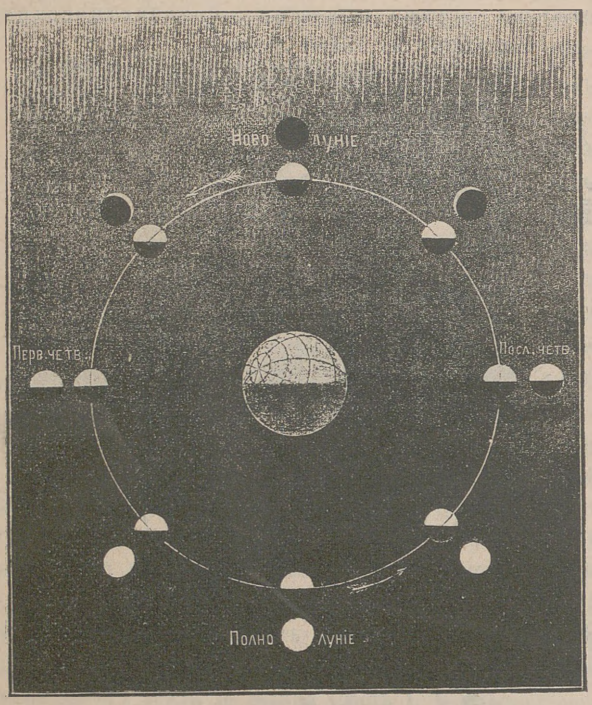
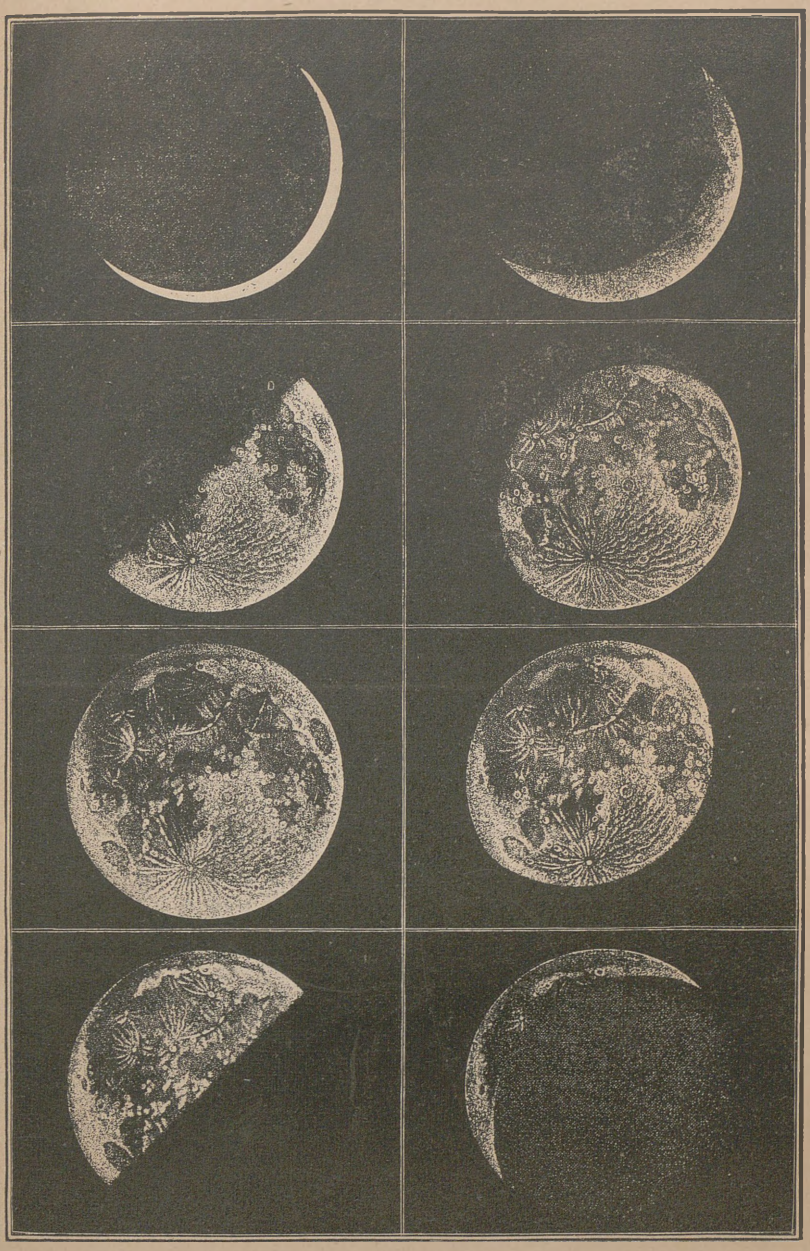


Рис. 159.

Нѣсколько дней спустя послѣ новолунія мы видимъ луну, которая вначалѣ была тамъ же, гдѣ и солнце, уже значительно влѣво или къ востоку отъ этого послѣдняго. Такъ какъ синодическое обращеніе луны составляетъ 29,5 дней, то въ 3,7 дней она, двигаясь по направленію, указанному на рис. 158 стрѣлкой, описываетъ восьмую часть своего пути около земли и приходитъ въ положеніе, называемое первымъ октантомъ. Въ этомъ положеніи луны неосвѣщенное ея полушаріе уже не будетъ цѣликомъ обращено къ землѣ, но наблюдатель, находящійся на земномъ шарѣ, увидитъ также нѣкоторую, правда весьма небольшую, часть освѣщеннаго полушарія луны. Въ этомъ положеніи луна представляется намъ въ видѣ узкаго освѣщеннаго серпа, вогнутая часть котораго обращена въ сторону, противоположную солнцу, или влѣво, какъ это видно на рис. 158. Такъ какъ въ это время луна находится лѣвѣе солнца, то она восходитъ утромъ вскорѣ послѣ восхода солнца, а заходитъ вечеромъ вскорѣ послѣ его захода.

Черезъ 7,4 дней послѣ новолунія луна въ своемъ синодическомъ обращеніи описываетъ четвертую часть своего пути и приходитъ въ положеніе, которое называется первой квадратурой или первой четвертью. Въ этомъ положеніи къ землѣ обращена половина освѣщеннаго полушарія и половина неосвѣщеннаго, такъ что луна представляется наблюдателю, находящемуся на землѣ, въ видѣ полукруга. Прежній серпъ, который можно было наблюдать вскорѣ послѣ новолунія, съ теченіемъ времени дѣлался все шире и шире, причемъ вогнутое пространство постепенно заполнялось свѣтомъ, пока наконецъ внутренняя кривая вогнутая линія не обратилась въ прямую, именно въ діаметръ луны. Во время первой четверти луна въ нашихъ сѣверныхъ широтахъ имѣетъ видъ буквы *D*. Такъ какъ въ это время она находится на 90° къ востоку отъ солнца, то она восходитъ черезъ 6 часовъ послѣ солнца или приблизительно въ полдень, заходитъ же около полуночи и, слѣдовательно, освѣщаетъ только начало ночи, а послѣ полуночи дѣлается уже невидимой.

Черезъ 7,4 дней послѣ первой четверти луна приходитъ въ такое положеніе, при



ФАЗЫ ЛУНЫ.

которомъ обращенное къ солнцу и слѣдовательно освѣщенное полушаріе всецѣло обращено также и къ землѣ. Это положеніе луны называется полнолуніемъ, и въ это время наблюдателю, находящемуся на землѣ, луна представляется въ видѣ полнаго освѣщеннаго круга. Такъ какъ въ этомъ случаѣ луна занимаетъ на небѣ положеніе, прямо противоположное солнцу, или, что то же самое, находится въ противостояніи съ солнцемъ, то она восходитъ въ моментъ захода солнца, а заходитъ въ моментъ его восхода. Такимъ образомъ во время полнолунія луна бываетъ видима въ теченіе цѣлой ночи.

Послѣ этого, при дальнѣйшемъ движеніи луны по направленію, указанному на рис. 158 стрѣлкой, къ наблюдателю, находящемуся на землѣ, постепенно будетъ обращаться все бо́льшая и бо́льшая часть темнаго полушарія луны, причемъ теперь неосвѣщенная часть будетъ находиться съ правой стороны, и это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока наконецъ къ землѣ не будетъ обращена ровно половина освѣщеннаго полушарія и половина неосвѣщеннаго. При этомъ положеніи, которое называется второй квадратурой или послѣдней четвертью, луна, какъ и во время первой четверти, представляется намъ въ видѣ полукруга, съ тою только разницей, что выпуклость въ этомъ случаѣ находится съ лѣвой стороны, между тѣмъ какъ во время первой четверти она находилась съ правой. Такъ какъ во время послѣдней четверти луна отстоитъ на 90^0 къ западу отъ солнца, то она восходитъ за шесть часовъ до его восхода или приблизительно въ полночь, а заходитъ въ полдень. Такимъ образомъ послѣ полнолунія первые часы ночи остаются безъ луннаго освѣщенія, между тѣмъ какъ до полнолунія освѣщается именно начало ночи. Поэтому послѣ новолунія мы видимъ луну все дольше и дольше въ теченіе вечернихъ часовъ на западной части неба; послѣ же полнолунія мы видимъ ее на восточной сторонѣ неба все позже и позже сначала въ теченіе ночныхъ, а затѣмъ въ теченіе утреннихъ часовъ.

Послѣ послѣдней четверти при дальнѣйшемъ движеніи луны съ запада на востокъ, темная часть на восточномъ краѣ луннаго диска дѣлается все больше и больше, и освѣщенная лѣвая сторона этого диска принимаетъ видъ все болѣе и болѣе узкаго серпа, вогнутость котораго обращена въ этомъ случаѣ въ правую сторону или къ западу, и въ нашихъ среднихъ широтахъ въ этомъ положеніи, которое называется послѣднимъ октантомъ, луна имѣетъ видъ буквы *C*, что читатель между прочимъ можетъ видѣть на рисункѣ 158. Чѣмъ больше приближается луна къ солнцу съ западной стороны, тѣмъ больше уменьшается ширина этого свѣтлаго серпа, и наконецъ тогда, когда луна находится въ той же части неба, гдѣ и солнце, этотъ серпъ совершенно исчезаетъ. Въ это время луна снова находится въ новолуніи и слѣдовательно дѣлается невидимой, и съ этого момента начинается второй періодъ, въ теченіе котораго всѣ фазы луны повторяются въ томъ же порядкѣ, какъ и раньше. * На прилагаемой при семъ таблицѣ представленъ видъ луны во время ея различныхъ послѣдовательныхъ фазъ. *

Чтобы легче опредѣлить, въ какой фазѣ находится въ данный моментъ луна, слѣдуетъ только помнить, что древніе называли это свѣтило Luna fallax, такъ какъ луна при приращеніи имѣетъ видъ буквы *D* (decrescens), а при убыли—видъ буквы *C* (crescens) *). Однако это дѣйствительно только для нашихъ сѣверныхъ широтъ; на экваторѣ же и подъ южными широтами положеніе луннаго серпа относительно горизонта мѣняется настолько, что вышеприведенное мнемоническое правило болѣе не подходитъ. На это обстоятельство впервые обратилъ вниманіе во время своихъ путешествій Марко Поло, хотя вначалѣ ему не повѣрили, какъ это обыкновенно бываетъ вообще въ случаѣ новыхъ открытій.

Здѣсь вполнѣ умѣстно коснуться также вопроса, которымъ въ новѣйшее время за-

*) Проще имѣть въ виду французскія буквы: *p* и *d* (premier и dernier), или русскія: *р* и *д* (разъ и два). *Ред.*

нимались многіе астрономы и между прочимъ Шмидтъ въ Аѳинахъ, а именно вопроса о томъ, какъ скоро послѣ новолунія можетъ быть замѣченъ лунный серпъ. Появленіе новой луны имѣло весьма важное значеніе для іудеевъ, такъ какъ отъ этого зависѣло церковное начало ихъ мѣсяца. Поэтому уже съ весьма давнихъ временъ пробовали примѣнять астрономическія вычисленія къ рѣшенію вышеупомянутаго вопроса. Установленіе формулы, выведенной изъ наблюденій за многія сотни лѣтъ, составляло цѣль, къ которой давно стремились іудейскіе ученые, и въ этомъ мы имѣемъ одинъ изъ древнѣйшихъ примѣровъ индуктивнаго метода. Результаты, къ которымъ пришли эти ученые, были собраны великимъ философомъ Маймонидомъ, и его сочиненіе, относящееся къ XII-му столѣтію, еще до сихъ поръ представляетъ самую обстоятельную работу по этому предмету. Однако изложенные въ этомъ сочиненіи результаты годны для Палестины, которая по мѣстнымъ условіямъ существенно отличается отъ большинства европейскихъ странъ, и кромѣ того это сочиненіе, само собой разумѣется, обладаетъ многими недостатками, зависящими отъ тѣхъ несовершенствъ, которыя были присущи тогдашней наукѣ о небѣ. Во всякомъ случаѣ этотъ вопросъ представляетъ огромный интересъ, въ особенности если имѣть въ виду видимость также и остальныхъ свѣтилъ во время сумерекъ; вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо замѣтить, что относящіяся сюда наблюденія доступны всякому любителю астрономіи.

§ 102. **Фазы земли, видимыя съ поверхности луны.** Нѣтъ необходимости говорить, что фазы луны и согласное съ наблюденіями ихъ объясненіе служатъ лучшимъ доказательствомъ принятаго выше предположенія, что луна имѣетъ форму шара и получаетъ свой свѣтъ отъ солнца. Но такъ какъ земля есть также темный шаръ, освѣщаемый солнцемъ, то для жителей луны, если таковые существуютъ, земля тоже должна представляться въ различныхъ фазахъ, и это явленіе должно еще больше бросаться въ глаза, такъ какъ поверхность земли болѣе чѣмъ въ 13 разъ превосходитъ поверхность луны.

Когда луна находится въ новолуніи и потому невидима для насъ, земля, напротивъ того, представляется въ полномъ своемъ блескѣ въ видѣ цѣлаго круга, такъ какъ въ этомъ случаѣ освѣщаемое солнцемъ полушаріе земли всецѣло обращено къ лунѣ. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ жители обращеннаго къ землѣ полушарія луны увидятъ землю въ формѣ вполнѣ освѣщеннаго диска. * Эта картина изображена на приложенной при семъ таблицѣ. * Во время же полнолунія земля бываетъ обращена къ лунѣ своею темною стороною; поэтому жители луны въ это время совсѣмъ не видятъ земли, совершенно такъ же, какъ мы не видимъ луны во время новолунія. Слѣдовательно, жителямъ луны земля представляется полной, когда у насъ имѣетъ мѣсто новолуніе, и если можно такъ выразиться,—новой, когда у насъ имѣетъ мѣсто полнолуніе. Совершенно также она имъ представляется въ первой или послѣдней четверти, когда мы видимъ луну соотвѣтственно въ послѣдней или первой четверти. Такимъ образомъ, когда для насъ луна находится въ первой четверти, жителямъ луны представляется освѣщенной лѣвая или восточная сторона земли, т.-е для нихъ имѣетъ мѣсто такая же картина, какую мы видимъ во время послѣдней четверти, и наоборотъ.

Кромѣ фазъ земли, совершенно подобныхъ фазамъ луны, но только въ гораздо большемъ масштабѣ, жители луны, если они обладаютъ такимъ же хорошимъ зрѣніемъ, какъ и мы, могли бы замѣтить на поверхности нашей земли материки и океаны, а также наибольшіе изъ острововъ и заливовъ, такъ какъ всѣ эти образованія земной поверхности отличаются другъ отъ друга не только своимъ цвѣтомъ, но также различной способностью отраженія солнечныхъ лучей. Такъ, въ полдень во время нашего новолунія, они должны видѣть Европу, Азію и Африку, и эти материки должны представляться имъ въ видѣ общей болѣе свѣтлой массы, окруженной со всѣхъ сторонъ темнымъ пространствомъ. Черезъ 12 нашихъ часовъ почти вся картина на огромномъ дискѣ земли должна для нихъ измѣ-



ВИДЪ ЗЕМЛИ СЪ ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ.

ниться: такъ называемый Старый Свѣтъ исчезаетъ, и передъ ихъ глазами вмѣсто этого появляется Америка съ многочисленными островами Южнаго моря. Такимъ образомъ жители луны, и при томъ не одни только ученые, а всѣ вообще, уже много тысячъ лѣтъ тому назадъ при первомъ взглядѣ на землю могли видѣть то, относительно чего наши географы и астрономы спорили долгое время. Напримѣръ, Америка была имъ извѣстна задолго до Колумба, а Австралія задолго до Кука, и такъ поздно разрѣшенный у насъ вопросъ о поѣздкѣ на сѣверный полюсъ или о большомъ материкѣ на южномъ полюсѣ у нихъ разрѣшенъ уже давно, такъ какъ съ луны, всякій, у кого есть глаза, видитъ каждый изъ земныхъ материковъ приблизительно 30 разъ въ теченіе каждаго мѣсяца. На большой потопъ, о которомъ у насъ сохранились лишь темныя преданія, несмотря на то, что свидѣтелемъ его былъ, можетъ быть, весь существовавшій въ то время родъ человѣческій, они, безъ сомнѣнія, смотрѣли также спокойно, какъ въ настоящее время смотрятъ на походы нашихъ войскъ и на битвы, въ которыхъ наши братья, часто неизвѣстно зачѣмъ, въ теченіе одного часа совершаютъ тысячи убійствъ. Такой городъ, какъ Вѣна, имѣющій 15 километровъ въ поперечникѣ, для жителей луны представился бы подъ угломъ, равнымъ 8″, что въ два раза превосходитъ уголъ, подъ которымъ мы усматриваемъ Урана. Вообще, на поверхности луны линія, длина которой составляетъ 1,82 километра, съ земли усматривается подъ угломъ, равнымъ одной секундѣ, и потому предметовъ, по величинѣ равныхъ нашимъ домамъ или полямъ, мы на поверхности луны совершенно не можемъ различить. Красивое круглое пятно на лунѣ, извѣстное подъ названіемъ Платона и имѣющее 74 километра въ діаметрѣ, уже можетъ быть ясно видимо при помощи трубы, увеличивающей въ 10 разъ: оно усматривается подъ угломъ, равнымъ 40″. При увеличеніи въ 300 разъ при помощи хорошей трубы можно прекрасно видѣть на лунѣ такіе предметы, діаметръ которыхъ составляетъ 3 километра и которые, слѣдовательно, усматриваются подъ угломъ, равнымъ $1^3/_4$″. Поэтому, повидимому, не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что жители луны, если только они обладаютъ такимъ же зрѣніемъ, какъ и мы, могутъ видѣть наши большіе города, рѣки и т. п., и, можетъ быть, они уже имѣютъ въ своемъ распоряженіи въ общемъ весьма вѣрныя карты нашей земли.

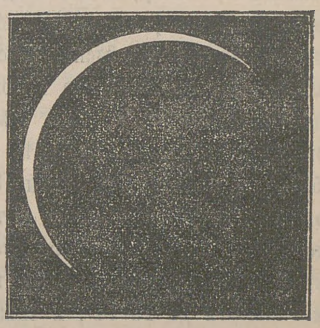


Рис. 160.

§ 103. **Пепельный свѣтъ луны.** Незадолго до и вскорѣ послѣ новолунія, когда луна имѣетъ видъ тонкаго серпа, человѣку, обладающему хорошимъ зрѣніемъ, въ особенности если для этого воспользоваться зрительной трубой, также и остальная темная часть луны представляется свѣтящеюся весьма слабымъ свѣтомъ (рис. 160), причемъ этотъ свѣтъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ ближе къ квадратурѣ находится луна. Этотъ свѣтъ благодаря его окраскѣ называется пепельнымъ свѣтомъ луны (lumière cendrée). Причина этого явленія долгое время была неизвѣстна; правильное объясненіе ему дали Леонардо-да-Винчи и позже Местлинъ, учитель Кеплера. Именно, во время новолунія согласно съ вышесказаннымъ освѣщенное солнцемъ полушаріе земли всецѣло обращено въ сторону темнаго полушарія луны, и такъ какъ поверхность земли, какъ уже было упомянуто, приблизительно въ 13 разъ превосходитъ поверхность луны, то этотъ большой освѣщенный дискъ земли отбрасываетъ такое значительное количество свѣта въ темную поверхность луны, что она дѣлается для насъ видимой, если только луна не находится слишкомъ близко къ солнцу. Такимъ образомъ этотъ свѣтъ земли, освѣщающій луну, мы получаемъ, такъ сказать, изъ третьихъ рукъ, такъ какъ

онъ, выйдя первоначально изъ солнца, падаетъ на землю, отъ этой послѣдней отражается по направленію къ лунѣ и, наконецъ, отъ луны снова отбрасывается на землю.

§ 104. **Меридіональныя высоты луны во время полнолунія лѣтомъ и зимой.** Здѣсь вполнѣ умѣстно указать еще на одно особенное свойство луны, которое, по своей простотѣ, должно броситься въ глаза всякому мало-мальски внимательному наблюдателю. Если бы орбита луны лежала въ точности въ плоскости эклиптики, то луна во время своей кульминаціи никогда не занимала бы на небѣ положенія болѣе высокаго, чѣмъ положеніе солнца въ полдень лѣтомъ, и болѣе низкаго, чѣмъ положеніе солнца въ полдень зимой. Однако орбита луны наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ, равнымъ $5^0 9'$, и узлы лунной орбиты приблизительно въ 19 лѣтъ описываютъ полный кругъ по эклиптикѣ (§ 100). Отсюда слѣдуетъ, что самое высокое и самое низкое положенія луны въ меридіанѣ могутъ отличаться отъ самаго высокаго и самаго низкаго положенія солнца въ полдень также на $5^0 9'$. И такъ какъ сѣверное или южное склоненіе солнца никогда не можетъ быть больше $23^0 28'$, то наибольшее склоненіе луны иногда можетъ доходить до $28^0 37'$, иногда же оно бываетъ равнымъ только $18^0 19'$. Однако эти пять градусовъ вообще могутъ быть даже незамѣчены лицами, не занимающимися спеціально астрономіей, и поэтому для простоты мы можемъ принять, что плоскость орбиты луны совпадаетъ съ плоскостью эклиптики. Но во всякомъ случаѣ всякому должно бросаться въ глаза, что луна во время полнолунія при прохожденіи черезъ меридіанъ зимой находится всегда весьма высоко надъ горизонтомъ, а лѣтомъ, наоборотъ, весьма низко. Это съ перваго взгляда бросающееся въ глаза явленіе объясняется весьма легко на основаніи простого замѣчанія, что луна во время полнолунія занимаетъ на небѣ положеніе прямо противоположное солнцу, и что слѣдовательно зимой во время полнолунія она находится въ той части эклиптики, въ которой лѣтомъ мы видимъ солнце, и такъ какъ эта часть эклиптики занимаетъ наивысшее мѣсто надъ плоскостью экватора, то въ это время луна также должна находиться весьма высоко надъ плоскостью экватора, и слѣдовательно также и надъ плоскостью горизонта. Лѣтомъ же во время полнолунія имѣетъ мѣсто прямо противоположное явленіе. Въ Вѣнѣ, напримѣръ, наибольшая высота солнца лѣтомъ составляетъ $65^0 16'$, а наименьшая зимой $18^0 20'$. Слѣдовательно также и меридіональная высота луны во время полнолунія зимой достигаетъ $65^0 16'$, а лѣтомъ только $18^0 20'$, а вслѣдствіе того, что орбита луны наклонена къ плоскости эклиптики подъ угломъ, равнымъ $5^0 9'$, первая изъ только-что упомянутыхъ высотъ можетъ увеличиться до $70^0 25'$, а вторая можетъ уменьшиться до $13^0 11'$, и такая большая разность, превосходящая 57^0, должна бросаться въ глаза даже самому поверхностному наблюдателю.

§ 105. **Вращеніе луны около оси.** Что касается приведенныхъ выше (§ 100) временъ обращенія луны около земли, которыя называются также лунными мѣсяцами, то по аналогіи съ движеніемъ земли, можно считать, что они относятся къ годовому движенію луны, и въ такомъ случаѣ вращеніе луны около оси можетъ быть названо, какъ и для земли, суточнымъ ея движеніемъ.

Для земли годовое движеніе весьма отлично отъ суточнаго, такъ какъ продолжительность перваго круглымъ числомъ въ 365 разъ больше продолжительности второго. Совершенно иначе обстоитъ дѣло относительно луны, для которой время обращенія около земли и время вращенія около оси одинаковы.

Если мы будемъ болѣе внимательно разсматривать поверхность луны, покрытую, какъ извѣстно, большимъ числомъ пятенъ, то мы замѣтимъ, что эти пятна всегда занимаютъ одно и то же положеніе на лунномъ дискѣ, или, другими словами, что луна всегда обращена къ намъ одною и тою же стороною. И дѣйствительно, еще ни одинъ человѣческій глазъ не видѣлъ другой стороны луны, которая обращена въ сторону, противоположную землѣ и которая вѣчно будетъ занимать такое положеніе относи-

тельно нашей планеты, какъ будто луна неизмѣнно соединена съ землей штангой, проходящей черезъ центры обоихъ тѣлъ, и какъ будто на этой штангѣ она каждый мѣсяцъ описываетъ полный кругъ около земли.

Эта особенность въ движеніи луны послужила поводомъ къ продолжительному и сильному спору между учеными. Ньютонъ, описывая это явленіе, первый выразился слѣдующимъ образомъ: «Луна обращена къ намъ постоянно одною и тою же стороною, слѣдовательно, она вращается около оси»; до него же астрономы, наоборотъ, дѣлали такое заключеніе: «Луна обращена къ намъ постоянно одною и тою же стороною, слѣдовательно она не вращается около оси».

Не останавливаясь болѣе подробно на исторіи этого спора, мы замѣтимъ только, что въ концѣ концовъ дѣло сводится къ спору относительно словъ, и что, смотря по тому, какой смыслъ мы будемъ придавать слову «вращаться», мы одинаково можемъ сказать: «луна вращается» или «луна не вращается», совершенно подобно тому, какъ относительно стола, на которомъ мы пишемъ, мы совершенно съ одинаковымъ правомъ можемъ сказать, что онъ движется, или что онъ не движется. Онъ не движется, такъ какъ онъ не мѣняетъ своего положенія относительно ближайшихъ окружающихъ его предметовъ, напр., относительно стѣнъ комнаты; но, съ другой стороны, онъ движется, такъ какъ онъ находится на землѣ, которая, какъ всякій знаетъ, совершаетъ движеніе около солнца и, кромѣ того, еще вращается около своей оси, и съ которой поэтому долженъ двигаться также и столъ.

Въ случаѣ луны недоразумѣніе происходитъ вслѣдствіе того, что мы разсматриваемъ ее съ земли, которая служитъ центромъ ея движенія. Но если мы представимъ себѣ, что глазъ наблюдателя помѣщенъ за предѣлами лунной орбиты, напр., на солнцѣ, то онъ во время нашего новолунія (рис. 159) увидитъ ту сторону луны, которая для насъ остается постоянно скрытой, во время же полнолунія, наоборотъ, ту, которая обращена къ землѣ, и которую, слѣдовательно, мы видимъ всегда. Поэтому для такого наблюдателя не будетъ подлежать никакому сомнѣнію, что луна дѣйствительно вращается около оси, и что при этомъ полный оборотъ она совершаетъ въ такое же время, въ какое она описываетъ полный кругъ около земли, или, иначе говоря, что для луны времена вращенія около оси и обращенія около земли равны между собою, или, еще иначе, что ея годъ равенъ ея суткамъ.

§ 106. **Времена года и смѣна дней и ночей на лунѣ.** Характеръ временъ года на какой-нибудь планетѣ зависитъ, какъ мы знаемъ (часть I, § 37), отъ угла, составляемаго плоскостью экватора планеты и плоскостью ея орбиты, или, по спеціальному выраженію, отъ наклонности эклиптики, и чѣмъ меньше эта наклонность, тѣмъ меньше отличаются другъ отъ друга времена года. Плоскость орбиты, описываемой луною около земли, наклонена къ плоскости экватора этого спутника подъ небольшимъ угломъ, равнымъ только $6{,}6^0$. Между обѣими этими плоскостями расположена плоскость земной орбиты или, иначе говоря, плоскость эклиптики, такъ что эта послѣдняя составляетъ съ плоскостью лунной орбиты уголъ, равный $5{,}1^0$. Но такъ какъ линія пересѣченія лунной орбиты съ эклиптикой или линія узловъ лунной орбиты въ 19 лѣтъ описываетъ полный кругъ около земли (§ 100), то одна и та же половина лунной орбиты въ теченіе $9^1/_2$ лѣтъ лежитъ надъ эклиптикой, а въ теченіе другихъ $9^1/_2$ лѣтъ подъ эклиптикой, такъ что вообще можно сказать, что лунная орбита совпадаетъ съ эклиптикой и потому съ луннымъ экваторомъ составляетъ весьма малый уголъ, равный $1{,}5^0$. По этой причинѣ на лунѣ почти не существуетъ никакой разницы между временами года, и жители луны, пока они не мѣняютъ своего мѣстонахожденія на поверхности луны, видятъ полуденное солнце всегда, и лѣтомъ, и зимой, почти на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ, а именно; жители экватора—въ зенитѣ, жители же полярныхъ странъ—вблизи горизонта, такъ что на экваторѣ, слѣдовательно, господствуетъ вѣчное лѣто, около полюсовъ — вѣчная зима, а въ промежуточ-

ныхъ странахъ имѣетъ мѣсто непрерывная весна. Точно также и дни на лунѣ не бываютъ лѣтомъ длиннѣе, а зимою короче, какъ у насъ на землѣ, но постоянно по своей продолжительности почти въ точности равны ночамъ. Мѣстъ же, подобныхъ нашимъ полярнымъ странамъ, гдѣ солнце лѣтомъ въ теченіе долгаго времени остается надъ горизонтомъ, а зимою, напротивъ, подъ горизонтомъ, на лунѣ совсѣмъ нѣтъ.

Но не только по характеру временъ года луна отлична отъ земли: на ней также и смѣна дней и ночей происходитъ совершенно инымъ образомъ, чѣмъ на нашей планетѣ. Если мы, согласно съ обычнымъ способомъ выраженія, *сутками* назовемъ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными восходами солнца, то продолжительность сутокъ на лунѣ несравненно больше, чѣмъ на землѣ. Продолжительность сутокъ на лунѣ это промежутокъ времени между двумя послѣдовательными новолуніями, и, слѣдовательно, тамъ сутки равняются $29^1/_2$ нашимъ суткамъ. Для жителей луны солнце непрерывно въ теченіе $14^3/_4$ нашихъ сутокъ остается надъ горизонтомъ и въ теченіе такого же промежутка времени подъ горизонтомъ, или, другими словами, день на лунѣ продолжается $24 \times 14^3/_4 = 354$ нашихъ часовъ, и такъ же длинна на нашемъ спутникѣ ночь.

Вслѣдствіе только-что описанныхъ условій климатъ въ различныхъ частяхъ поверхности луны представляетъ еще гораздо болѣе рѣзкіе контрасты, чѣмъ у насъ на землѣ. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ на землѣ страны, лежащія вблизи полюсовъ, значительно нагрѣваются въ теченіе лѣта, и, въ свою очередь, страны жаркаго пояса нѣсколько охлаждаются во время солнцестоянія, благодаря наклонному паденію солнечныхъ лучей. Совершенно иныя явленія имѣютъ мѣсто на лунѣ, гдѣ въ полярныхъ странахъ солнце находится постоянно вблизи горизонта, а въ экваторіальныхъ — въ зенитѣ, и гдѣ, слѣдовательно, какъ лѣто, такъ и зима неизмѣнно связаны съ опредѣленными зонами лунной поверхности.

Такъ какъ продолжительность дня на лунѣ, согласно съ вышесказаннымъ, составляетъ приблизительно 15 нашихъ дней, то, слѣдуя Д. Гершелю, вообще принимали, что подъ такимъ продолжительнымъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей по крайней мѣрѣ экваторіальныя страны нагрѣваются до температуры, превосходящей температуру кипящей воды, и, можетъ быть, даже болѣе чѣмъ до 200° по стоградусному термометру. Но вопреки этому Ланглей на основаніи своихъ трехлѣтнихъ (1884—1887) весьма тщательныхъ изслѣдованій пришелъ къ заключенію, что нагрѣваніе лунной поверхности солнцемъ, самое большое, можетъ достичь 50° по стоградусному термометру, и что оно даже, по всей вѣроятности, значительно ниже. Вмѣстѣ съ тѣмъ онъ наблюдалъ, что тепловой спектръ неосвѣщеннаго полушарія луны тождественъ съ тепловымъ спектромъ неба вдали отъ луны, и этимъ онъ подтвердилъ результатъ, найденный Карломъ Россе, а именно, что луна въ настоящее время вовсе не обладаетъ собственной теплотой, и что ея излученіе обусловливается исключительно поглощенной солнечной теплотой. Далѣе Ланглей оцѣниваетъ, что количество теплоты, отражаемой луной, составляетъ немного болѣе чѣмъ одну седьмую часть всей излучаемой ею теплоты, откуда вытекаетъ, что изъ всѣхъ тепловыхъ солнечныхъ лучей, которымъ луна исключительно обязана своей температурой, только весьма незначительная часть отражается ею непосредственно, большая же часть ихъ поглощается поверхностью луны. Несмотря на это, по изслѣдованіямъ Россе, количество теплоты, посылаемое намъ полной луной, относится къ количеству теплоты, получаемой нами отъ солнца, какъ 1 къ 82600. Весьма близкая къ этой величина получается для теплового излученія луны также по изслѣдованіямъ Маріэ-Деви.

Весьма интересныя наблюденія произвелъ Ланглей во время луннаго затмѣнія 23 сентября 1885 года. При приближеніи полутѣни его инструменты показали значительное уменьшеніе теплового излученія раньше, чѣмъ глазъ могъ замѣтить какіе-либо слѣды тѣни на лунномъ дискѣ. По мѣрѣ наступленія затмѣнія количество излучаемой теплоты быстро

уменьшалось, послѣ же окончанія полной фазы оно почти такъ же быстро стало увеличиваться. Измѣненіе температуры луны въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, пока продолжалось затмѣніе, было, согласно съ наблюденіями, настолько огромнымъ, что оно должно было превзойти измѣненіе при переходѣ отъ зноя нашего жаркаго пояса къ лютѣйшему холоду нашей арктической зимы. Какъ же низко въ такомъ случаѣ должна падать на лунѣ температура во время длинныхъ ночей, имѣющихъ мѣсто на этомъ небесномъ тѣлѣ!

§ 107. **Лунная атмосфера и вода на лунѣ.** Обращенное къ намъ полушаріе луны или совершенно лишено какой-бы то ни было атмосферы, или же, если и обладаетъ, то весьма разрѣженной и притомъ простирающейся лишь на незначительное пространство. На поверхности луны свѣтъ всегда весьма рѣзко отдѣляется отъ тѣни, и переходъ отъ яркаго свѣта одной части луны къ глубочайшему мраку другой происходитъ не постепенно, а сразу; другими словами, мы не замѣчаемъ на лунѣ никакого намека на сумерки, что во всякомъ случаѣ говоритъ въ пользу атмосферы, пропускающей свѣтъ почти безъ всякаго ослабленія и вовсе не отражающей его. Къ тому же самому заключенію мы приходимъ на основаніи наблюденій покрытій неподвижныхъ звѣздъ луной; эти наблюденія показываютъ, что звѣзды безъ всякаго ослабленія яркости доходятъ до луннаго края и затѣмъ внезапно исчезаютъ за лунымъ дискомъ. Это означаетъ, что ближайшіе къ лунѣ и потому наиболѣе плотные слои ея атмосферы, если таковая вообще существуетъ, настолько прозрачны, что они даже не могутъ быть сравниваемы съ подобными же слоями нашей земной атмосферы. Лунная атмосфера не только должна быть весьма прозрачной, но кромѣ того должна обладать очень незначительной плотностью. Въ самомъ дѣлѣ, если бы это было иначе, то наблюдаемая продолжительность покрытія какой-нибудь звѣзды луной значительно отличалась бы отъ вычисленной вслѣдствіе преломленія, которое лучи свѣта, идущіе отъ звѣзды, испытывали бы въ лунной атмосферѣ; въ дѣйствительности же такого уклоненія свѣтовыхъ лучей не наблюдается. Поэтому слѣдуетъ попытаться инымъ образомъ объяснить явленіе, на которое часто указывали какъ на доказательство существованія атмосферы у луны и которое состоитъ въ томъ, что иногда звѣзда за нѣсколько секундъ до своего исчезновенія за лунымъ краемъ представлялась находящейся *передъ* дискомъ луны. Для объясненія этого явленія, Эри принимаетъ, что благодаря сильному напряженію нашего вниманія во время наблюденій темный край луны вслѣдствіе иррадіаціи (часть I, § 112) кажется намъ больше своихъ дѣйствительныхъ размѣровъ. Еще другое доказательство разрѣженности лунной атмосферы по мнѣнію Хансена заключается въ томъ, что во время солнечныхъ затмѣній грануляція солнца около луннаго края не претерпѣваетъ никакихъ измѣненій. Наконецъ, воззрѣніе Араго и Декуниса, состоящее въ томъ, что атмосфера луны лишь весьма немного возвышается надъ лунной поверхностью, и что во многихъ пунктахъ этой послѣдней даже рельефъ мѣстности превышаетъ атмосферу, въ новѣйшее время нашло себѣ убѣжденнаго защитника въ лицѣ Дарвина.

Но гдѣ нѣтъ совсѣмъ атмосферы или гдѣ имѣется лишь крайне разрѣженная и весьма прозрачная атмосфера, тамъ нельзя допустить присутствія воды или какой-нибудь ей подобной жидкости. Если бы наша земля лишилась своей атмосферы, то рѣки и моря въ короткое время испарились бы, и вся поверхность земли засохла бы. И дѣйствительно, на поверхности луны мы не можемъ замѣтить ничего подобнаго нашимъ земнымъ водовмѣстилищамъ. Большія сѣрыя пятна на лунѣ, которыя извѣстны подъ названіемъ *морей*, полны маленькихъ возвышенностей и углубленій и никоимъ образомъ не могутъ быть сравниваемы съ нашими озерами и морями.

Сдѣлать заключеніе объ отсутствіи въ настоящее время какой бы то ни было жидкости на лунѣ мы можемъ даже на основаніи одного только вида лунной поверхности, такъ какъ сразу бросается въ глаза отсутствіе на ней образованій, похожихъ на облака Подобно сухому слитку гипса или сѣры съ безчисленными пузырьками и впадинами, луна

представляется намъ покрытой горами и долинами, которыя свидѣтельствуютъ о большихъ и сильныхъ переворотахъ, имѣвшихъ мѣсто на ней въ древнія времена. На лунѣ едвали мы можемъ найти слѣды какихъ-либо явленій въ родѣ нашихъ земныхъ урагановъ, бурь и наводненій. Но не смотря на это, весьма невѣроятно, чтобы это небесное тѣло всегда и въ прежнія времена было лишено атмосферы. Большіе перевороты, имѣвшіе мѣсто на поверхности луны въ древнія времена, заставляютъ насъ предполагать, что тогда тамъ дѣйствовалъ огонь, а это, въ свою очередь, приводитъ къ заключенію, что въ прежнія времена на лунѣ существовала атмосфера, безъ которой, по крайней мѣрѣ у насъ на землѣ, вовсе не можетъ возникнуть огонь. Поэтому не только возможно, но даже весьма вѣроятно, что это небесное тѣло, на которомъ теперь нѣтъ ни воздуха, ни воды, по крайней мѣрѣ въ томъ смыслѣ, какой мы придаемъ этимъ словамъ, вслѣдствіе своего сравнительно небольшого объема уже давно прошло черезъ періодъ охлажденія и теперь состоитъ только изъ сухихъ голыхъ скалъ, на которыхъ нѣтъ ни растительности, ни жизни, ни движенія, но царитъ вѣчный покой и гробовая тишина. Такимъ образомъ луна, повидимому, уже отжила свой вѣкъ и какъ негодный шлакъ выброшена изъ ряда обитаемыхъ міровъ.

§ 108. **Какой видъ имѣетъ небо съ поверхности луны.** Если бы мы могли перенестись на луну и оттуда стали бы наблюдать небо, то среди всѣхъ небесныхъ тѣлъ, медленно совершающихъ свои движенія по небесной сферѣ, мы замѣтили бы одно, которое не принимаетъ никакого участія въ этомъ всеобщемъ движеніи и, повидимому, находится въ абсолютномъ покоѣ. Это небесное тѣло, видимые размѣры котораго превосходятъ размѣры всѣхъ остальныхъ тѣлъ и даже самого солнца, есть ни что иное, какъ наша земля. Такъ какъ луна описываетъ полный кругъ около земли въ такое же время, въ какое она совершаетъ полный оборотъ около своей оси, и такъ какъ всякая точка лунной поверхности, въ данный моментъ обращенная къ землѣ, и всегда остается обращенной къ землѣ, какъ будто луна неизмѣнно соединена съ землей твердой штангой, какъ это мы уже говорили выше (§ 105), то отсюда вытекаетъ, что жителямъ луны, пока они не мѣняютъ своего мѣстонахожденія на ея поверхности, наша земля должна представляться неподвижно стоящей на небѣ постоянно въ одномъ и томъ же разстояніи отъ ихъ зенита. Жители центральныхъ частей обращеннаго къ намъ полушарія луны усматриваютъ землю постоянно въ зенитѣ; жители странъ, лежащихъ около края луннаго диска, усматриваютъ землю постоянно вблизи горизонта; наконецъ, жители промежуточныхъ странъ усматриваютъ землю въ теченіе цѣлаго года постоянно на одной и той же высотѣ надъ горизонтомъ, и эта высота тѣмъ больше, чѣмъ ближе къ центру луннаго диска лежитъ данное мѣсто. Солнце, планеты и всѣ остальныя небесныя свѣтила для любой точки лунной поверхности восходятъ и заходятъ по одному разу въ теченіе каждыхъ 14 или 15 нашихъ дней; наша же земля никогда не восходитъ и не заходитъ. Видимые размѣры земли, усматриваемой съ луны, въ 13 разъ больше видимыхъ размѣровъ луны, усматриваемой съ земли, и этотъ-то огромный дискъ постоянно занимаетъ на небѣ одно и то же неизмѣнное положеніе, между тѣмъ какъ всѣ остальныя свѣтила и даже само солнце въ теченіе $29^1/_2$ нашихъ сутокъ описываютъ полные круги около этого диска и ежедневно видимымъ образомъ удаляются отъ него на 13^0 къ западу. Какое удивительное зрѣлище представляетъ небо для жителей луны! Нѣтъ никакого сомнѣнія, что ученые луны весьма остроумно объяснили бы эту невольно бросающуюся въ глаза абсолютную неподвижность одного небеснаго тѣла, далеко превосходящаго по своей величинѣ всѣ остальныя, его инертностью, въ высшей степени согласующуюся съ его размѣрами. И кто возьметъ на себя смѣлость упрекать религіозныхъ людей, если они есть или были на лунѣ, если бы они оказывали божескія почести этому огромному свѣтилу съ его обращающими на себя вниманіе фазами, свѣтилу, которое въ вѣчномъ покоѣ сидитъ на своемъ незыблемомъ тронѣ, между

тѣмъ какъ всѣ остальныя небесныя тѣла благоговѣйно движутся около него по предназначеннымъ имъ путямъ!

Однако этимъ великолѣпнымъ зрѣлищемъ могли бы наслаждаться только тѣ жители луны, которые находятся на переднемъ, обращенномъ къ землѣ полушаріи луны. Остальные же жители луны совершенно не знакомы съ этой картиной, такъ какъ обитаемое ими полушаріе вѣчно обращено въ сторону, противоположную землѣ, и потому они никогда не могутъ видѣть этой послѣдней. Поэтому они не имѣютъ никакого представленія о томъ прекрасномъ зрѣлищѣ, которымъ ежедневно или даже ежечасно наслаждаются ихъ сосѣди, живущіе на другомъ полушаріи, если только они не получаютъ иногда свѣдѣній объ этихъ чудесахъ отъ путешественниковъ, пріѣзжающихъ къ нимъ изъ тѣхъ странъ. Съ какимъ удивленіемъ должны они слушать ихъ разсказы, и съ какимъ благоговѣніемъ, надо думать, предпринимаютъ они большими караванами путешествія въ эти счастливыя мѣста, съ тѣмъ чтобы полюбоваться такими чудесами незнакомаго имъ неба!

Впрочемъ счастливые жители обращеннаго къ намъ полушарія луны имѣютъ еще и другія немаловажныя преимущества передъ своими сосѣдями, живущими на другомъ полушаріи. Выше (§ 102) мы видѣли, что земля, усматриваемая съ луны, представляется въ различныхъ фазахъ, совершенно подобныхъ тѣмъ, въ которыхъ намъ, жителямъ земли, представляется луна, и что, слѣдовательно, жители луны видятъ огромный дискъ земли то въ видѣ полнаго круга, то въ видѣ полукруга, обращеннаго выпуклостью одинъ разъ вправо, другой разъ влѣво, то, наконецъ, совсѣмъ его не видятъ. Эти четыре фазы земли, безъ сомнѣнія, даютъ въ руки жителямъ луны весьма удобное средство для подраздѣленія ихъ длиннаго дня, совершенно такъ же, какъ мы фазами луны пользуемся для подраздѣленія нашего года на мѣсяцы и недѣли. Кромѣ этого раздѣленія ихъ сутокъ или, что въ данномъ случаѣ то же самое, ихъ года на четыре равныя части, они для болѣе мелкихъ подраздѣленій могутъ пользоваться, какъ самыми точными часами, большими пятнами, черезъ правильные промежутки времени появляющимися на поверхности земли и затѣмъ снова исчезающими. Кромѣ того, жители обращеннаго къ намъ полушарія луны пользуются еще той выгодой, что ихъ ночи освѣщаются землей, и это освѣщеніе въ 13 разъ сильнѣе, чѣмъ освѣщеніе земли луной, находящейся въ соотвѣтственной фазѣ. Поэтому скорѣе можно было бы сказать, что земля имѣетъ цѣлію освѣщать длинныя ночи обращеннаго къ намъ полушарія луны, а не наоборотъ, хотя, по крайней мѣрѣ въ болѣе древнія времена, неоднократно утверждали, что луна служитъ для освѣщенія ночей у насъ на землѣ. Если бы дѣйствительно таково было назначеніе луны, то въ моментъ происхожденія она должна была бы находиться въ полнолуніи и, слѣдовательно, занимать положеніе прямо противоположное солнцу, и ея разстояніе должно было бы составлять приблизительно одну сотую часть разстоянія отъ солнца до земли *). Дѣйствительно, въ такомъ случаѣ луна и всегда осталась бы въ полнолуніи, и только затмѣнія иногда могли бы скрывать ее отъ насъ. Но такъ какъ въ настоящее время едва половина нашихъ ночей освѣщается луной, то мы такимъ образомъ не можемъ считать единственнымъ назначеніемъ луны освѣщеніе нашей земли по ночамъ. Кромѣ того, въ такомъ случаѣ ея поверхность должна была бы быть въ 16 разъ больше, чѣмъ въ дѣйствительности, чтобы съ упомянутаго выше разстоянія, приблизительно въ четыре

*) Извѣстно, что среднее разстояніе отъ спутника до центральной планеты находится въ опредѣленной зависимости отъ времени его обращенія около этой планеты (часть I, § 77). Въ данномъ случаѣ для луны задача сводится къ опредѣленію такого разстоянія, при которомъ бы при движеніи луны около земли и одновременномъ движеніи земли около солнца земля постоянно находилась между солнцемъ и луной. Такое разстояніе и оказывается равнымъ одной сотой части разстоянія отъ солнца до земли.

Переводчикъ.

раза бо́льшаго, чѣмъ истинное, отбрасывать на землю столько же свѣта, сколько она отбрасываетъ и въ настоящее время.

§ 109. **Передняя и задняя стороны луны.** Замѣчательное явленіе, состоящее въ томъ, что луна совершаетъ полный оборотъ около оси въ точности въ то же самое время, въ которое она описываетъ полный кругъ около земли, имѣетъ мѣсто, по всей вѣроятности, и для нѣкоторыхъ другихъ спутниковъ нашей солнечной системы и находитъ себѣ объясненіе въ весьма значительныхъ приливахъ, имѣвшихъ мѣсто подъ дѣйствіемъ притягательной силы главной планеты еще до образованія твердой коры у спутника, причемъ приливныя волны постепенно замедляли вращательное движеніе до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, не наступило полное равенство временъ обращенія спутника около центральной планеты и вращенія около оси. Высота этихъ приливныхъ волнъ, подъ дѣйствіемъ которыхъ при замедленіи вращенія естественно должно было въ концѣ концовъ образоваться вздутіе экватора на обращенномъ къ главной планетѣ полушаріи, находится въ тѣсной связи съ сжатіемъ, обусловливаемымъ вращеніемъ, и для нашей луны составляетъ по оцѣнкѣ Матисена приблизительно 120 метровъ, что между прочимъ согласуется съ результатомъ, полученнымъ І. Бреннеромъ, давшимъ для этой высоты величину лишь немного меньшую, чѣмъ только-что приведенная.

Ганзенъ, превосходныя изслѣдованія котораго представляютъ въ настоящее время весьма прочный фундаментъ нашихъ знаній о движеніяхъ луны, на основаніи тщательной обработки наблюденій, пришелъ къ заключенію, что для луны центръ фигуры лежитъ на 59 километровъ или приблизительно на 8 географическихъ миль ближе къ землѣ, чѣмъ центръ тяжести. Вслѣдствіе этого между обращеннымъ къ намъ полушаріемъ луны и тѣмъ, которое обращено въ сторону, противоположную землѣ, можетъ существовать значительное различіе въ климатѣ и во многихъ другихъ отношеніяхъ. Такъ какъ слои одинаковой плотности должны располагаться равномѣрно около центра тяжести, то, если только луна вообще имѣетъ форму шара, центральныя части видимаго отъ насъ полушарія луны должны лежать на 59 километровъ выше уровня такъ сказать средней фигуры луны, а центральныя части другого полушарія настолько же ниже. При такихъ обстоятельствахъ нѣтъ ничего удивительнаго, если обращенное къ намъ полушаріе луны представляется въ видѣ безплодной пустыни, лишенной атмосферы и безъ всякихъ признаковъ органической жизни, а на другомъ ея полушаріи, напротивъ того, существуетъ атмосфера и процвѣтаетъ богатая животная и растительная жизнь. Совершенно также, еслибы на землѣ были горы соотвѣтственной высоты, а именно такія, которыя возвышались бы на 216 километровъ или на 29 географическихъ миль надъ ея поверхностью, то на ихъ вершинахъ нельзя было бы найти никакихъ признаковъ существованія атмосферы и всего того, что находится въ непосредственной отъ нея зависимости. Хотя, какъ мы увидимъ ниже, фотографическія изслѣдованія Гусева, повидимому, говорятъ въ пользу взгляда Ганзена, тѣмъ не менѣе Ньюкомбъ выставилъ противъ этого взгляда такія важныя возраженія, что вопросъ о фигурѣ луны пока слѣдуетъ считать весьма спорнымъ.

§ 110. **Вліяніе луны на землю.** О важномъ дѣйствіи луны на землю, которое она оказываетъ на эту послѣднюю вмѣстѣ съ солнцемъ и которое выражается въ приливахъ и отливахъ и въ нѣкоторыхъ другихъ явленіяхъ, мы будемъ говорить впослѣдствіи (часть III, глава III). Что же касается другихъ вліяній луны, о которыхъ много разъ говорили еще со временъ Аристотеля, то они по бо́льшей части остаются до сихъ поръ недоказанными, и во всякомъ случаѣ они настолько незначительны, что въ общественной жизни не заслуживаютъ почти никакого вниманія. Такъ, изъ изслѣдованій Шюблера, Медлера, Эйзенлора и другихъ вытекаетъ, что луна оказываетъ очень слабое вліяніе на нашу погоду въ зависимости отъ фазы, въ которой она находится, и отъ разстоянія, отдѣляющаго ее отъ земли. Д. Гершель, Джонсонъ, Насмитъ, Гаррисонъ и другіе на осно-

ваніи своего опыта высказываются за довольно распространенное мнѣніе, что лунѣ во время полнолунія присуща сила разсѣянія облаковъ. Баксендель, на основаніи обработки метеорологическихъ наблюденій, произведенныхъ на нѣсколькихъ англійскихъ станціяхъ, пришелъ къ заключенію, что во время полнолунія дни бываютъ холоднѣе, чѣмъ во время новолунія, и при дальнѣйшемъ изслѣдованіи этихъ результатовъ нашелъ, что причиной этого явленія служитъ преобладаніе сѣверныхъ воздушныхъ теченій во время полнолунія и южныхъ во время новолунія. Точно также многія лица утверждаютъ, что число землетрясеній во время новолунія и полнолунія бываетъ больше, чѣмъ во время другихъ фазъ луны. Но всѣ эти и имъ подобныя вліянія, какъ сказано, настолько незначительны, что, если только они вообще существуютъ, то во всякомъ случаѣ они, такъ сказать, теряются среди другихъ гораздо болѣе значительныхъ атмосферныхъ и космическихъ условій, опредѣляющихъ тѣ или другія земныя явленія.

§ 111. **Размышленія о путешествіи на луну.** Съ физическими свойствами поверхности луны мы, само собой разумѣется, лучше всего познакомились бы, если бы намъ удалось совершить путешествіе на луну и изслѣдовать ее вблизи. Но такъ какъ до сихъ поръ никто еще не предпринималъ такого путешествія, то прежде всего посмотримъ, есть ли у насъ какія-нибудь надежды на то, чтобы кто-нибудь изъ насъ могъ, по крайней мѣрѣ въ будущемъ, благополучно выполнить такое предпріятіе.

Прежде всего разстояніе отъ насъ до луны довольно велико, хотя луна и является ближайшимъ къ намъ небеснымъ тѣломъ, и кто не обладаетъ достаточнымъ запасомъ терпѣнія, тому лучше всего остаться дома. Среднее разстояніе отъ луны до земли составляетъ 384500 километровъ. Наши курьерскіе поѣзда могутъ пробѣгать 70 километровъ въ часъ, и слѣдовательно на такомъ поѣздѣ мы могли бы доѣхать до луны только въ 229 дней, считая день въ 24 часа. Совершая это путешествіе въ почтовой каретѣ, которая въ день проѣзжаетъ не болѣе 200 километровъ, мы достигли бы луны только въ 5,3 года, и этотъ промежутокъ времени нѣкоторымъ путешественникамъ показался бы, безъ сомнѣнія, слишкомъ длиннымъ. Съ другой стороны, гдѣ нѣтъ твердой дороги, тамъ собственно вовсе нельзя пользоваться экипажемъ, и потому для насъ было бы удобнѣе всего предпринять наше путешествіе на кораблѣ и притомъ на воздушномъ. Если бы при этомъ намъ посчастливилось все время пользоваться свѣжимъ вѣтромъ, который пробѣгаетъ 5 метровъ въ секунду, то для нашего путешествія потребовалось бы 2,5 года. Но это путешествіе все еще слишкомъ продолжительно для тѣхъ, кто, не говоря уже о различныхъ несчастныхъ случаяхъ, могущихъ встрѣтиться во время такого путешествія, боится болѣе всего величайшаго изъ всѣхъ золъ—скуки, избѣжать которой едва ли возможно тамъ, гдѣ направо и налѣво отъ дороги нѣтъ ничего такого, что могло бы привлечь къ себѣ вниманіе путешественника хотя бы на одно мгновеніе. Если бы мы воспользовались для своего путешествія сильной бурей, то и въ этомъ случаѣ едва ли бы мы скорѣе достигли своей цѣли. Правда, наши ураганы пробѣгаютъ въ секунду отъ 20 до 30 метровъ, и на крыльяхъ такого вихря мы могли бы долетѣть до мѣста въ 150 или, самое большое, въ 220 дней, но какъ долетѣть! У кого хватило бы смѣлости довѣриться такому проводнику! Есть еще и другіе весьма быстрые способы совершить это путешествіе въ гораздо болѣе короткое время. Напримѣръ, свѣтъ, который отъ солнца доходитъ къ намъ въ 8 минутъ 18 секундъ, достигъ бы отъ насъ до луны всего только въ 1,4 секунды или, слѣдовательно, какъ мы можемъ съ полнымъ правомъ сказать, въ одно мгновеніе. Однако такіе быстроходные корабли предназначены не для насъ, такъ какъ мы не умѣемъ ѣздить на солнечныхъ лучахъ.

Поэтому вернемся снова къ нашимъ воздушнымъ кораблямъ. Но и здѣсь мы тотчасъ же встрѣтимся съ различными препятствіями. Наши воздухоплаватели, какъ извѣстно, еще не изобрѣли способа направлять свой корабль противъ вѣтра и вообще не могутъ за-

ставить его двигаться по заранѣе указанному направленію. Какъ легко поэтому можетъ случиться, что эти господа привезутъ насъ не на луну, а въ огромное безбрежное міровое море, unde negant redire quemquam, въ то безграничное пространство, среди котораго мы не только никогда не достигнемъ луны, но въ концѣ концовъ потеряемъ изъ виду и нашу землю!

Да даже, если бы было во власти нашихъ проводниковъ двигаться по данному направленію, какимъ образомъ они должны были бы выбрать это направленіе, чтобы вѣрнѣе попасть на луну? Я опасаюсь, что эти господа были бы въ большомъ затрудненіи, если бы имъ пришлось отвѣчать на этотъ вопросъ и если бы они захотѣли пользоваться компасомъ, чтобы опредѣлить истинный путь къ намѣченной цѣли. Вѣдь какъ начальный пунктъ путешествія—земля, такъ и тотъ берегъ, достичь котораго они желаютъ, сами, какъ извѣстно, не остаются неподвижными. Земля при своемъ движеніи около солнца ежедневно пробѣгаетъ свыше 2,5 милліоновъ километровъ и, слѣдовательно, летитъ черезъ небесное пространство со скоростью, которая не можетъ быть сравниваема даже со скоростью нашихъ пушечныхъ ядеръ. Луна же, сопровождая землю въ этомъ ея путешествіи, постоянно движется по огромной волнообразной линіи (§ 100), которая не замыкается въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ.

Чѣмъ, кромѣ того, наполнить намъ наши аэростаты? Безъ сомнѣнія, какимъ-нибудь газомъ, болѣе разрѣженнымъ и болѣе легкимъ, чѣмъ тотъ воздухъ, по которому мы будемъ летѣть. Однако, нашъ атмосферный воздухъ уже на высотѣ 30 километровъ надъ поверхностью земли обладаетъ такою степенью разрѣженія, что въ сравненіи съ нимъ мы должны считать весьма плотнымъ воздухъ въ такъ называемомъ пустомъ пространствѣ, получаемомъ при помощи нашихъ воздушныхъ насосовъ. А еще выше уже совершенно исчезаютъ всякіе признаки присутствія воздуха, и тамъ, конечно, не можетъ двигаться никакой воздушный корабль. Поэтому, чтобы намъ подняться съ поверхности земли, мы должны были бы подумать о какой-нибудь силѣ, которая бы оттолкнула насъ отъ поверхности земли такъ, чтобы мы, подобно ядру, вылетѣвшему изъ пушечнаго дула, отъ одного толчка попали прямо на луну. При помощи вычисленія можно показать, что эта сила должна быть такъ велика, что нашъ корабль въ первую секунду послѣ своего отправленія съ поверхности земли долженъ былъ бы пролетѣть 300 километровъ. Вслѣдствіе такой ужасной скорости, во много разъ превосходя ей скорость пушечнаго ядра въ началѣ его полета, нашъ корабль вмѣстѣ съ нами въ первый же моментъ долженъ былъ бы, безъ сомнѣнія, разлетѣться вдребезги. Но этимъ далеко еще не исчерпываются всѣ затрудненія такого путешествія. Въ самомъ дѣлѣ, нашъ корабль, подлетѣвъ на довольно близкое разстояніе къ лунѣ, благодаря ея притяженію, въ буквальномъ смыслѣ слова, *упадетъ* на ея поверхность и съ такою силою *ударится* о нее, что разлетится въ мелкія дребезги, и вслѣдствіе этого, если бы даже все предыдущее путешествіе было совершено вполнѣ благополучно, все же въ концѣ концовъ цѣль экспедиціи не была бы достигнута.

Какимъ образомъ, кромѣ того, мы съ нашими легкими могли бы жить въ такихъ странахъ, гдѣ совсѣмъ нѣтъ воздуха? Можетъ-быть, намъ пришлось бы для этой цѣли взять съ собою запасъ воздуха въ кожаныхъ мѣхахъ? Но вѣдь такой багажъ занялъ бы весьма не мало мѣста, такъ какъ мы чувствовали бы нужду въ воздухѣ во все время нашего путешествія. И наконецъ, если бы мы прибыли на луну и нашли нашъ запасъ воздуха исчерпаннымъ, развѣ бы мы не очутились опять въ безвыходномъ положеніи? Вѣдь къ несчастію на лунѣ вовсе нѣтъ воздуха, по крайней мѣрѣ такого, который былъ бы пригоденъ для человѣческихъ легкихъ.

Изъ всего предыдущаго, надѣемся, достаточно ясно, что будетъ лучше, если мы останемся здѣсь внизу и изъ долины слезъ, въ которой мы живемъ, будемъ страстными гла-



Первая четверть луны, по фотографіи, снятой Лёви и Пюизе 6 Марта 1895 г.

зами созерцать это поле радости, или, что гораздо лучше, будемъ смотрѣть на него совершенно спокойно, но зато при помощи хорошихъ зрительныхъ трубъ. Впрочемъ, вслѣдствіе того, что мы всегда должны находиться на почтительномъ разстояніи отъ луны, нѣкоторыя подробности на ея поверхности во всякомъ случаѣ ускользнутъ отъ насъ, и поэтому мы не можемъ надѣяться познакомиться съ поверхностью луны такъ же хорошо, какъ въ томъ случаѣ, если бы мы могли обойти кругомъ всю луну и изслѣдовать каждую ея часть при помощи микроскопа. Но это обстоятельство, какъ и все вообще на свѣтѣ, имѣетъ, съ другой стороны, также свои хорошія и весьма цѣнныя стороны. Благодаря большому разстоянію мы знакомимся съ луною въ ея цѣломъ гораздо лучше, чѣмъ если бы мы наблюдали ее съ гораздо болѣе близкаго разстоянія, и, можетъ-быть, мы съ перваго взгляда видимъ нѣкоторыя такія ея свойства, о которыхъ жители луны, если таковые, вообще, существуютъ, не имѣютъ никакого понятія.

§ 112. **Видъ луны.** Если мы наблюдаемъ луну невооруженнымъ глазомъ, то она намъ представляется въ видѣ круглаго диска, покрытаго большимъ числомъ сѣрыхъ пятенъ. Однако фазы луны (§ 101) и ихъ зависимость отъ положенія луны относительно солнца очень скоро приводятъ насъ къ убѣжденію, что луна не имѣетъ формы диска, а представляетъ собою шаръ, не имѣющій собственнаго свѣта, но получающій его, такъ сказать, заимообразно отъ солнца. Точно также мы скоро замѣчаемъ, что поверхность этого шара не такая гладкая, какъ, напримѣръ, поверхность выпуклаго зеркала, такъ какъ въ противномъ случаѣ изображеніе солнца могло бы отбрасываться къ намъ только какой-нибудь одной точкой этого шара, и слѣдовательно тогда луна представлялась бы въ видѣ маленькой яркой звѣзды, а не въ видѣ большого освѣщеннаго диска. Въ дѣйствительности же поверхность луны *шероховатая* и покрыта большимъ числомъ неровностей, горъ и долинъ, причемъ каждая ея часть сама по себѣ должна быть разсматриваема какъ маленькое зеркало, посылающее свѣтъ по какому-нибудь направленію.

Сѣрыя пятна, которыя мы замѣчаемъ на лунѣ, это *долины*, а свѣтлыя мѣста — это гористыя страны. Разсматривая луну въ зрительную трубу, мы убѣждаемся въ этомъ съ перваго же взгляда благодаря тѣмъ тѣнямъ, которыя отбрасываются горами на окружающую ихъ мѣстность. Эти тѣни простираются въ сторону прямо противоположную солнцу, и онѣ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ выше горы, ихъ отбрасывающія, или чѣмъ ближе къ горизонту даннаго мѣста на лунѣ находится солнце, какъ это прекрасно можно видѣть на приложенной здѣсь таблицѣ, представляющей луну во время первой четверти по фотографіи, снятой Лёви и Пюизе 6 марта 1895 года. На свѣтовой границѣ, гдѣ освѣщенная часть луны отдѣляется отъ неосвѣщенной, лежатъ всѣ тѣ мѣста, для которыхъ солнце въ данный моментъ или восходитъ, или заходитъ, и здѣсь длина тѣней, отбрасываемыхъ вершинами горъ или высокими валами долинъ на окружающую мѣстность, наибольшая. Напротивъ того, чѣмъ дальше отъ свѣтовой границы лежитъ какая-нибудь мѣстность на освѣщенной части луны, тѣмъ короче тѣни, отбрасываемыя горами, такъ какъ тамъ день находится въ полномъ разгарѣ, и солнце занимаетъ довольно высокое положеніе надъ горизонтомъ. Во время полнолунія, когда въ центральной области освѣщеннаго полнаго диска луны имѣетъ мѣсто полдень, и когда, слѣдовательно, жители этой области видятъ солнце въ зенитѣ, нельзя замѣтить почти никакого слѣда упомянутыхъ выше тѣней, совершенно подобно тому, какъ это бываетъ и у насъ на землѣ въ жаркомъ поясѣ въ полдень такого дня, когда солнце находится въ зенитѣ даннаго пункта. По этой причинѣ лучшимъ временемъ для наблюденія луны, когда она представляется въ наиболѣе благопріятномъ освѣщеніи, является никоимъ образомъ не полнолуніе, а скорѣе время за нѣсколько дней до и черезъ нѣсколько дней послѣ новолунія, когда луна имѣетъ видъ тонкой серебряной нити или узкаго серпа, и когда тѣни горъ наиболѣе отчетливо и рѣзко выдѣляются на окружающей мѣстности. О названіяхъ, предложенныхъ различными астрономами для лун

ныхъ горъ и долинъ, мы сообщили нѣкоторыя свѣдѣнія уже выше (§ 48). А затѣмъ мы попросимъ нашихъ читателей раскрыть прилагаемую при семъ карту луны, на которой луна представлена въ перевернутомъ видѣ, такъ какъ сравненіе луны съ такой картой производится обыкновенно при помощи такъ называемой астрономической трубы, дающей обратныя изображенія. Если читатель желаетъ производить наблюденія невооруженнымъ глазомъ или при помощи земной трубы, то онъ долженъ перевернуть нашу карту. Въ каждомъ квадрантѣ луны ведется особая нумерація пятенъ, причемъ въ каждой зонѣ, охватывающей по широтѣ десять градусовъ, нумера увеличиваются слѣва направо.

* Ниже мы приводимъ списокъ лунныхъ кратеровъ и горъ.

Квадрантъ I (NW).

1. Шубертъ.
2. Неперъ.
3. Фирмикусъ.
4. Аполлоній.
5. Тарунцій.
6. Маскилайнъ.
7. Сэбинъ.
8. Риттеръ.
9. Діонисій.
10. Араго.
11. Созингенъ.
12. Юлій Цезарь.
13. Аріадеусъ.
14. Годенъ.
15. Агриппа.
16. Босковичъ.
17. Гигинусъ.
18. Ретикусъ.
19. Тріеснекеръ
20. Укертъ.
21. Кондорсе.
22. Ганзенъ.
23. Альхазенъ.
24. Озу.
25. Пикаръ.
26. Троклусъ.
27. Жансенъ.
28. Витрувій.
29. Маральди.
30. Плиній.
31. Россъ.
32. Ахеризія.
33. Таке.
34. Менелай.
35. Сульпицій.
36. Манилій.
37. Агарумъ.
38. Эймартъ.
39. Оріани.
40. Плутархъ.
41. Сенека.
42. Ханъ.
43. Березъ.
44. Клеомедъ.
45. Траллесъ.
46. Макробій.
47. Рёмеръ.
48. Литровъ.
49. Лемонье.
50. Бессель.
51. Линней.
52. Кононъ.
53. Гадлей.
54. Брадлей.
55. Гауссъ.
56. Буркгардтъ.
57. Геминусъ.
58. Бернулли.
59. Мессала.
60. Берцеліусъ.
61. Франклинъ.
62. Поссидоній.
63. Калиппъ.
64. Ѳеатетусъ.
65. Аристилъ.
66. Автоликъ.
67. Кассини.
68. Струве.
69. Шумахеръ.
70. Меркурій.
71. Гукъ.
72. Цефей.
73. Эрштедъ.
74. Атласъ.
75. Геркулесъ.
76. Мазонъ.
77. Плана.
78. Бюргъ.
79. Евдоксъ.
80. Аристотель.
81. Эгеде.
82. Эндиміонъ.
83. Страбонъ.
84. Ѳалесъ.
85. Гертнеръ.
86. Демокритъ.
87. Хр. Майеръ.
88. Метонъ.
89. Эвктемонъ.
90. Скоресби.
91. Барроу.
92. Архитасъ.

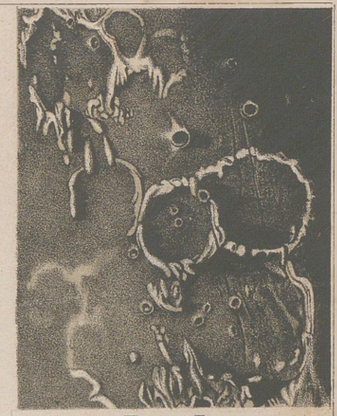
Квадрантъ II (NO).

1. Палласъ.
2. Боде.
3. Шретеръ.
4. Ламбаръ.
5. Стадіусъ.
6. Коперникъ.
7. Рейнгольдъ.
8. Гортензій.
9. Энке.
10. Кеплеръ.
11. Рейнеръ.
12. Гевелій.
13. Кавалеріусъ.
14. Ольберсъ.
15. Марко Поло.
16. Эратосѳенъ.
17. Гей-Люссакъ.
18. Майеръ.
19. Милихій.
20. Марій.
21. Бессаріонъ.
22. Карданъ.
23. Крафтъ.
24. Гюйгенсъ.
25. Вольфъ.
26. Архимедъ.
27. Тимохарисъ.
29. Питеасъ.
29. Ламбертъ.
30. Эйлеръ.
31. Діофантъ.
32. Лагиръ.
33. Геродотъ.
34. Селевкъ.
35. Бриггсъ.
36. Аристархъ.
37. Геликонъ.
38. Карлини.
39. Делиль.
40. Волластонъ.

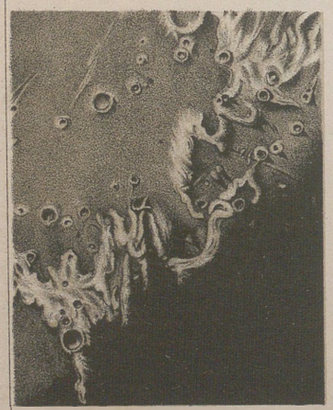
КАРТА ЛУНЫ.



Гутенбергъ
(N 93, квадр. IV).



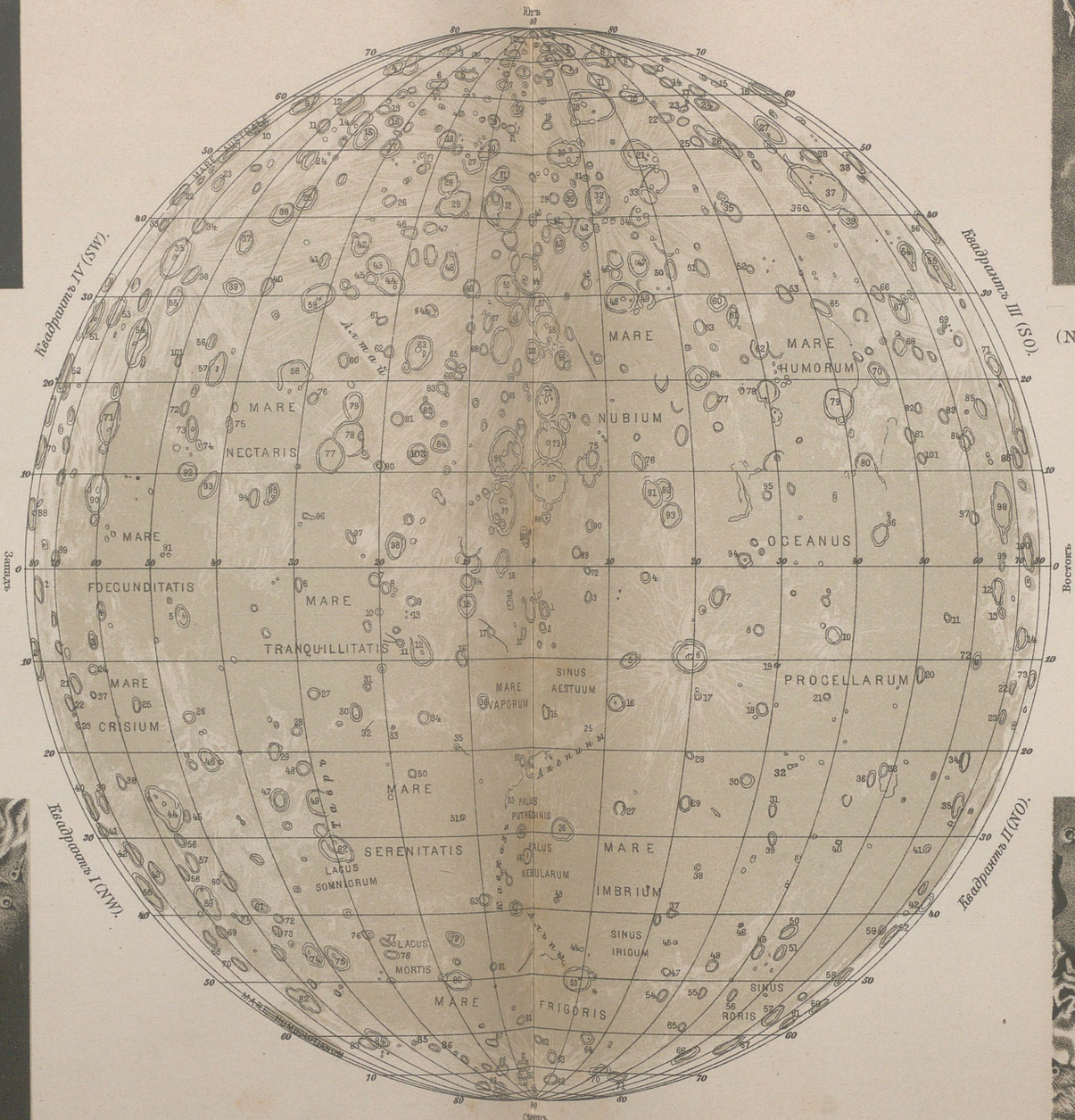
Герике, Парри, Бонпланъ и
Фра Моро
(N N 76, 91, 92 и 93, квадр. III).



Юлій Цезарь
(N 12, квадр. I).



Платонъ
(N 53, квадр. II).



41. Лихтенбергъ.
42. Лавуазье.
43. Кирхъ.
44. Пико.
45. Лаплась.
46. Гераклидъ.
47. Мопертюи.
48. Біанкини.
49. Шеръ.
50. Меранъ.
51 Лувилль.
52. Герардъ.
53. Платонъ.
54. Лакондаминъ.
55. Бугеръ.
56. Гарпалъ.
57. Энопидъ.
58. Репсольдъ.
59. Хардингъ.
60. Ксенофанъ.
61. Клеостратъ.
62. Тимеусъ.
63. Эпигенъ.
64. Фонтенель.
65. Горребоу.
66. Анаксимандръ.
67. Пиеагоръ.
68. Джойа.
69. Анаксагоръ.
70. Филолай.
71. Анаксименъ.
72. Галилей.

Квадрантъ III (SO)

1. Малапертъ.
2. Кабеусъ
3. Шортъ.
4. Моретусъ.
5. Ньютонъ.
6. Казатусъ.
7. Клапротъ.
8. Вильсонъ.
9. Груембергеръ.
10. Цизатусъ.
11. Бланканусъ.
12. Шейнеръ.
13. Кирхеръ.
14. Беттинусъ.
15. Бальи.
16. Хаузенъ.
17. Цукки.
18. Клавій.
19. Делюкъ.
20. Магинусъ.
21. Лонгомонганъ.
22. Ростъ.
23. Вейгель.
24. Сегнеръ.
25. Байеръ.
26. Шиллеръ.
27. Фоциклидъ.
28. Варгентинъ.
29. Соссюръ.
30. Пикте.
31. Стритъ.
32. Тихо Браге.
33. Вильгельмъ I.
34. Гейнзіусъ.
35. Хейнцель.
36. Дреббель.
37. Шикардъ.
38. Ингирами.
39. Леманъ.
40. Насръ-Эддинъ.
41. Оронтіусъ.
42. Сассеридъ.
43. Лексель.
44. Вальтеръ.
45. Хелль.
46. Гаурикъ.
47. Вурцельбауеръ.
48. Питатусъ.
49. Гезіодъ.
50. Цихусъ.
51. Капуанъ.
52. Рамсденъ.
53. Вителло.
54. Піацци.
55. Лагранжъ.
56. Буваръ.
57. Регіомонтанъ.
58. Пурбахъ.
59. Тебитъ.
60. Меркаторъ.
61. Кампанусъ.
62. Гиппалусъ.
63. Кисъ.
64. Бинліальдъ.
65. Доппельмайеръ.
66. Фурье.
67. Вьетъ.
68. Кавендишъ.
69. Бирпіусъ.
70. Мерсенъ.
71. Эйхштедтъ.
72. Арзахель.
73. Альфонсъ.
74. Альпетрагій.
75. Деви.
76. Герике.
77. Лубинецкій.
78. Агатархидъ.
79. Гассенди.
80. Летронъ.
81. Бейли.
82. Зупъ.
83. Фонтана.
84. Сирзалисъ.
85. Крюгеръ.
86. Рокка.
87. Птоломей.
88. Гершель.
89. Местлинъ.
90. Лаландъ.
91. Парри.
92. Бонпланъ
93. Фра Моро.
94. Ландсбергъ.
95. Эвклидъ.
96. Флемстидъ.
97. Дамуазо.
98. Гримальди.
99. Лорманъ.
100. Риччіоли.
101. Ганстинъ.

Квадрантъ IV (SW).

1. Шомбергеръ.
2. Симпеліусъ.
3. Богуславскій.
4. Буссенго.
5. Манзинусъ.
6. Мутусъ.
7. Пентландъ.
8. Курцій.
9. Понтекуланъ.
10. Ханно.
11. Біела.
12. Хагецiусъ.
13. Нирчъ.
14. Розенбергеръ.
15. Влакъ.
16. Хоммель.
17. Питискусъ.
18. Бэконъ.
19. Якоби.
20. Цахъ.
21. Лилій.
22. Оценъ.
23. Вега.
24. Штейнгель.
25. Фабриціій.
26. Николаи.
27. Клеро.
28. Барошіусъ.
29. Мавролинъ.
30. Кювье.
31. Лицетусъ.
32. Штефлеръ.
33. Маринусъ.
34. Фрауенгоферъ.
35. Фурнеріусъ.
36. Стевинъ.
37. Рейта.

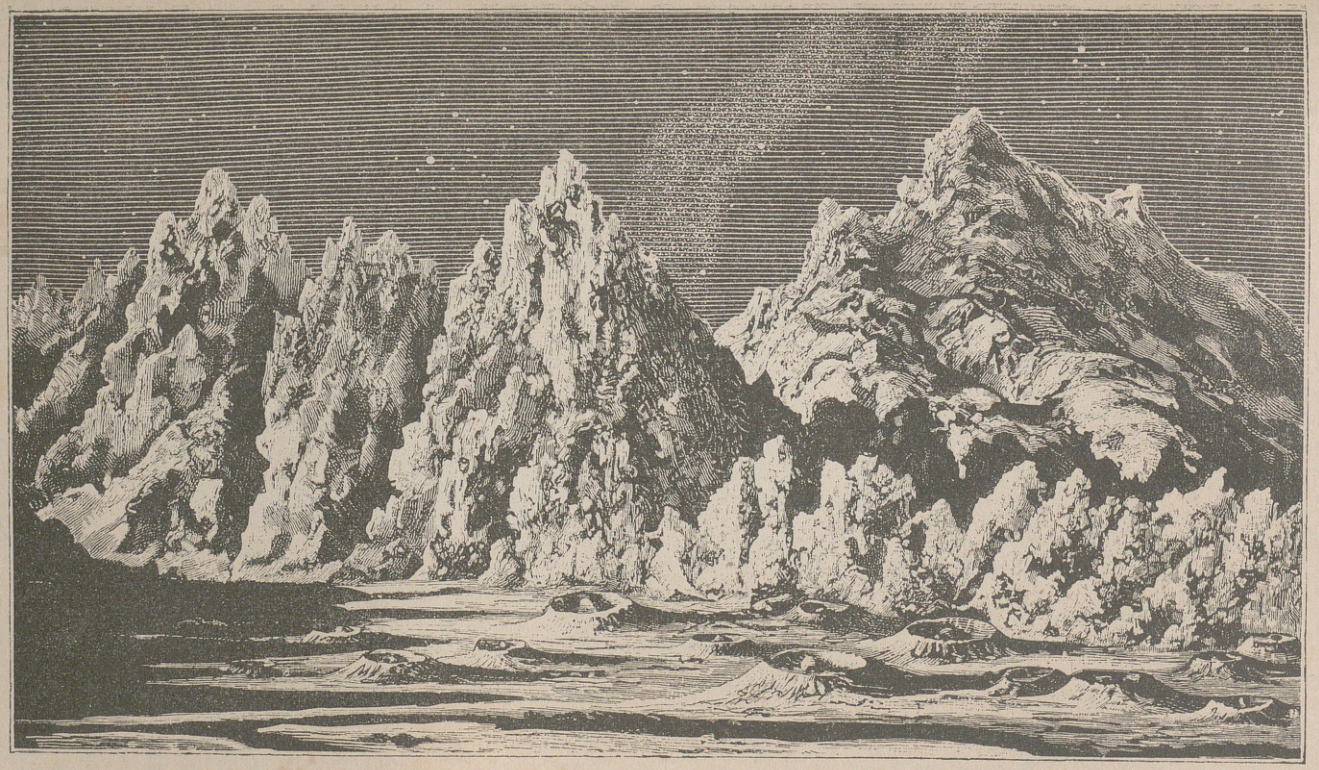
38. Мецій.
39. Рейхенбахъ.
40. Неандръ.
41. Стиборіусъ.
42. Рпччи.
43. Рабби-Леви.
44. Загутъ.
45. Линденау.
46. Бюшингъ.
47. Бухъ.
48. Гемма-Фризіусъ.
49. Пуассонъ.
50. Аліацензисъ.
51. Гумбольдтъ.
52. Гекатей.
53. Лежандръ.
54. Петавій.
55. Снелліусъ.
56. Борда.
57. Фракасторъ.
58. Сантбекъ.
59. Пикколомини.
60. Полибій.
61. Понсъ.
62. Ферматъ.
63. Сакробоско.
64. Понтанусъ.
65. Азофи.
66. Абанецца.
67. Апіанъ.
68. Плайферъ.
69. Вернеръ.
70. Ансгаріусъ.
71. Венделинъ.
72. Кукъ.
73. Колумбъ.
74. Магеланъ.
75. Боненбергеръ.
76. Элиде-де-Бомонъ.
77. Ѳеофилъ.
78. Св. Кириллъ.
79. Св. Екатерина.
80. Кантъ.
81. Тацитъ.
82. Альмамумъ.
83. Геберъ.
84. Абулъ-Вефа.
85. Эйри.
86. Альбатегній.
87. Парротъ.
88. Кестнеръ.
89. Маклоренъ.
90. Лангренъ.
91. Мессіе.
92. Гокленіусъ.
93. Гутенбергъ.
94. Капелла.
95. Исидоръ.
96. Торичелли.
97. Ипатія.
98. Деламбръ.
99. Гиппаросъ.
100. Реомюръ.
101. Біо.
102. Лакайль.
103. Декартъ.

На той же таблицѣ, на которой изображена карта луны, даны отдѣльные рисунки нѣкоторыхъ кратеровъ въ увеличенномъ видѣ. Латинскія названія морей даны на самой картѣ. *

§ 113. **Горныя цѣпи, борозды, свѣтлыя полосы и т. д.** На лунѣ такъ же, какъ и на землѣ, встрѣчаются неровности различнаго характера. Горныя цѣпи, подобныя нашимъ Гималаямъ, Андамъ, Альпамъ и т. д., на лунѣ встрѣчаются рѣдко. Наиболѣе величественными изъ такого рода возвышенностей являются Апеннины, которыя на картѣ тянутся изъ сѣверо-западнаго квадранта въ сѣверо-восточный. Далѣе достойны вниманія Альпы и Карпаты, прилегающія къ Апеннинамъ соотвѣтственно съ сѣвера и съ юга.

Горныя цѣпи на лунѣ не развѣтвляются на отдѣльныя вѣтви, какъ у насъ на землѣ, но стоятъ въ видѣ цѣльной огромной массы. Долины по бо́льшей части имѣютъ форму кратеровъ, вершины обыкновенно бываютъ остроконечныя, но изрѣдка встрѣчаются также закругленныя. Поэтому горныя цѣпи на лунѣ отличаются отъ нашихъ земныхъ горныхъ цѣпей отсутствіемъ длинныхъ боковыхъ долинъ, которыя, напримѣръ, нашимъ Альпамъ придаютъ такую уютную прелесть. Кромѣ того лунныя горныя цѣпи при переходѣ въ равнины нерѣдко образуютъ до невѣроятности отвѣсные и крутые обрывы высотою въ нѣсколько тысячъ метровъ. Такими крутыми склонами отличаются, напр., упомянутыя выше Апеннины, о чемъ мы судимъ по отбрасываемой ими тѣни, и прилагаемая при семъ таблица, по всей вѣроятности, даетъ достаточно вѣрное изображеніе этой замѣчательной горной цѣпи.

Отдѣльныя горы на лунѣ поднимаются на невѣроятно огромную высоту, и первая достаточно точная оцѣнка высоты этихъ горъ была сдѣлана еще Галилеемъ. Чимборазо, которая прежде считалась высочайшей горой на земномъ шарѣ, возвышается на 6400 метровъ надъ уровнемъ моря и составляетъ такимъ образомъ одну девятьсотъ девяностую часть земного радіуса. Гора Эверестъ въ Гималаяхъ, которая въ настоящее время считается высочайшей горой на землѣ, возвышается на 8850 метровъ, что составляетъ одну семьсотъ двадцатую часть радіуса земного шара. Чтобы на глобусѣ высота этой послѣдней горы составляла одинъ сантиметръ, необходимо, чтобы діаметръ самого глобуса былъ равенъ $14^1/_5$ метра. Что же касается луны, то еще Мэдлеръ нашелъ, что нѣкоторыя горы



АПЕННИНЫ, ГОРНАЯ ЦѢПЬ НА ЛУНѢ.

на ея поверхности достигаютъ высоты, равной 5500 метрамъ, а по наблюденіямъ Шмидта одна гора возвышается даже на 8850 метровъ и слѣдовательно достигаетъ высоты горы Эвереста. А такъ какъ радіусъ луны равняется 1740 километрамъ, то высота упомянутыхъ горъ составляетъ соотвѣтственно одну триста пятнадцатую и одну двухсотую части этого радіуса, или, другими словами, горы на лунѣ соразмѣрно съ величиной самой луны гораздо выше, чѣмъ горы на землѣ. При этомъ необходимо упомянуть, что высота лунныхъ горъ считается надъ окружающею ихъ мѣстностью, такъ какъ здѣсь не можетъ быть рѣчи объ какомъ-нибудь общемъ уровнѣ въ родѣ уровня нашихъ морей. Если бы такимъ же образомъ считались высоты горъ у насъ на землѣ, то вообще онѣ оказались бы значительно ниже, и только высоты нѣкоторыхъ горъ, круто поднимающихся съ морского дна подобно пику Тенерифу, при такомъ счетѣ были бы больше.

Такъ какъ высоты лунныхъ горъ считаются надъ окружающею ихъ мѣстностью, то въ томъ случаѣ, когда эта мѣстность не плоская, а сама покрыта горами, высота горы, вычисленная по длинѣ тѣни, будетъ зависѣть, какъ нетрудно понять, отъ высоты солнца надъ горизонтомъ даннаго мѣста на поверхности луны. Поэтому, въ нижеслѣдующей таблицѣ, въ которой даны высоты нѣкоторыхъ наиболѣе замѣчательныхъ горъ на основаніи измѣреній Шмидта, мы приводимъ также и высоту солнца, при которой эти измѣренія были сдѣланы.

Названіе горы.	Высота солнца.	Высота горы.
Курціусъ	11,3°	8850 метровъ
Ньютонъ	8,5	6910 »
Казатусъ	7,6	6510 »
Ингирами	11,3	6230 »
Тихо	7,2	6140 »
Каллипусъ	5,0	5800 »
Кирхеръ	10,3	5700 »
Буссенго	7,4	5480 »
Наивысшая вершина въ заливѣ Иридумъ	6,5	4390 »
Наивысшая вершина въ Альпахъ	5,0	4260 »

Въ общемъ мы знаемъ теперь на лунѣ, главнымъ образомъ благодаря измѣреніямъ Шмидта, болѣе 100 горъ, высота которыхъ превышаетъ 3500 метровъ (10000 парижскихъ футовъ).

Ниже мы увидимъ, что масса луны составляетъ приблизительно одну восьмидесятую часть массы земли, и что тѣла на поверхности луны при свободномъ паденіи проходятъ въ первую секунду 0,93 метра, т.-е. приблизительно въ пять разъ меньше, чѣмъ у насъ на землѣ, такъ что и сила тяжести, или, иначе говоря, та сила, съ которою луна притягиваетъ всѣ тѣла, находящіяся на ея поверхности, тоже составляетъ одну пятую часть силы тяжести у насъ на землѣ. Отсюда слѣдуетъ, что наши взрывчатыя вещества, напр., порохъ, будучи перенесены на луну, произвели бы тамъ выстрѣлъ на гораздо большее разстояніе, чѣмъ у насъ на землѣ. На землѣ пушечное ядро, выпущенное вертикально вверхъ съ начальною скоростью, равною 300 метрамъ въ секунду, поднялось бы, если не принимать во вниманіе сопротивленія воздуха, на высоту 4600 метровъ, для чего потребовалось бы приблизительно 29 секундъ времени, и послѣ этого оно снова стало бы падать на землю. На лунѣ же при тѣхъ же самыхъ условіяхъ, при той же начальной скорости поднятіе ядра продолжалось бы цѣлыхъ 161 секунду, и при этомъ оно достигло бы высоты 24200 метровъ. Поэтому, если внутри луны дѣйствуютъ такія же силы, какъ и внутри земли, напр., упругіе пары и т. п., и если частицы того вещества, изъ котораго

состоятъ оба эти тѣла, обладаютъ приблизительно одинаковымъ сцѣпленіемъ, то вышеупомянутыя силы произведутъ большее дѣйствіе тамъ, гдѣ противодѣйствующая имъ сила тяжести меньше, и очень можетъ быть, что высокія горы на лунѣ и являются непосредственнымъ слѣдствіемъ этихъ условій.

Кромѣ горныхъ цѣпей, о которыхъ рѣчь шла выше, на лунѣ мѣстами разбросаны отдѣльныя горныя вершины, круто возвышающіяся среди окружающей ихъ равнины. Но самыя интересныя и самыя замѣчательныя образованія на лунѣ, это—такъ называемыя

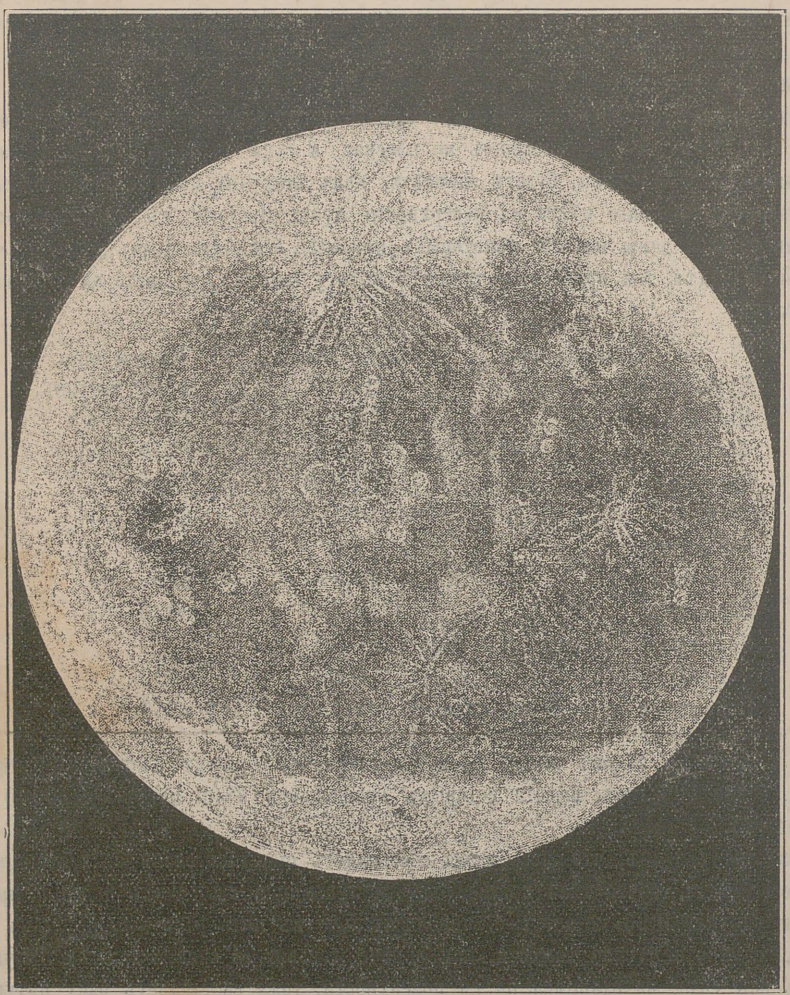
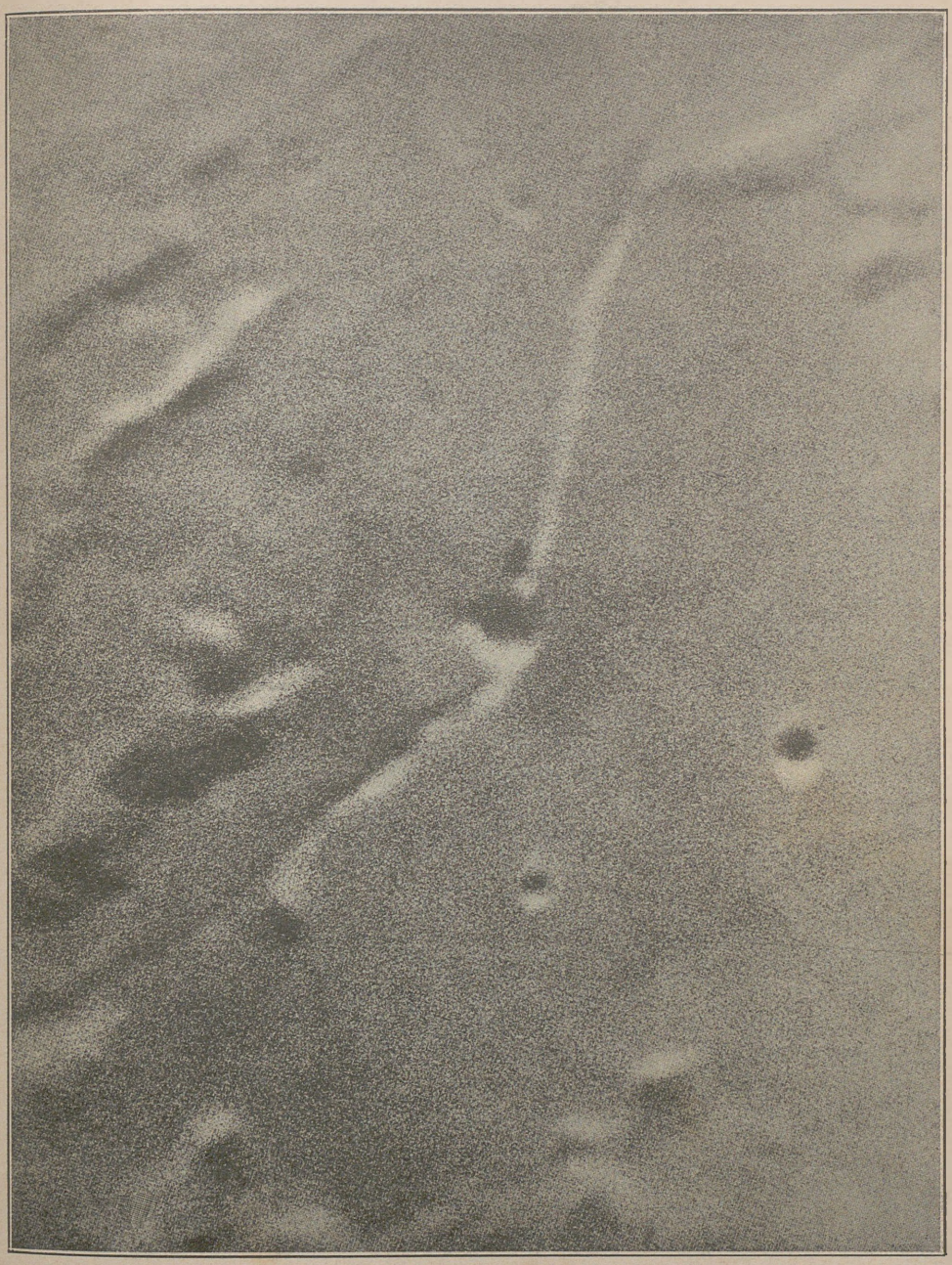


Рис. 161.

борозды (Rillen), которыя, при незначительной ширинѣ и глубинѣ, часто тянутся почти по совершенно прямолинейному направленію на большое число километровъ и на которыхъ иногда въ нѣкоторыхъ мѣстахъ находятся кратерообразныя ямочки. Эти борозды нерѣдко, повидимому, соединяютъ между собою нѣсколько кольцеобразныхъ горъ.

Одна изъ наиболѣе бросающихся въ глаза такихъ бороздъ находится приблизительно въ центрѣ луннаго диска около Гигинуса. * Эта борозда изображена на приложенной при семъ таблицѣ. * Наблюдать же остальныя борозды, вообще, бываетъ трудно, и онѣ бываютъ видимы только въ теченіе короткаго промежутка времени при благопріятномъ освѣщеніи



БОРОЗДА ВЪ ЦЕНТРѢ ЛУННАГО ДИСКА.

луны солнцемъ. Поэтому бо́льшая часть ихъ была открыта въ новѣйшее время и притомъ главнымъ образомъ Шмидтомъ въ то время, когда онъ составлялъ свою прекрасную лунную карту. Теперь намъ извѣстно до 350 этихъ замѣчательныхъ образованій, которыя въ прежнія времена нѣкоторыя лица склонны были считать улицами, каналами или какими-нибудь другими тому подобными сооруженіями, воздвигнутыми жителями луны. Профессоръ Суесъ полагаетъ, что борозды суть образованія вулканическаго происхожденія, такъ какъ на склонахъ большихъ кратеровъ въ родѣ Этны нерѣдко появляются щели, идущія по направленію радіусовъ, и на этихъ щеляхъ во время истеченія лавы образуются такъ называемые добавочные кратеры. Подобная система щелей, по изслѣдованіямъ Тородсена, тянется черезъ всю Исландію; наибольшую изъ этихъ щелей, которая пересѣкаетъ гору Лаки, можно прослѣдить на протяженіи приблизительно 30 верстъ, и на ней находится до 30 вышеупомянутыхъ добавочныхъ кратеровъ.

Далѣе, весьма замѣчательны также широкія свѣтлыя полосы, которыя располагаются лучеобразно вокругъ нѣкоторыхъ большихъ кольцеобразныхъ горъ и потому получаютъ названіе системы лучей. Въ этомъ отношеніи наиболѣе выдающійся примѣръ представляетъ Тихо, такъ какъ его система лучей наполняетъ болѣе четверти луннаго диска. Эти полосы бываютъ видимы лучше всего тогда, когда солнце стоитъ высоко надъ ними, такъ какъ въ такомъ случаѣ онѣ не пересѣкаются тѣнями горъ, среди которыхъ

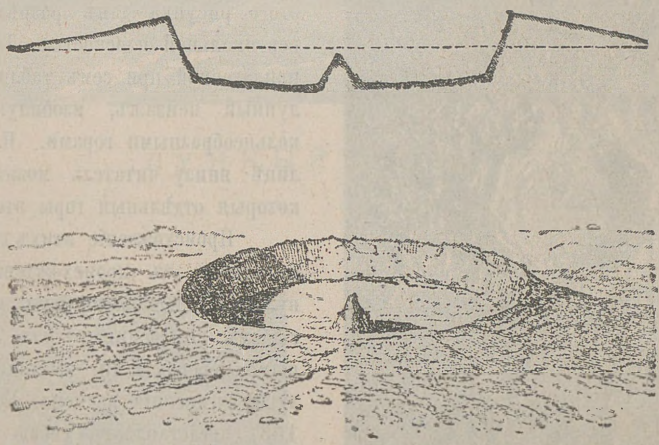


Рис. 162.

онѣ тянутся, и, вслѣдствіе большей яркости, яснѣе выдѣляются среди окружающей ихъ мѣстности. Но эти полосы ни въ какомъ случаѣ не представляютъ собой возвышенностей, такъ какъ и при весьма наклонномъ освѣщеніи онѣ никогда не отбрасываютъ тѣней. Швабе полагаетъ, что ему иногда удавалось замѣчать на этихъ полосахъ зеленую окраску, и онъ видитъ въ этомъ слѣды растительности. * На рисункѣ 161, на которомъ изображена луна во время полнолунія, въ верхней части диска читатель легко замѣтитъ кратеръ Тихо съ его красивой системой лучей. * .

По мнѣнію Медлера эти свѣтлыя полосы представляютъ измѣненія, происшедшія на поверхности луны подъ дѣйствіемъ потоковъ газовъ и другихъ веществъ, которыя нѣкогда стекались со всѣхъ сторонъ въ огромныя жерла кольцеобразныхъ горъ. Шеберле, напротивъ того, считаетъ ихъ за отложенія вулканическаго пара. Подобнымъ же образомъ объясняетъ ихъ происхожденіе и профессоръ Суесъ. Какъ на землѣ слѣдствіемъ вулканической дѣятельности являются фумаролы, такъ точно и на лунѣ за вулканической дѣятельностью должна слѣдовать дѣятельность фумаролъ на обширномъ пространствѣ, причемъ кругомъ отдѣльныхъ кратеровъ образуются тонкія щели, расходящіяся во всѣ стороны въ видѣ

лучей. Въ этихъ щеляхъ происходитъ выдѣленіе кислотныхъ паровъ, образованіе обыкновенныхъ сублиматовъ фумаролъ и, прежде всего, обезцвѣчиваніе тѣхъ породъ, съ которыми кислотные пары приходятъ въ соприкосновеніе. По мнѣнію Суеса, нѣкоторыя особенно яркія пятна, а также вершина Аристарха съ его яркими лучами состоятъ также изъ отложеній побочныхъ продуктовъ фумаролъ, именно изъ бѣлой пемзы и изъ ослѣпительно бѣлой золы.

Наконецъ еще необходимо упомянуть о большихъ пятнахъ по большей части сѣраго цвѣта, среди которыхъ находятся лишь весьма незначительныя неровности и которыя извѣстны подъ названіемъ морей, какъ, напр.: Mare nubium, Mare imbrium, Mare nectaris и т. д.

§ 114. **Кольцеобразныя горы на лунѣ.** Но гораздо чаще, чѣмъ всѣ выше разсмотрѣнныя образованія, встрѣчаются на лунѣ такъ называемыя кольцеобразныя горы. Это суть правильныя круглыя долины, окруженныя со всѣхъ сторонъ высокимъ валомъ и занимающія часто весьма значительную площадь въ нѣсколько квадратныхъ километровъ; посрединѣ такой долины нерѣдко возвышаются одна или даже нѣсколько отдѣльно стоящихъ конусообразныхъ горъ.

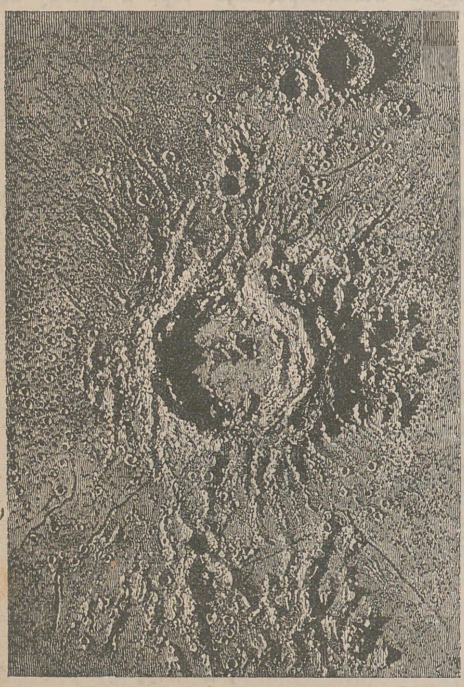


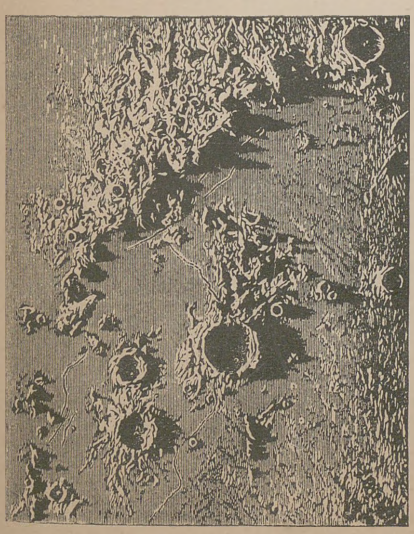
Рис. 163.

* На рисункѣ 162 представлена типичная кольцеобразная гора. Наверху этого рисунка данъ разрѣзъ такой горы вертикальной плоскостью. Точно также на прилагаемой при семъ таблицѣ изображенъ лунный пейзажъ, изобилующій такими кольцеобразными горами. На той же таблицѣ внизу читатель можетъ видѣть нѣкоторыя отдѣльныя горы этого типа. *

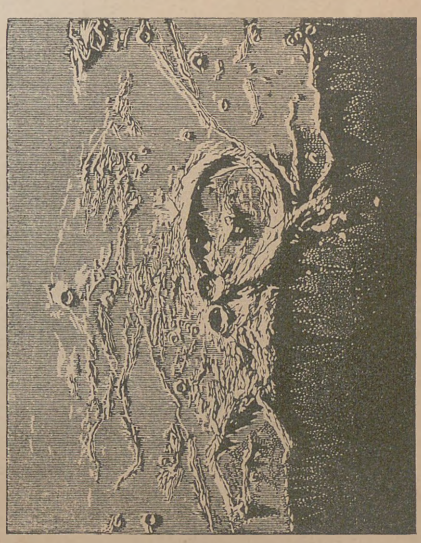
Происхожденіе этихъ горъ, вѣроятно, одинаково съ происхожденіемъ земныхъ вулкановъ и можетъ быть объяснено дѣйствіемъ внутреннихъ силъ, а также сильными переворотами, имѣвшими мѣсто на лунѣ въ древнія времена. Коперникъ (рис. 163) представляетъ собою именно такую кольцеобразную гору, внутренность которой имѣетъ полное сходство съ кратеромъ вулкана; діаметръ жерла этого кратера, прекратившаго свою дѣятельность, можетъ-быть, уже нѣсколько тысячелѣтій тому назадъ, составляетъ 90 километровъ, между тѣмъ какъ кратеръ Этны въ Сициліи имѣетъ въ діаметрѣ только немного болѣе километра. Равнины и долины, заключающіяся внутри такихъ кольцеобразныхъ горъ, часто простираются на 10000 и даже 15000 квадратныхъ километровъ. Пространства, окаймленныя кольцеобразными валами, представляютъ собою углубленія, пустыя, высохшія жерла кратеровъ и не имѣютъ никакого сходства съ нашими странами, окруженными горными хребтами, какова, напр., Богемія. Глубина этихъ кратеровъ, какъ показываютъ измѣренія Медлера и Шмидта, часто доходитъ до 7000 метровъ и даже болѣе; такимъ образомъ дно лунныхъ кратеровъ иногда находится настолько ниже краевъ вала, насколько у насъ на землѣ, напр., гора Чимборазо возвышается надъ уровнемъ моря. Весьма глубокимъ и широкимъ кратеромъ обладаетъ также гора Клеомедъ, находящаяся въ сѣверной части Mare crisium (рис. 164) недалеко отъ западнаго края луны; діаметръ этого кратера составляетъ 130 километровъ, а глубина его превосходитъ 3000 метровъ.



ЛУННЫЙ ПЕЙЗАЖЪ.



Архимедъ и Апеннины.



Гассенди.

Какое необыкновенное зрѣлище представилось бы человѣческому глазу, если бы онъ могъ заглянуть въ жерло кратера такого діаметра и такой глубины! Но жерло этого кратера никоимъ образомъ не принадлежитъ къ числу глубочайшихъ. Медлеръ и Шмидтъ нашли, что глубина Гарпала равняется 5000 метровъ, между тѣмъ какъ съ наружной стороны эта гора возвышается надъ уровнемъ Mare frigoris только на 800 метровъ. Что



Рис. 164.

же касается Коперника, то, по изслѣдованіямъ Секки, дно его кратера, напротивъ того, приблизительно на 1000 метровъ выше, чѣмъ окружающая кратеръ равнина. Отдѣльныя горы, находящіяся внутри кратеровъ, достигаютъ иногда весьма значительной высоты. Такъ напр., высота вершины внутри кратера Морета равняется 2000 метровъ. Наблюденія при помощи сильныхъ астрономическихъ трубъ показываютъ, что внутренность этихъ ужасныхъ углубленій имѣетъ приблизительно такой же видъ, какъ кратеры нашихъ земныхъ вулкановъ, на-

примѣръ: Везувія, Этны, Пика Теперифа, вулкановъ, находящихся въ Овернѣ, вулкана Килауэа на Гавайскихъ островахъ и т. д. На такое сходство между лунными и земными вулканами впервые указалъ Дана въ 1846 году. * Наглядное представленіе о такомъ сходствѣ читатель можетъ себѣ составить на основаніи сравненія рисунковъ 165 и 166. На первомъ изъ этихъ рисунковъ изображены лунные вулканы, а второй даетъ изображеніе земныхъ вулкановъ, расположенныхъ на берегу Неаполитанскаго залива. *

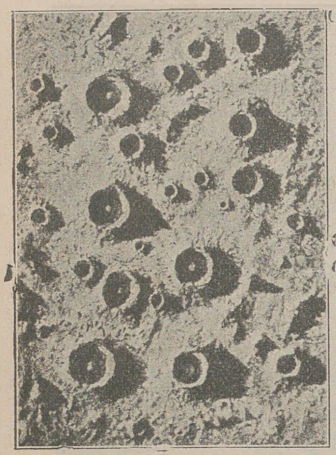


Рис. 165.

Уже при помощи сравнительно небольшой зрительной трубы можно насчитать на лунѣ, какъ показалъ Медлеръ, до 2000 такихъ кольцеобразныхъ горъ. Ихъ число необыкновенно быстро увеличивается съ увеличеніемъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, какъ это лучше всего явствуетъ изъ того, что Шмидтъ, пользовавшійся подъ яснымъ небомъ Аттики зрительной трубой съ отверстіемъ въ 16 сантиметровъ, нанесъ на свою карту луны 32856 такихъ образованій. Особенно большое число кольцеобразныхъ горъ находится около южнаго полюса, что придаетъ ему, особенно послѣ новолунія, совершенно своеобразный видъ.

§ 115. **Измѣреніе высоты лунныхъ горъ.** Прежде чѣмъ совершенно покончить съ вопросомъ о лунныхъ горахъ, читателямъ, вѣроятно, будетъ интересно узнать, какимъ образомъ измѣряется ихъ высота.

Если гора находится на краю луннаго диска, то отношеніе ея высоты къ радіусу луны можно опредѣлить при помощи такъ называемаго микрометра (часть IV), т.-е. при помощи обыкновеннаго инструмента, служащаго астрономамъ вообще для измѣренія весьма малыхъ разстояній. И дѣйствительно лунный край не представляется повсюду ровнымъ, но кажется зазубреннымъ во многихъ мѣстахъ, что происходитъ отъ присутствія горъ на лунѣ.



Рис. 166.

Положимъ, что зазубрина луннаго края, представляющая собою возвышеніе, оказалась равной одной двухсотой части луннаго радіуса. Въ такомъ случаѣ мы тотчасъ же можемъ сказать, что высота горы составляетъ 8,7 километра, такъ какъ радіусъ луны равняется 1741 километру. По этому способу можно опредѣлить высоту не только тѣхъ горъ, которыя въ данный моментъ находятся на лунномъ краѣ, но вообще горъ, близкихъ къ этому краю, такъ какъ мы увидимъ, что къ намъ бываетъ обращена не всегда одна и та же сторона луны, но что край луннаго диска, если смотрѣть изъ центра луны, можетъ смѣщаться приблизительно на 8^0, и поэтому на лунномъ краѣ иногда появляются такія горы и долины, которыхъ раньше не было видно, или же такія, которыя, хотя и были видны, но находились въ нѣкоторомъ разстояніи отъ края. Съ особеннымъ удобствомъ можно примѣнять этотъ способъ во время солнечныхъ затменій, когда черный дискъ луны съ его зубцами рѣзко выдѣляется на свѣтломъ фонѣ солнца, и когда поэтому измѣренія могутъ быть произведены со всею возможною точностью.

Второй способъ измѣренія высоты лунныхъ горъ примѣнимъ ко всѣмъ точкамъ обращеннаго къ намъ полушарія луны, а не только къ тѣмъ, которыя лежатъ на краю луннаго диска. Кто наблюдалъ луну при помощи сравнительно небольшой зрительной трубы,

тотъ, конечно, замѣчалъ, что вблизи свѣтовой границы, которая вслѣдствіе присутствія горъ на лунѣ по большей части представляется весьма зазубренной и неправильной, можно видѣть на темной части луны много отдѣльныхъ весьма блестящихъ точекъ, имѣющихъ большое сходство съ островами на морѣ или съ каплями росы на цвѣтахъ, освѣщенныхъ солнцемъ. Мы легко убѣждаемся въ томъ, что эти свѣтлыя точки суть горныя вершины, освѣщаемыя восходящимъ солнцемъ, въ то время какъ подножія горъ остаются еще во мракѣ ночи, совершенно подобно тому, какъ мы наблюдаемъ такое же явленіе также и у насъ на землѣ незадолго до восхода солнца или вскорѣ послѣ его захода. Но легко видѣть, что эти горы должны быть тѣмъ выше, чѣмъ дальше отъ свѣтовой границы отстоятъ ихъ вершины, позлащенныя солнечными лучами. А слѣдовательно и обратно, на основаніи разстоянія этихъ свѣтлыхъ точекъ отъ свѣтовой границы можно сдѣлать заключеніе относительно высоты горъ. * Въ самомъ дѣлѣ, пусть на рисункѣ 167 точка M представляетъ вершину горы, освѣщаемой лучемъ SM, идущимъ отъ солнца и касающимся поверхности луны въ точкѣ A. Соединимъ точки A и M съ центромъ луны B. Такимъ образомъ мы получимъ треугольникъ ABM, въ которомъ сторона AB извѣстна какъ радіусъ луны, сторона AM можетъ быть измѣрена при помощи микрометра и уголъ при A прямой. Слѣдовательно, мы можемъ рѣшить этотъ треугольникъ по правиламъ тригонометріи (часть I, § 39). Рѣшивъ его, мы найдемъ сторону BM, которая есть ничто иное, какъ радіусъ луны, сложенный съ высотою горы. Отсюда ясно, что въ концѣ концовъ можетъ быть вычислена высота горы. *

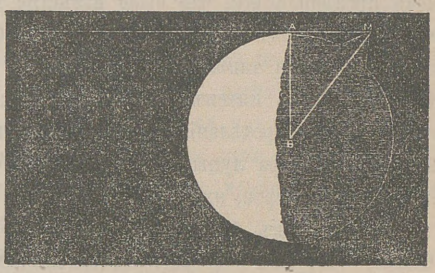


Рис. 167.

Третій способъ измѣренія высоты лунныхъ горъ основанъ на весьма извѣстномъ фактѣ, который мы ежедневно наблюдаемъ также и у насъ на землѣ. Кто не знаетъ, что тѣни нашихъ башенъ и горъ въ полдень, когда солнце занимаетъ наивысшее положеніе на небесной сферѣ, бываютъ самыми короткими, при восходѣ же и заходѣ солнца, наоборотъ, самыми длинными, и что эти тѣни до полудня бываютъ направлены къ западу, а послѣ полудня къ востоку! Совершенно также и на лунѣ тѣни горъ постепенно перемѣщаются въ теченіе длиннаго дня, продолжительность котораго равняется приблизительно 15 нашимъ днямъ, и во время увеличенія луны бываютъ обращены въ лѣвую сторону, а во время ея убыванія въ правую, и вмѣстѣ съ тѣмъ тѣнь всякой горы становится все длиннѣе и длиннѣе по мѣрѣ того, какъ уменьшается разстояніе между горой и свѣтовой границей, такъ какъ на этой границѣ лежатъ всѣ тѣ точки, для которыхъ въ данный моментъ солнце восходитъ или заходитъ. Но мы уже выше (часть I, § 39) видѣли, какимъ образомъ на поверхности земли опредѣляется высота башни, если извѣстны длина ея тѣни и высота солнца. Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что AB (рис. 168) есть высота башни, а BC—длина отбрасываемой ею тѣни. Въ такомъ случаѣ линія CA при своемъ продолженіи должна встрѣтить солнце, и слѣдовательно уголъ ACB есть высота солнца (введеніе, § 8), которая легко можетъ быть измѣрена при помощи квадранта (введеніе, § 19). Что же касается длины тѣни BC, то она измѣряется обыкновеннымъ способомъ, напримѣръ, при помощи сажени. Но если въ треугольникѣ ABC, прямоугольномъ при B, извѣстны сторона BC и прилежащій къ ней уголъ ACB, то мы безъ труда можемъ найти также сторону AB, противолежащую этому углу (часть I, § 39), или, иначе

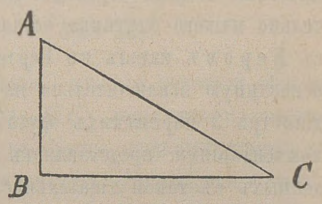


Рис. 168.

говоря, высоту башни. Совершенно такой же способъ можно примѣнить также къ опредѣленію высоты лунныхъ горъ, такъ какъ длина отбрасываемой ими тѣни можетъ быть измѣрена при помощи микрометра, а высота солнца надъ горизонтомъ того пункта, гдѣ находится гора, всегда равняется выраженному въ градусахъ кратчайшему разстоянію между горой и свѣтовой границей, что можетъ быть доказано на основаніи правилъ геометріи.

§ 116. **Топографія луны.** Уже тотчасъ послѣ изобрѣтенія трубы, въ началѣ XVII-го столѣтія, Галилей, Шейнеръ и Ширлэусъ дѣлали попытки составить карту луны. Но эти первыя и притомъ весьма несовершенныя попытки не могутъ быть и сравниваемы съ тѣмъ, что было опубликовано Гевеліемъ въ 1640 году въ его «Selenographia». Даже карта, которую въ 1651 году далъ Рикчіоли въ своемъ «Almagestum novum», по своимъ достоинствамъ стоитъ гораздо ниже карты, составленной Гевеліемъ. Карта луны, изданная въ 1680 году Доминикомъ Кассини и имѣющая въ діаметрѣ немного болѣе 0,5 метра, снова превзошла все, что было извѣстно до ея появленія, такъ какъ она не только давала, подобно прежнимъ картамъ, вѣрное изображеніе отдѣльныхъ пятенъ на поверхности луны, но на ней была также сдѣлана попытка представить по возможности точно взаимное расположеніе этихъ пятенъ. Но собственно вполнѣ научное, основанное на дѣйствительныхъ наблюденіяхъ опредѣленіе положенія этихъ пятенъ относительно перваго меридіана и относительно экватора луны было предпринято въ 1748 году Тобіасомъ Майеромъ; составленная имъ карта, имѣющая въ діаметрѣ 20 сантиметровъ, была издана Лихтенбергомъ въ Геттингенѣ въ 1775 году, уже послѣ смерти Майера. Особенно же подробное опредѣленіе взаимнаго расположенія отдѣльныхъ пятенъ было сдѣлано впервые въ Лиліенталѣ Шретеромъ, который въ 1791 году въ «Selenotopographischen Fragmenten» ознакомилъ ученый міръ со своими рисунками и описаніями различныхъ частей луны.

Но съ успѣхами оптики и съ развитіемъ астрономіи вообще вскорѣ сдѣлалась весьма чувствительной недостаточность какъ старыхъ общихъ картъ луны, такъ и болѣе позднихъ рисунковъ, представляющихъ отдѣльныя ея части. Дрезденскій астрономъ Лорманъ, умершій въ 1840 году, впервые показалъ, что можно сдѣлать въ этой области благодаря тщательнымъ систематическимъ измѣреніямъ. При его жизни появился только первый томъ его «Topographie der Mondoberfläche, Leipzig, 1824», составляющій едва пятую часть всей работы Лормана; остальныя же части были опубликованы Шмидтомъ только въ 1878 году, такъ какъ при этомъ приходилось преодолѣвать весьма многочисленныя препятствія. Такимъ образомъ честь созданія новой эпохи въ пріобрѣтеніи знаній относительно нашего спутника осталась за Медлеромъ, который въ 1837 году въ сообществѣ съ Беромъ издалъ въ Берлинѣ лунную карту, построенную по плану Лормана, но основанную исключительно на ихъ собственныхъ наблюденіяхъ. Эта карта, имѣющая въ діаметрѣ 3 парижскихъ фута (97 сантиметровъ) и снабженная весьма обстоятельными комментаріями, представляетъ плодъ пятилѣтнихъ весьма точныхъ наблюденій, произведенныхъ съ такой тщательностью, что впослѣдствіи эта карта могла быть дополнена и обогащена новыми подробностями, но никогда не могла подвергнуться полному забвенію подобно произведеніямъ предшественниковъ Медлера. Впослѣдствіи какъ Лорманъ, такъ и Медлеръ издали лунныя карты въ меньшемъ масштабѣ, причемъ послѣдній изъ нихъ снабдилъ свою карту соотвѣтственными объясненіями. Названія различныхъ частей луны на картѣ, приложенной къ нашей книгѣ, заимствованы у Медлера, такъ какъ введенныя имъ названія получили всеобщее распространеніе. Въ новѣйшія времена Шмидтъ въ Аѳинахъ послѣ болѣе чѣмъ тридцатилѣтней работы составилъ лунную карту, діаметръ которой равенъ 6 парижскимъ футамъ (195 сантиметрамъ) и которая затмила все, что было сдѣлано въ этой области раньше, совершенно подобно тому, какъ въ свое время первая часть вышеупомянутаго труда Лормана превзошла всѣ предшествующія работы по этому вопросу.

Такая общая карта должна изображать луну, какъ нетрудно понять, во время полнолунія и, слѣдовательно, должна давать различные предметы на поверхности луны для того момента, когда они отбрасываютъ кратчайшую тѣнь. Несмотря на то, что гораздо больше интереса представляетъ видъ луны во время другихъ фазъ, когда вслѣдствіе тѣней совершенно мѣняется открывающаяся передъ нами картина, и несмотря на то, что многія подробности могутъ быть замѣчены на лунномъ дискѣ только при наклонномъ освѣщеніи, все-же приходится отказаться отъ этихъ преимуществъ, разъ дѣло идетъ о вѣрномъ представленіи общаго вида луны. Только рельефная модель луны могла бы, при искусственномъ освѣщеніи подъ различными углами, давать намъ изображенія, даже при первомъ взглядѣ согласныя съ дѣйствительностью во время всякой данной фазы. Та же самая цѣль, если не вполнѣ, то по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, могла бы быть достигнута при помощи цѣлаго ряда рисунковъ, представляющихъ луну во время различныхъ, постепенно слѣдующихъ другъ за другомъ фазъ, и благодаря фотографіи, съ недавнихъ поръ мы можемъ надѣяться на выполненіе этой задачи. Впрочемъ трудность этой и безъ того весьма нелегкой задачи существеннымъ образомъ увеличивается еще вслѣдствіе того, что только приблизительно вѣрно высказанное выше (§ 105) утвержденіе, будто къ землѣ бываютъ обращены постоянно однѣ и тѣ же части луны. Въ самомъ дѣлѣ, время вращенія луны около оси постоянно остается одно и то же; угловая же скорость ея при движеніи вокругъ земли подвержена нѣкоторымъ измѣненіямъ, и хотя эти измѣненія сами по себѣ малы, но тѣмъ не менѣе они вполнѣ достаточны для того, чтобы вслѣдствіе происходящаго такимъ образомъ кажущагося замедленія или ускоренія вращенія луны сравнительно съ ея обращеніемъ измѣнить нѣсколько общій видъ луны и сдѣлать для насъ видимыми иногда на западномъ краѣ, иногда на восточномъ такія части луны, которыя собственно принадлежатъ ея полушарію, обращенному въ сторону, противоположную землѣ. * Для лучшаго уясненія только-что сказаннаго обратимся къ рисунку 169. Луна движется вокругъ земли E по эллиптической кривой, и потому скорость ея движенія въ перигеѣ P—наибольшая, а въ апогеѣ A—наименьшая. Положимъ, что въ тотъ моментъ, когда луна находится въ перигеѣ P, мы въ центрѣ луннаго диска видимъ нѣкоторый предметъ a, напр., какую-нибудь гору. По истеченіи промежутка времени, равнаго четверти оборота луны, эта послѣдняя займетъ положеніе M, причемъ линія ME, соединяющая центры луны и земли, вслѣдствіе неравномѣрности движенія луны, не будетъ перпендикулярна къ большой оси AP. Вращеніе же луны, какъ мы знаемъ, происходитъ равномѣрно, и вслѣдствіе этого линія Pa, соединяющая центръ луны съ горой a, повернется ровно на 90^0 и займетъ положеніе Ma, такъ что въ этомъ случаѣ гора a усматривается влѣво или къ востоку отъ центра луннаго диска. Такимъ же образомъ, когда луна будетъ находиться въ точкѣ M', гора a будетъ усматриваться вправо или къ западу отъ центра луннаго диска. * Съ другой стороны, плоскость луннаго экватора почти совпадаетъ съ плоскостью лунной орбиты, но полнаго совпаденія этихъ плоскостей во всякомъ случаѣ нѣтъ, такъ что должна существовать извѣстная аналогія между луной и землей, такъ какъ плоскость земного экватора также не совпадаетъ съ плоскостью земной орбиты, т.-е. съ плоскостью эклиптики. Поэтому, подобно тому, какъ извѣстныя страны вокругъ полюсовъ на поверхности земного шара въ опредѣленное время года непрерывно освѣщаются солнцемъ въ

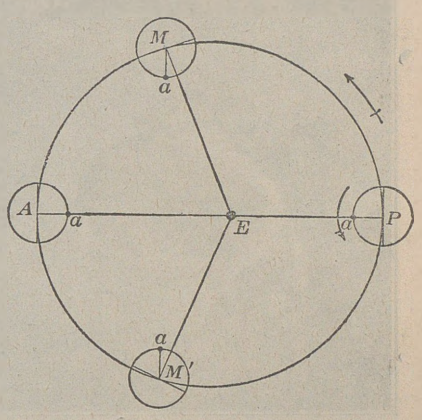


Рис. 169.

теченіе нѣсколькихъ недѣль и даже мѣсяцевъ, совершенно такъ же и на лунѣ въ опредѣленное время мѣсяца мы видимъ извѣстныя страны вокругъ полюсовъ непрерывно въ теченіе нѣсколькихъ дней. Слѣдовательно, также и на сѣверномъ и южномъ краяхъ луннаго диска иногда дѣлаются для насъ видимыми такія страны, которыя собственно находятся на полушаріи луны, обращенномъ въ сторону, противоположную землѣ. Такъ какъ вслѣдствіе этого луна представляется какъ бы колеблющейся вокругъ двухъ осей, изъ которыхъ одна проходитъ черезъ полюсы луны, а другая лежитъ въ плоскости луннаго экватора и направлена прямо на нашу землю, то такія явленія, служащія причиной нѣкотораго измѣненія вида луннаго диска, называются *либраціями*. * Либрація, вслѣдствіе которой появляются новыя подробности на восточномъ и западномъ краяхъ луны, носитъ названіе *либраціи по долготѣ*; та же либрація, вслѣдствіе которой луна кажется какъ бы колеблющейся около полярной оси, называется *либраціей по широтѣ*. * Эти либраціи представляютъ одно изъ многочисленныхъ затрудненій, которыя приходится преодолѣвать при всякой попыткѣ получить изображеніе луны, и вслѣдствіе этого тотъ, кто предпринимаетъ составленіе такой карты, не только долженъ быть опытнымъ чертежникомъ и искуснымъ наблюдателемъ, но не долженъ также бояться обширныхъ вычисленій. Впрочемъ Де-ля-Рю весьма остроумнымъ образомъ воспользовался измѣненіями вида лунной поверхности вслѣдствіе либраціи для полученія стереоскопическаго изображенія этого небеснаго тѣла. Замѣчательное явленіе, что при такомъ изображеніи луна имѣетъ видъ не шара, а яйца, обращеннаго острымъ концомъ къ землѣ, Гусевъ принялъ за подтвержденіе вышеупомянутаго изслѣдованія Ганзена (§ 109).

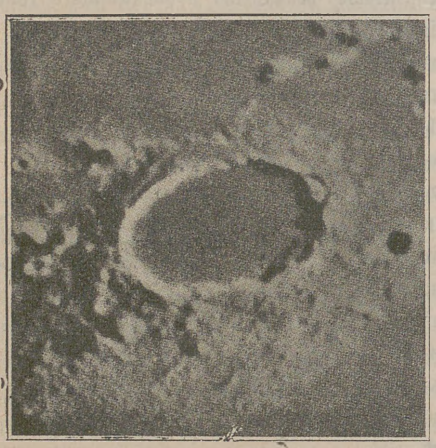
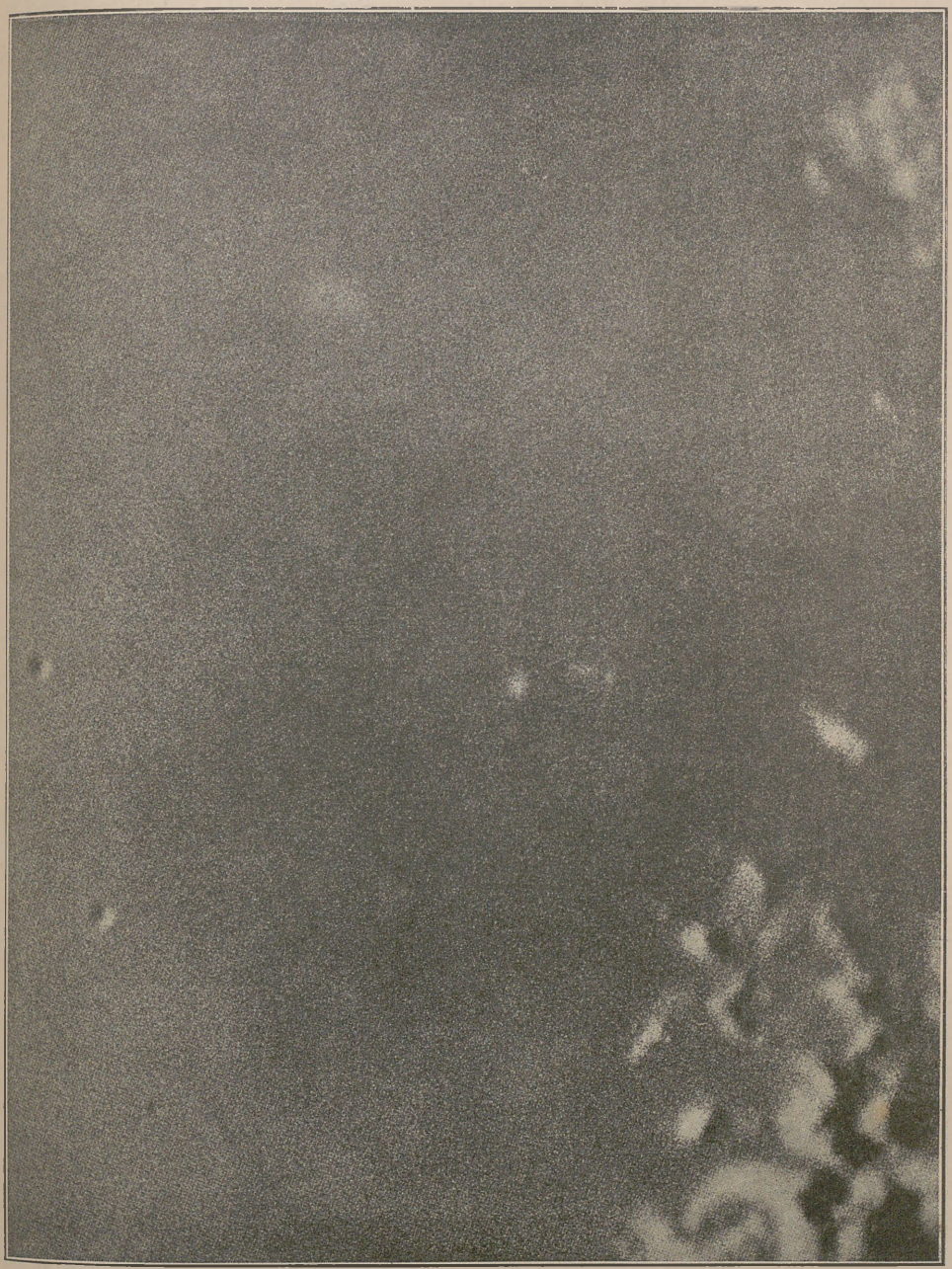


Рис. 170.

Вслѣдствіе либраціи общая карта луны можетъ дать намъ представленіе только о нѣкоторомъ среднемъ видѣ луннаго диска. Такимъ образомъ, если мы вообразимъ на поверхности луны градусную сѣть, то ея градусы долготы и широты не всегда будутъ совпадать съ соотвѣтственными градусами на картѣ, и чтобы при помощи такой градусной сѣти ориентироваться на картѣ, необходимо каждый разъ принимать во вниманіе обусловленное либраціей смѣщеніе различныхъ подробностей на лунѣ.

Въ новѣйшее время фотографія, послѣ работъ Де-ля-Рю, Рутерфорда, Дрепера и другихъ, проложившихъ путь къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, явилась въ рукахъ братьевъ Анри, Леви и Пюизе и астрономовъ Ликской обсерваторіи новымъ многообѣщающимъ средствомъ полученія изображеній луны и уже теперь даетъ прекрасные результаты, особенно съ тѣхъ поръ, какъ профессоръ Вейнекъ въ Прагѣ поставилъ себѣ задачей изготовлять превосходныя, пригодныя для научныхъ изслѣдованій увеличенія этихъ фотографій.

§ 117. **Перемѣны на поверхности луны.** Уже въ предыдущихъ параграфахъ мы упоминали, что вслѣдствіе различнаго освѣщенія луны солнцемъ отдѣльные предметы на поверхности луны въ различныя времена различнымъ образомъ отбрасываютъ тѣнь, и благодаря этому видъ луннаго диска время-отъ-времени разнообразится. Это часто придаетъ отдѣльнымъ ландшафтамъ на поверхности луны особенную прелесть, такъ что даже Шретеръ во многихъ мѣстахъ своего, вообще говоря, сухого и однообразнаго сочиненія съ



(Линней).

ЛУННЫЙ КРАТЕРЪ ЛИННЕЙ.

одушевленіемъ и въ поэтическихъ выраженіяхъ говоритъ о томъ наслажденіи, которое доставлялъ ему видъ этихъ перемѣнъ. Какъ на такой примѣръ можно указать на описаніе Платона (рис. 170), относящееся къ тому моменту, когда солнце восходитъ надъ горизонтомъ соотвѣтственной мѣстности и въ началѣ золотитъ только вершины высочайшихъ горъ, между тѣмъ какъ ихъ подошвы еще остаются невидимыми, и вся внутренняя поверхность кольцеобразной горы покрыта мракомъ ночи. Когда же солнце затѣмъ поднимается все выше и выше, постепенно дѣлается видимой все бо́льшая и бо́льшая часть высокаго вала, охватывающаго всю площадь, занятую Платономъ, и темный цвѣтъ внутренней равнины, проходя черезъ разнообразные оттѣнки, дѣлается все болѣе и болѣе свѣтлымъ, и наконецъ противоположная солнцу сторона вся начинаетъ блестѣть яркимъ свѣтомъ, между тѣмъ какъ съ другой стороны высокій валъ отбрасываетъ на внутреннюю равнину еще черную тѣнь, которая исчезаетъ только тогда, когда солнце поднимается весьма высоко надъ всѣмъ ландшафтомъ. Несмотря на то, что полный періодъ всѣхъ этихъ измѣненій равенъ синодическому мѣсяцу и составляетъ, слѣдовательно, $29^1/_2$ нашихъ сутокъ, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ лунной поверхности эти измѣненія происходятъ такъ быстро, что иногда, особенно вблизи свѣтлой границы, картина всего въ нѣсколько часовъ принимаетъ совершенно другой видъ.

Оставляя въ сторонѣ на поверхности луны кажущіяся, оптическія перемѣны, о которыхъ шла рѣчь выше, необходимо замѣтить, что со времени изобрѣтенія трубы многіе стремились открыть также и дѣйствительныя перемѣны. Такимъ образомъ между другими Шрстеръ и Груитхюйзенъ (Gruithuisen) употребили на это очень много времени и труда, и послѣдній изъ нихъ полагалъ, что онъ не только замѣтилъ явныя перемѣны на поверхности луны, но также открылъ ясные слѣды существованія жителей на этомъ тѣлѣ. Однако наблюденія, на которыхъ онъ основывалъ свои заключенія, въ очень скоромъ времени оказались не болѣе, какъ оптическимъ обманомъ; впрочемъ въ то время, при недостаткѣ вполнѣ удовлетворительныхъ и подробныхъ картъ луны, не было никакого прочнаго фундамента для надежнаго рѣшенія вопроса относительно перемѣнъ на поверхности луны. Съ тѣхъ поръ какъ появились общія карты луны Лормана, Медлера и Шмидта, и съ тѣхъ поръ какъ мы обладаемъ достаточно большимъ числомъ точныхъ рисунковъ различныхъ лунныхъ ландшафтовъ, мы въ этомъ отношеніи находимся въ гораздо болѣе благопріятномъ положеніи, чѣмъ наши предшественники; но промежутокъ времени, отдѣляющій насъ отъ этихъ первыхъ точныхъ работъ, еще слишкомъ коротокъ, чтобы мы могли надѣяться уже теперь обнаружить значительныя перемѣны на поверхности луны. Къ тому же эти перемѣны должны быть весьма большими, чтобы мы могли замѣтить ихъ даже при помощи нашихъ лучшихъ инструментовъ, такъ какъ луна, несмотря на свою сравнительную близость къ намъ, все же отстоитъ отъ насъ на 384000 километровъ. Впрочемъ только тѣ немногіе астрономы, которые изслѣдованіе луны поставили, такъ сказать, задачей всей своей жизни, могутъ высказать вѣрное сужденіе о подозрѣваемыхъ перемѣнахъ на поверхности этого небеснаго тѣла; въ самомъ дѣлѣ, выше было замѣчено, что часто незначительное измѣненіе въ высотѣ солнца уже можетъ придать ландшафту совершенно другой характеръ, и это обстоятельство уже неоднократно служило поводомъ къ ошибкамъ и заблужденіямъ для такихъ лицъ, которыя занимались наблюденіями луны только случайно. Поэтому нѣтъ ничего удивительнаго въ томъ, что часть астрономовъ еще и теперь весьма скептически относится къ реальности тѣхъ перемѣнъ, которыя, повидимому, произошли на поверхности луны въ послѣднее время. Ниже разсмотрѣны наиболѣе замѣчательныя изъ этихъ подозрѣваемыхъ перемѣнъ.

Въ октябрѣ 1866 года Шмидтъ обратилъ вниманіе на то, что лунный кратеръ Линней въ Маге serenitatis (№ 51 въ квадрантѣ I нашей карты луны), который раньше Лорману, Медлеру и ему самому при ихъ измѣреніяхъ неоднократно представлялся въ видѣ кратера, исчезъ, и въ этомъ мѣстѣ вмѣсто кратера находится теперь только свѣтлое пятно (см. приложенную при семъ таблицу). Напротивъ того, нѣкоторые наблюдатели,

какъ, напримѣръ, Броунингъ, утверждаютъ, что въ дѣйствительности Линней вообще представляется въ видѣ свѣтлаго пятна, но что при измѣненіи освѣщенія весьма быстро мѣняется также и его видъ, и что онъ и теперь еще во время каждой лунаціи *) бываетъ видимъ какъ кратеръ, но, правда, только въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

Если въ этомъ случаѣ дѣло идетъ объ исчезновеніи кратера, то въ 1877 году Клейнъ обратилъ вниманіе на новыя образованія, которыя появились въ области Гигинуса (№ 17 въ квадрантѣ I нашей карты). Эти образованія суть: кратеръ на сѣверо-западѣ отъ Гигинуса и бороздообразное углубленіе на западѣ отъ него, и оба эти образованія въ настоящее время настолько бросаются въ глаза, что едва ли бы они могли ускользнуть отъ вниманія прежнихъ селенографовъ, если бы они въ то время существовали. Подобнымъ же образомъ Клейнъ полагаетъ, что лишь въ новѣйшее время образовался красивый кратеръ въ Маге nectaris.

Какъ другой примѣръ перемѣнъ на поверхности луны приводятся два расположенные близко одинъ отъ другого кратера Мессье (№ 91 въ квадрантѣ IV нашей карты). На прежнихъ картахъ оба они начерчены въ видѣ совершенно круглыхъ кратеровъ, между тѣмъ какъ въ настоящее время одинъ изъ нихъ имѣетъ эллиптическую форму, а другой представляетъ прямоугольникъ съ закругленными углами.

Точно также въ прежнія времена неоднократно указывали на то, что на неосвѣщенной части луны будто бы появлялись новые вулканы. Однако на основаніи критическихъ изслѣдованій Медлера едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что это были лунные кратеры Аристархъ, Коперникъ и Кеплеръ, изъ которыхъ особенно первый во время полнолунія сіяетъ ослѣпительнымъ блескомъ. Благодаря своей большой отражательной способности онъ нерѣдко можетъ быть замѣченъ даже на непельномъ свѣтѣ луны въ видѣ слабо освѣщеннаго пятна, имѣющаго большое сходство съ только-что потухшимъ угленъ.

§ 118. **Жители луны.** Несмотря на все то, что было изложено въ § 107, не только наши поэты, но также многіе астрономы охотно представляютъ себѣ, что эта пустыня населена жителями, подобными намъ. Поэтовъ никто не осмѣлится осуждать за такую поэтическую вольность, такъ какъ, съ одной стороны, всѣ мы выбирали это небесное свѣтило своимъ повѣреннымъ, чтобы не сказать другомъ, въ то уже прошедшее для бо́льшей части нашихъ читателей время розовой юности, когда болѣе живая сила воображенія легко и охотно уносится въ высшія области, и такъ какъ, съ другой стороны, луна благодаря удивительнымъ перемѣнамъ своего внѣшняго вида и благодаря своему яркому блеску, затемняющему не только блескъ неподвижныхъ звѣздъ, но даже блескъ Юпитера и Венеры, привлекаетъ къ себѣ даже самыхъ равнодушныхъ людей, разъ только они обращаютъ свои взоры на усѣянное звѣздами небо:

...Hesperus, that led
The starry horst, rode brightest; till the Moon
Rising in clouded majesty, at length
Apparent queen, unveiled her peerless form,
And o'er the dark her silver mantle threw **).

Milton.

---

*) Лунаціей называется періодъ времени, въ теченіе котораго луна проходитъ черезъ всѣ свои фазы. Слѣдовательно, лунація это есть ни что иное, какъ время синодическаго оборота луны.

Переводчикъ

**) ..Гесперъ, который, ярко блистая, стоялъ во главѣ безсчисленнаго множества звѣздъ до тѣхъ поръ, пока луна, взойдя въ туманномъ величіи, не приняла, наконецъ, ни съ чѣмъ несравнимаго вида истинной царицы и не распростерла своей серебряной мантіи надъ господствовавшимъ всюду мракомъ.

Мильтонъ.

Что жители луны, если только они тамъ вообще существуютъ, должны быть совершенно отличны отъ насъ самихъ и вообще отъ всѣхъ существъ, которыя мы видимъ у насъ на землѣ, въ этомъ читатели едва ли станутъ сомнѣваться, если только они изъ предыдущаго вспомнятъ, что на лунѣ, по крайней мѣрѣ на обращенномъ къ намъ ея полушаріи, совсѣмъ нѣтъ атмосферы, сходной съ нашей земной, и потому также вовсе не можетъ быть воды. Этотъ недостатокъ воздуха и воды, въ связи съ отсутствіемъ различія между отдѣльными временами года на лунѣ, долженъ имѣть на животную и растительную жизнь на поверхности этого небеснаго тѣла такое большое и существенное вліяніе, что намъ трудно даже себѣ представить всѣ вытекающія отсюда послѣдствія хотя бы въ самыхъ общихъ чертахъ. Можетъ-быть, на лунѣ живыя существа, подобно нашимъ рыбамъ, населяютъ только самыя глубокія части ея поверхности, или, подобно нашимъ кротамъ и дождевымъ червямъ, ютятся на днѣ глубокихъ подземныхъ ходовъ, или наконецъ, засѣвши подобно устрицамъ цѣлыя отмели, проводятъ свои дни въ полномъ бездѣйствіи. Или, можетъ-быть, наоборотъ, мы должны допустить, что жители луны такъ-же малы, такъ же энергичны и дѣятельны, какъ наши муравьи, и что поэтому на днѣ одной ямы въ удобныхъ и обширныхъ домахъ ихъ живетъ не меньше, чѣмъ мы можемъ насчитать жителей у насъ въ Парижѣ или Лондонѣ? И неужели только потому, что мы сами живемъ на поверхности нашей земли, мы должны принуждать къ такому же образу жизни также жителей другихъ небесныхъ тѣлъ?

Мы уже неоднократно говорили, что земля представляется жителямъ луны въ видѣ диска, который въ 13 разъ больше диска луны, усматриваемаго съ земли, и что для нихъ эта послѣдняя имѣетъ тѣ же самыя фазы, какія мы видимъ у луны. Хотя эти явленія по отношенію къ такому большому небесному тѣлу должны были бы сразу обратить на себя вниманіе, тѣмъ не менѣе и на лунѣ, вѣроятно, нѣтъ недостатка въ такихъ людяхъ, которые совершенно не заботятся о томъ, что происходитъ надъ ними на небесной сферѣ. Но зато такіе господа по весьма понятнымъ причинамъ придутъ въ тѣмъ большее изумленіе и ужасъ, если вдругъ нарушится обычное теченіе явленій, и вышеупомянутое большое небесное тѣло, занявъ положеніе между луной и солнцемъ, заслонитъ это послѣднее отъ жителей луны и такимъ образомъ погрузитъ все кругомъ въ глубокій мракъ. Такія явленія, безъ сомнѣнія, и на лунѣ, по крайней мѣрѣ для толпы, служатъ предметомъ страха и ужаса, совершенно такъ же, какъ долгое время это имѣло мѣсто также и у насъ на землѣ; и, правда, вмѣстѣ съ Фонтенелемъ мы можемъ спросить: на какомъ основаніи жители луны должны быть умнѣе и развитѣе, чѣмъ мы?

Но хотя въ этомъ отношеніи они и очень похожи на насъ, тѣмъ не менѣе во многихъ другихъ отношеніяхъ они, конечно, должны сильно отличаться отъ насъ, и если бы намъ представился случай близко встрѣтиться съ ними, то мы безъ сомнѣнія удивились бы ихъ внѣшнему виду и вообще всей ихъ организаціи, совершенно такъ же, какъ, въ свою очередь, и они пришли бы въ изумленіе отъ насъ, если бы имъ пришлось встрѣтиться съ нами лицомъ къ лицу. Конечно, они не могутъ представить себѣ того, что дѣлается у насъ здѣсь на землѣ, совершенно такъ же, какъ и мы, обратно, не можемъ составить себѣ никакого понятія объ ихъ образѣ жизни. Но отсюда никоимъ образомъ не слѣдуетъ, что жители луны менѣе счастливы и менѣе довольны своей жизнью, чѣмъ мы сами. У природы, несомнѣнно, есть достаточно способовъ вознаградить ихъ за то, что мы называемъ лишеніями. Ихъ поля не орошаются дождями, но зато они также не избиваются градомъ. Имъ неизвѣстны ни утреннія, ни вечернія зори, но за то они незнакомы также ни съ облаками, ни съ ливнями, которые могли бы затопить ихъ поля, ни съ ураганами, которые могли бы разрушить ихъ жилища. Положимъ, они не любуются радугой, но за то не приходится имъ видѣть также губительныхъ молній, и кромѣ того раскаты грома не пробуждаютъ ихъ отъ сна, въ которомъ тихо и мирно проводятъ они свои дни, между

тѣмъ какъ намъ постоянно приходится бороться другъ съ другомъ и со всѣмъ, что насъ окружаетъ. И въ то время какъ у насъ радости часто смѣняются раскаяніемъ и горемъ, они, можетъ-быть, совершенно незнакомы ни съ тѣмъ, ни съ другимъ. Если мы, которые съ плохо скрываемой гордостью взираемъ на нашихъ такъ называемыхъ слугъ и на жителей луны, если мы, или по крайней мѣрѣ лучшіе изъ насъ, въ дѣятельной, покрытой славой и почетомъ жизни ищемъ счастія и не находимъ его, то они въ своемъ вѣчномъ покоѣ, можетъ-быть, вовсе не заботятся о призрачной славѣ, но вмѣсто этого они наслаждаются хотя и менѣе блестящимъ, но за то болѣе чистымъ и болѣе прочнымъ счастіемъ, и потому у нихъ нѣтъ никакой причины завидовать намъ въ нашей жизненной суетѣ. Если они, можетъ-быть, еще не изобрѣли искусства книгопечатанія и если вслѣдствіе этого нѣсколько отстали отъ насъ въ своихъ школахъ и университетахъ, или, какъ говорятъ, еще не выдумали пороха, за то осталась для нихъ неизвѣстной также наша высшая тактика, благодаря которой мы, часто сами не зная для чего, въ одинъ часъ избиваемъ нѣсколько тысячъ нашихъ братьевъ и цвѣтущіе города обращаемъ въ груды пепла, а счастливыя страны въ пустыни и въ поля, усѣянныя трупами. Но разъ мы признали бы вышеприведенные контрасты, то кто могъ бы осудить насъ, если бы мы стали искать т а м ъ наверху уже давно улетѣвшія съ земли изъ урны Пандоры блага, а именно: вѣчный м и р ъ, о которомъ мы тщетно мечтаемъ уже съ давнихъ поръ, з о л о т о й вѣкъ, который воспѣвается только въ нашихъ стихотвореніяхъ, и н е и с п о р ч е н н о с т ь н р а в о в ъ, которая, согласно съ прекраснымъ поэтическимъ произведеніемъ Аріосто, сохраняется, вмѣстѣ съ потерянным з д р а в ы м ъ с м ы с л о м ъ нашихъ ученыхъ и героевъ, тамъ наверху подъ присмотромъ особаго генія въ особыхъ стклянкахъ и потому такъ рѣдко встрѣчается здѣсь внизу!

§ 119. **Сношенія съ жителями луны.** Такъ какъ мы, какъ это извѣстно изъ вышеизложеннаго, не можемъ надѣяться совершить путешествія на луну, то для знакомства съ ея жителями намъ не остается ничего другого, какъ организовать своего рода корреспонденцію съ ними. Какимъ же образомъ осуществить это? О почтѣ и о пакетботахъ нечего и думать. Но, можетъ-быть, можно воспользоваться оптическимъ телеграфомъ? Однако въ этомъ случаѣ надо устроить нѣчто весьма грандіозное, чтобы сигналы были видимы на разстояніи 384000 километровъ. Впрочемъ, эти затрудненія, пожалуй, можно было бы устранить, если только не жалѣть ни труда, ни расходовъ; гораздо бо́льшее, съ трудомъ устранимое затрудненіе представляетъ выборъ з н а к о в ъ и я з ы к а для телеграфной корреспонденціи. Какъ бы много языковъ ни встрѣчалось у насъ на землѣ, тѣмъ не менѣе всѣ они могутъ быть неизвѣстны на лунѣ, и весьма возможно, что люди тамъ не пользуются собственно никакимъ языкомъ, а объясняются другъ съ другомъ какимъ-нибудь совершенно инымъ способомъ. Какіе же з н а к и можно было бы употребить для нашей цѣли? Эти знаки во всякомъ случаѣ совершенно произвольны, но чтобы можно было другъ друга понимать, необходимо предварительно уговориться относительно нихъ. Какъ же можетъ произойти такой предварительный уговоръ, когда у насъ нѣтъ для этого никакихъ способовъ? Вслѣдствіе такого затрудненія одинъ изъ выдающихся нашихъ геометровъ сдѣлалъ предложеніе, которое на первый взглядъ кажется весьма необыкновеннымъ, но при ближайшемъ разсмотрѣніи все же оказывается единственно возможнымъ, и которое поэтому заслуживаетъ здѣсь краткаго упоминанія.

Онъ исходитъ изъ того предположенія, что люди на лунѣ суть существа, одаренныя разумомъ. Кто не желаетъ этого допустить, для того отысканіе способовъ сношенія съ ними является совершенно излишнимъ и даже глупымъ. Но если они, заключаетъ онъ дальше, дѣйствительно суть разумныя существа, то въ виду того, что разумъ всюду долженъ быть одинъ и тотъ же, они должны изучать собственно умственную науку, т.-е. математику. Если же они занимаются математикой, то они не могутъ не знать по крайней

мѣрѣ основныхъ предложеній геометріи. Если поэтому на поверхности земли на какой-нибудь обширной равнинѣ воспроизвести въ большомъ масштабѣ чертежъ, относящійся къ одной изъ простѣйшихъ теоремъ элементарной геометріи, напр., къ такъ называемой Пиѳагоровой теоремѣ, то они, вѣроятно, обратятъ вниманіе на такую фигуру и, можетъ-быть, современемъ отвѣтятъ намъ, начертивъ подобную же фигуру гдѣ-нибудь на поверхности луны, и такимъ образомъ дадутъ намъ знать, что они насъ поняли. Этимъ путемъ мы по крайней мѣрѣ убѣдились бы, что тамъ есть существа, одаренныя разумомъ, и что стоитъ потратить трудъ на выработку способовъ сношенія съ ними. Но разъ былъ бы сдѣланъ первый шагъ для болѣе близкаго знакомства съ жителями луны, то, въ случаѣ удачи этого перваго опыта, и остальные шаги, вѣроятно, быстро послѣдовали бы одинъ за другимъ.

ГЛАВА XII.

Спутники внѣшнихъ планетъ.

I. Спутники Марса.

§ 120. **Открытіе спутниковъ Марса.** Открытіе спутниковъ Марса, сдѣланное Азафомъ Холемъ въ 1877 году, представляетъ одну изъ интереснѣйшихъ эпохъ въ исторіи астрономіи, такъ какъ оно доказало превосходство гигантскихъ рефракторовъ новѣйшаго времени надъ самыми сильными рефракторами предыдущаго десятилѣтія, совершенно такъ же, какъ открытіе спутниковъ Юпитера, сдѣланное Галилеемъ вскорѣ послѣ изобрѣтенія зрительной трубы, доказало превосходство этого инструмента надъ невооруженнымъ глазомъ. Мы считаемъ своимъ долгомъ нѣсколько подробнѣе остановиться на исторіи открытія этихъ небесныхъ тѣлъ и вообще на разсмотрѣніи системы Марса, такъ какъ спутники Марса представляютъ нѣкоторыя особенности, благодаря которымъ ихъ приходится отнести къ интереснѣйшимъ тѣламъ нашей солнечной системы.

Мысли относительно того, что Марсъ и вообще всѣ планеты, подобно землѣ, могутъ имѣть спутниковъ, была вполнѣ ясно высказана Кеплеромъ тотчасъ послѣ открытія спутниковъ Юпитера. Когда сдѣлалось извѣстнымъ открытіе спутниковъ Юпитера, то многіе стали выражать сомнѣніе относительно ихъ существованія и вообще относительно дѣйствительности астрономическихъ открытій Галилея. Поэтому Кеплеръ въ защиту Галилея написалъ «Dissertatio cum Nuncio Sidereo nuper ad mortales misso», гдѣ между прочимъ находимъ слѣдующее мѣсто:

«...tantum abest, ut fidem tibi in reliquo libro et de 4 circum Jovialibus planetis derogem, ut potius optem, mihi in parato jam esse perspicillum, quo te in deprehendendis circum Martialibus (ut mihi proportio videtur requirere) duobus, et circum Saturniis 6 vel 8 praevertam, uno forsan et altero circum Venerio et circum Mercuriali accessuro (Dr. Ch. Frisch. J. Kepleri Opera omnia, Vol. II, pag. 491) *).

Въ дѣйствительности Кеплеръ самъ весьма усердно искалъ подозрѣваемыхъ спутниковъ Марса, какъ объ этомъ можно заключить на основаніи различныхъ случайныхъ замѣтокъ въ его сочиненіяхъ и прежде всего въ его «Narratio de Jovis Satellitibus», и даже нѣкоторое время онъ полагалъ, что Галилей уже открылъ ихъ, такъ какъ онъ анаграмму

Smaismrmilmepoetaleumibunenugttauiras,

*) ...я нисколько не сомнѣваюсь въ томъ, что ты говоришь въ остальной части своей книгѣ о 4 спутникахъ Юпитера; мало того, я даже хотѣлъ бы, чтобы у меня наготовѣ была труба, при помощи которой я раньше тебя могъ бы открыть двухъ (этого, мнѣ кажется, требуетъ пропорціональность) спутниковъ Марса и шесть или восемь спутниковъ Сатурна; къ этому, можетъ-быть, прибавятся одинъ или два спутника Венеры и Меркурія.

при помощи которой Галилей въ началѣ іюля 1610 года извѣстилъ ученый міръ о своемъ новѣйшемъ астрономическомъ открытіи, раскрылъ, превративъ ее въ слѣдующій, наполовину варварскій, какъ онъ самъ сознается, стихъ:

Salve, umbistineum geminatum Martia proles.

Самъ же Галилей, какъ извѣстно, этой анаграммой хотѣлъ указать на то, что Сатурнъ въ зрительную трубу представляется въ особенномъ видѣ, и въ слѣдующемъ году по просьбѣ императора Рудольфа II онъ далъ слѣдующее рѣшеніе вышеприведенной анаграммы:

Altissimum planetam tergeminum observavi.

Догадки Кеплера, которыя, повидимому, блестящимъ образомъ подтвердились, когда были открыты первые спутники Сатурна, послужили поводомъ къ новымъ поискамъ спутниковъ Марса, но неудачи, сопровождавшія эти поиски, доставили остроумнымъ людямъ XVIII-го столѣтія, какъ кажется, давно желанный случай осмѣять доводы, подобные вышеприведеннымъ, и основанное на нихъ стремленіе отыскать новыя тѣла. Такъ, напр., Свифтъ въ своей знаменитой сатирѣ «Travels of Mr. L. Gulliver, 1726» (Путешествіе Гулливера), описывая прибытіе Гулливера къ одному народу, который находился въ постоянномъ страхѣ передъ столкновеніемъ съ хвостомъ кометы или передъ какимъ-нибудь другимъ небеснымъ переворотомъ, въ страхѣ, доходившемъ до того, что они не могли спокойно спать и вообще не могли пользоваться какимъ бы то ни было удовольствіемъ, между прочимъ говоритъ:

They spend the greatest part of their lives in observing the celestial bodies, which they do by the assistance of glasses, far excelling ours in goodness... This advantage has enabled them, to extend their discoveries much farther than our astronomers in Europe; for they have made a catalogue of 10000 fixed stars, whereas the largest of ours do not contain above one third of that number. They have likewise discovered two lesser stars of satellites, which revolve about Mars, whereof the innermost is distant from the centre of the primary planet exactly three of his diameters and the outermost five; the former revolves in the space of 10 hours and the latter in $21^1/_2$, so that the squares of their periodical times are very near in the same proportion with the cubes of their distance from the centre of Mars *).

Подобнымъ же образомъ, но только еще съ бо́льшей ироніей говоритъ о спутникахъ Марса Вольтеръ въ своемъ «Micromegas». Микромегасъ, житель Сиріуса, за свои сочиненія пріобрѣлъ репутацію еретика и поэтому вмѣстѣ съ нѣсколькими друзьями покинулъ свое отечество съ тѣмъ, чтобы посѣтить нашу солнечную систему. Ихъ путешествіе Вольтеръ описываетъ слѣдующимъ образомъ:

En sortant de Jupiter ils traversèrent un espace d'environ cent millions de lieus, et il côtoyèrent la planète de Mars, qui, comme on sait, est cinq fois plus petite que notre petit globe; ils virent deux lunes qui servent à cette planète, et qui ont échappé aux regards des nos astronomes. Je sois bien que le père Castel écrira, et même plaisamment, contre l'existence

---

*) Они тратятъ бо́льшую часть своей жизни на наблюденія небесныхъ тѣлъ, для чего пользуются телескопами, по своимъ качествамъ далеко превосходящими наши астрономическіе инструменты... Благодаря такому преимуществу они въ своихъ открытіяхъ далеко опередили нашихъ европейскихъ астрономовъ. Такъ, они составили каталогъ, заключающій 10000 неподвижныхъ звѣздъ, между тѣмъ какъ наибольшій изъ нашихъ каталоговъ содержитъ не болѣе одной трети этого числа. Подобнымъ же образомъ они открыли двухъ спутниковъ Марса, изъ которыхъ ближайшій къ планетѣ отстоитъ отъ ея центра на три ея діаметра, а дальнѣйшій — на пять. Первый изъ этихъ спутниковъ совершаетъ полный оборотъ около планеты въ 10 часовъ, второй—въ $21^1/_2$, такъ что квадраты ихъ временъ обращенія относятся между собою приблизительно какъ кубы ихъ разстояній отъ центра Марса.

de ces deux lunes; mais je m'en rapporte à ceux qui raisonnent par analogie. Ces bons philosophes-là savent combien il serait difficile, que Mars, qui est si loin du soleil, se passât à moins de deux lunes *).

Когда даже поиски спутниковъ Марса, произведенные Гершелемъ при помощи его могущественнаго зеркальнаго телескопа, остались безуспѣшными, среди астрономовъ все болѣе и болѣе сталъ укореняться взглядъ, что Марсъ вообще не имѣетъ спутниковъ, и даже неоднократно считали это положеніе вполнѣ доказаннымъ. Напримѣръ, Медлеръ, такъ много сдѣлавшій для топографіи нашей солнечной системы, между прочимъ говоритъ слѣдующее:

«..... На основаніи всего вышесказаннаго едва ли можно смотрѣть на Марса какъ на небесное тѣло, въ физическомъ отношеніи весьма похожее на нашу землю... Существеннѣйшая разница между Марсомъ и землею состоитъ въ томъ, что Марсъ обладаетъ значительно меньшимъ діаметромъ, чѣмъ земля, эксцентриситетъ его орбиты имѣетъ довольно большую величину, и наконецъ у Марса нѣтъ спутника, что слѣдуетъ считать вполнѣ доказаннымъ» **).

Защитники такого взгляда ссылались на цѣлый рядъ доказательствъ, среди которыхъ не послѣднюю роль снова играло старое представленіе о землѣ какъ о небесномъ тѣлѣ, если и не самомъ исключительномъ изъ всѣхъ, то во всякомъ случаѣ какъ объ одномъ изъ наиболѣе исключительныхъ. Съ другой стороны вѣра въ существованіе спутника у Марса все же не исчезала совершенно, и приверженцы взгляда, противоположнаго только-что высказанному, также не затруднялись въ выборѣ доказательствъ. Оставляя въ сторонѣ аналогію съ другими планетами, они въ защиту своего мнѣнія между прочимъ приводили, кстати сказать, совершенно ошибочное и, какъ мы видѣли выше, надлежащимъ образомъ осмѣянное Вольтеромъ положеніе, что главную цѣль спутниковъ составляетъ освѣщеніе и украшеніе ночей центральной планеты, и что поэтому болѣе удаленныя отъ солнца планеты болѣе нуждаются въ спутникахъ, такъ какъ на этихъ планетахъ день никогда не бываетъ такимъ яркимъ, какъ на ближайшихъ къ солнцу планетахъ. Причину же, почему спутникъ или даже спутники Марса еще не были открыты, со временъ Боде обыкновенно объясняли слѣдующимъ образомъ. Такъ какъ самъ Марсъ невеликъ и не сильно отражаетъ солнечный свѣтъ, то можно подозрѣвать, что оба эти обстоятельства имѣютъ мѣсто также и относительно спутниковъ Марса; поэтому они, вѣроятно, свѣтятся очень слабо и могутъ быть замѣчены только во время благопріятныхъ оппозицій при помощи лучшихъ астрономическихъ трубъ. Если, кромѣ того, разстояніе, отдѣляющее ихъ отъ главной планеты, значительно больше ея діаметра, то во время благопріятныхъ оппозицій они могутъ быть удалены отъ нея на нѣсколько градусовъ, что особенно должно затруднять ихъ отысканіе, если къ тому же плоскости ихъ орбитъ наклонены къ плоскости эклиптики подъ довольно большими углами.

Хотя очень много писали какъ за, такъ и противъ существованія спутниковъ Марса, однако, несмотря на это, въ теченіе всей первой половины XIX столѣтія никто,

---

*) Отправившись съ поверхности Юпитера, они проѣхали пространство въ 100 милліоновъ миль, причемъ они пронеслись мимо Марса, который, какъ извѣстно, въ пять разъ меньше нашего маленькаго земного шара, и у этой планеты они видѣли двѣ луны, ускользнувшія отъ взоровъ нашихъ астрономовъ. Я отлично знаю, что отецъ Кастель въ забавной формѣ будетъ оспаривать существованіе этихъ двухъ лунъ; но я ссылаюсь на тѣхъ, кто дѣлаетъ заключенія на основаніи аналогіи. Эти прекрасные философы знаютъ, насколько было бы трудно Марсу, находящемуся на такомъ далекомъ разстояніи отъ солнца, обойтись по крайней мѣрѣ безъ двухъ лунъ.

**) W. Beer und Dr. J. H. Mädler. Beiträge zur physischen Kenntnis der himmlischen Körper, стр. 125.

кажется, не предпринималъ обстоятельныхъ и достаточно обширныхъ поисковъ этихъ небесныхъ тѣлъ. Только въ 1865 г. Д'Арре обратилъ вниманіе на то, что отыскиваніе спутника Марса въ разстояніи нѣсколькихъ градусовъ отъ планеты представляетъ не только безконечную, но вмѣстѣ съ тѣмъ и безполезную работу, такъ какъ, напротивъ того, болѣе вѣроятнымъ является предположеніе, что существующій спутникъ Марса до сихъ поръ ускользалъ отъ нашихъ наблюденій не вслѣдствіе вышеуказанныхъ причинъ, а вслѣдствіе его чрезвычайной близости къ планетѣ. При небольшой массѣ Марса сидерическое время обращенія спутника, который во время благопріятной оппозиціи могъ бы отстоять отъ главной планеты на $1^0\ 10'$, было бы больше, чѣмъ время обращенія самой планеты; но сдѣлать такое предположеніе намъ не даетъ права ни одинъ изъ извѣстныхъ намъ спутниковъ, даже наиболѣе удаленныхъ отъ главной планеты. Въ нижеслѣдующей табличкѣ дано наибольшее удаленіе спутника отъ Марса, соотвѣтствующее различнымъ величинамъ сидерическаго времени обращенія спутника, причемъ разстояніе Марса отъ земли для времени оппозиціи принято равнымъ 0,52.

Сидер. время обращенія спутника Марса.	Наибольш. удаленіе спутн. отъ планеты во время оппозиціи.	Сидер. время обращенія спутника Марса.	Наибольш. удаленіе спутн. отъ планеты во время оппозиціи.
1 сутки	0,9′	16 сутокъ	5,7′
2 »	1,4′	27,32 »	8,2′
4 »	2,3′	100 »	19,4′
7 »	3,3′	200 »	30,8′
11 »	4,4′		

Въ 1864 году, когда оппозиція Марса была во всякомъ случаѣ не очень благопріятная, Д'Арре самъ искалъ спутника Марса по такому плану, что отъ него едва ли бы ускользнулъ спутникъ даже 12 величины, если бы наибольшее удаленіе его отъ планеты могло составлять отъ 8′ до 10′. На меньшемъ разстояніи отъ планеты онъ даже при болѣе благопріятныхъ обстоятельствахъ не могъ бы замѣтить никакихъ слабыхъ звѣздъ при помощи рефрактора Копенгагенской обсерваторіи.

Въ такомъ положеніи находилось дѣло, когда Азафъ Холь весною 1877 года началъ свои наблюденія при помощи принадлежащаго Вашингтонской обсерваторіи большого рефрактора, объективъ котораго въ діаметрѣ имѣлъ 66 сантиметровъ и который въ опытныхъ рукахъ Ньюкомба уже далъ превосходные результаты по отношенію къ системамъ Урана и Нептуна. Азафъ Холь тотчасъ же возымѣлъ мысль воспользоваться предстоящей благопріятной оппозиціей Марса для систематическихъ поисковъ спутника этой планеты. Послѣ пересмотра литературы этого предмета шансы на успѣхъ показались ему настолько ничтожными, что онъ, по его собственнымъ словамъ, отказался бы отъ своего первоначальнаго намѣренія, если бы его жена не побудила его выполнить то, что разъ было задумано.

Поэтому, когда въ началѣ августа планета достигла настолько значительнаго геоцентрическаго движенія, что благодаря этому можно было легко отличить спутника отъ многочисленныхъ слабыхъ звѣздъ, находящихся вблизи видимой орбиты Марса, А. Холь приступилъ къ своимъ поискамъ и при этомъ прежде всего занялся изслѣдованіемъ всѣхъ слабыхъ звѣздочекъ, находившихся сравнительно далеко отъ планеты. Но такъ какъ среди этихъ звѣздочекъ онъ не нашелъ ни одной, которая обладала бы собственнымъ движеніемъ, то 10 августа онъ приступилъ къ изслѣдованію пространства, непосредственно прилегающаго къ планетѣ; но только въ слѣдующую ночь, именно въ $2^1/_2$ часа утра, ему посчастливилось замѣтить слабую звѣздочку въ разстояніи 71″ къ сѣверо-востоку отъ Марса, опредѣлить же, обладала ли эта звѣздочка собственнымъ движеніемъ или была неподвижной, ему не удалось, такъ какъ въ скоромъ времени вслѣдствіе поднявшагося съ Потомака

тумана ее нельзя было больше видѣть. Вслѣдствіе облачнаго неба и въ слѣдующіе вечера нельзя было производить наблюденій; поэтому только 16 августа Холь могъ съ увѣренностью доказать, что слабая звѣздочка, замѣченная имъ въ этотъ вечеръ къ востоку отъ планеты и тождественная, какъ показали позднѣйшія вычисленія, съ той звѣздочкой, которую онъ наблюдалъ 11 августа, была именно спутникомъ Марса. Когда онъ 17 августа внимательно слѣдилъ за этимъ спутникомъ, онъ открылъ еще второго, болѣе близкаго къ планетѣ, который въ слѣдующіе дни дѣлался для него все болѣе и болѣе загадочнымъ; въ самомъ дѣлѣ, онъ въ одну и ту же ночь появлялся съ разныхъ сторонъ отъ Марса, и Холь вначалѣ даже думалъ, что существуютъ два или три внутреннихъ спутника, такъ какъ ему, конечно, представлялось весьма невѣроятнымъ, чтобы время обращенія спутника около планеты было короче времени вращенія планеты около оси. Поэтому 20 и 21 августа онъ слѣдилъ за Марсомъ въ теченіе цѣлой ночи и такимъ образомъ убѣдился, что существуетъ только одинъ внутренній спутникъ, и что время обращенія его около Марса приблизительно въ три раза короче времени вращенія Марса около оси,—случай, единственный въ нашей солнечной системѣ.

Изъ различныхъ именъ, предложенныхъ для новыхъ небесныхъ тѣлъ, Холь выбралъ для внѣшняго спутника имя Деймоса и для внутренняго имя Фобоса,—имена, на которыя обратилъ вниманіе Маданъ изъ Этона, такъ какъ, согласно съ греческой миѳологіей, Деймосъ и Фобосъ, олицетворявшіе собой страхъ и ужасъ, были сыновьями и обычными спутниками бога войны Ареса (Марса) и запрягали ему лошадей, какъ только онъ собирался принять участіе въ смертельной битвѣ. Такъ, Гомеръ слѣдующимъ образомъ описываетъ тотъ моментъ, когда Аресъ собирался ворваться въ ряды грековъ, чтобы отмстить за смерть своего сына Аскалафа:

Рекъ, и тогдажъ повелѣлъ онъ и Страху, и Ужасу коней
Впрячь; а самъ покрывался оружіемъ пламеннозарнымъ.
(Иліада, XV).

Когда открытіе спутниковъ Марса сдѣлалось извѣстнымъ, и именно послѣ того какъ Холь вычислилъ первыя эфемериды этихъ спутниковъ, съ этими небесными тѣлами случилось совершенно то же самое, что на два десятилѣтія раньше имѣло мѣсто относительно спутника Сиріуса: чтобы открыть ихъ, для этого требовались наибольшіе изъ существовавшихъ въ то время рефракторовъ, а разъ они уже были открыты, то ихъ легко можно было видѣть при помощи гораздо меньшихъ инструментовъ. Такъ, спутники Марса тоже были найдены на обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа въ Кембриджѣ (въ Сѣв. Америкѣ) при помощи рефрактора Мерца съ объективомъ въ 38 сантиметровъ и въ Глазговѣ (въ Сѣвер. Америкѣ) при помощи рефрактора Кларка съ объективомъ въ 31 см.; а Деймоса Вентвортъ Эркъ въ Шерринтонѣ въ Ирландіи наблюдалъ даже при помощи трубы Кларка съ объективомъ въ 19 см., причемъ онъ посредствомъ діафрагмы уменьшалъ отверстіе объектива до $12^1/_3$ см. Точно также Трувело нѣсколько разъ видѣлъ Деймоса при помощи принадлежащей Гарвардскому Колледжу трубы съ объективомъ въ 16 сантиметровъ. Впрочемъ, что касается послѣднихъ наблюденій, то они свидѣтельствуютъ не только о превосходныхъ качествахъ инструментовъ, которыми пользовались наблюдатели, но также о совершенно необыкновенной чувствительности глаза наблюдателей къ слабымъ свѣтовымъ впечатлѣніямъ. Но это нисколько не противорѣчитъ тому, что было сказано вначалѣ, такъ какъ одно дѣло—открыть слабый предметъ, и совершенно другое — отыскать его послѣ открытія, въ особенности, когда точно извѣстно мѣсто, гдѣ его надо искать. И здѣсь оказывается вѣрной вышеприведенная аналогія со спутниками Юпитера: лица, которыя при благопріятныхъ обстоятельствахъ могутъ видѣть того или другого изъ спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ, встрѣчаются, какъ мы ниже увидимъ (§ 122), не очень рѣдко;

но, несмотря на это, можно съ полною увѣренностью утверждать, что спутники Юпитера никогда не могли бы быть открыты безъ помощи зрительной трубы.

§ 121. **Размѣры спутниковъ Марса и ихъ движеніе.** Еще въ 1877 году Холь и другіе наблюдатели пытались опредѣлить видимую яркость спутниковъ Марса черезъ сравненіе ихъ съ слабыми звѣздами, которыя Марсъ встрѣчалъ на своемъ пути, и нашли, что эти спутники по яркости должны быть отнесены къ звѣздамъ 12-й величины. Такимъ образомъ вполнѣ ясно, что трудность ихъ наблюденія обусловливается исключительно ихъ близостью къ черезчуръ яркой главной планетѣ. Къ тому же результату мы приходимъ также на основаніи слѣдующихъ соображеній. Изъ согласныхъ между собою наблюденій различныхъ лицъ оказывается, что Фобосъ замѣтнымъ образомъ ярче Деймоса, какъ въ этомъ легко можно убѣдиться, сравнивая ихъ между собою тогда, когда оба спутника находятся близко одинъ отъ другого. Кромѣ того, это слѣдуетъ также и изъ того, что Фобоса можно наблюдать при меньшихъ разстояніяхъ отъ планеты, чѣмъ Деймоса. Но, несмотря на это, наблюдать Фобоса вообще гораздо труднѣе, чѣмъ Деймоса, такъ какъ онъ даже при наибольшемъ удаленіи отъ Марса, такъ сказать, затмѣвается блескомъ этой планеты.

Наиболѣе обстоятельныя измѣренія яркости спутниковъ Марса были произведены директоромъ обсерваторіи при Гарвардскомъ Колледжѣ, Э. Пикерингомъ, и на основаніи его наблюденій для средней яркости этихъ спутниковъ во время оппозиціи можно принять слѣдующія величины:

Фобосъ	12,0
Деймосъ	12,3

Плоскости орбитъ спутниковъ Марса почти вполнѣ совпадаютъ съ плоскостью экватора самой планеты. Принимая положеніе этого экватора согласно съ новѣйшими опредѣленіями Скіапарелли, мы получаемъ для опредѣленія положенія плоскостей орбитъ спутниковъ Марса слѣдующія величины, отнесенныя къ равноденствію и къ эклиптикѣ 1877 г.:

	Долгота восх. угла.	Наклонность.
Экваторъ Марса	$84^0 28'$	$26^0 21'$
Орбита Фобоса	$82^0 55'$	$26^0 17'$
Орбита Деймоса	$85^0 32'$	$25^0 47'$

По своимъ размѣрамъ спутники Марса занимаютъ среди остальныхъ спутниковъ приблизительно такое же мѣсто, какое астероиды занимаютъ среди остальныхъ планетъ. Если мы, на основаніи изслѣдованій Цельнера, примемъ, что во время оппозиціи Марсъ въ среднемъ въ восемь разъ ярче звѣзды первой величины—Капеллы, то изъ вышеприведенныхъ данныхъ относительно яркости спутниковъ слѣдуетъ, что Марсъ превосходитъ по яркости Фобоса въ 508000 разъ и Деймоса въ 655000 разъ. Полагая далѣе, что отражательная способность спутника равна отражательной способности главной планеты, мы отсюда выводимъ, что діаметры Фобоса и Деймоса соотвѣтственно равны 0,0014 и 0,0012 діаметра Марса. Принимая же для діаметра Марса 6750 километровъ, мы находимъ, что діаметръ Фобоса равенъ 9,4 километрамъ, а діаметръ Деймоса 8,1 километрамъ, или, соотвѣтственно, 1,3 и 1,1 географическимъ милямъ. Сообразно съ этимъ, весьма малы должны быть также и видимые размѣры этихъ спутниковъ, если наблюдать ихъ съ поверхности Марса, несмотря на то, что они находятся такъ близко къ планетѣ. Именно, изъ центра Марса Фобосъ усматривается подъ угломъ въ $3,6'$, а Деймосъ подъ угломъ въ $1,2'$. Поэтому діаметръ Деймоса, усматриваемый съ Марса, въ $24^1/_2$ раза меньше, чѣмъ діаметръ луны, усматриваемый съ земли, и, слѣдовательно, поверхность Деймоса, усматриваемая съ Марса, въ 600 разъ меньше поверхности луны, усматриваемой съ земли. Поэтому, жители Марса, если только они не обладаютъ болѣе острымъ зрѣніемъ, чѣмъ мы, не могутъ невооруженнымъ глазомъ видѣть фазъ Деймоса, совершенно такъ же, какъ мы

не видимъ фазъ Венеры. При такихъ условіяхъ едва ли надо доказывать, что освѣщеніе ночей Марса не составляетъ главной цѣли его спутниковъ.

Но что самое замѣчательное въ системѣ Марса, это—весьма короткое время обращенія Фобоса около центральной планеты. Именно, Фобосъ описываетъ полный кругъ около Марса въ 7,65 часовъ, между тѣмъ какъ Марсъ совершаетъ полный оборотъ около оси въ 24,62 часовъ; поэтому выраженное въ угловой мѣрѣ ареоцентрическое *) движеніе Фобоса въ одинъ часъ составляетъ $47{,}06^0$, ареоцентрическое же движеніе какого-нибудь пункта на поверхности Марса въ тотъ же промежутокъ времени составляетъ только $14{,}62^0$, и, слѣдовательно, движеніе Фобоса, усматриваемое изъ какого-нибудь пункта на поверхности Марса, въ часъ составляетъ $47{,}06^0 - 14{,}62^0 = 32{,}44^0$, а въ 24,62 часовъ 800^0, т.-е. приблизительно $2^1/_4$ полныхъ оборота. Поэтому въ любомъ пунктѣ на поверхности Марса наблюдателю должно казаться, что Фобосъ въ теченіе сутокъ совершаетъ около планеты болѣе двухъ оборотовъ. Кромѣ того, близость спутника къ главной планетѣ влечетъ за собою, какъ слѣдствіе, еще другое замѣчательное явленіе. Весьма нетрудно сообразить, что свѣтило, проходящее во время кульминаціи черезъ зенитъ какого-нибудь наблюдателя, находящагося на поверхности земного шара, во время восхода или захода отстоитъ отъ такого наблюдателя приблизительно на величину земного радіуса дальше, чѣмъ во время кульминаціи. То же самое, конечно, должно имѣть мѣсто также и на Марсѣ, и такъ какъ разстояніе Фобоса отъ центра главной планеты составляетъ только 2,8 радіуса Марса, то въ тѣхъ мѣстахъ, въ которыхъ Фобосъ во время кульминаціи находится въ зенитѣ, его разстояніе отъ наблюдателя во время восхода относится къ разстоянію во время кульминаціи какъ 2,8 къ 1,8 или какъ 14 къ 9; видимые же размѣры и яркость Фобоса во время восхода и во время кульминаціи относятся какъ квадраты этихъ чиселъ, т.-е. приблизительно какъ 5 къ 2. Благодаря этому обстоятельству, въ связи съ вышеупомянутымъ быстрымъ движеніемъ Фобоса, этотъ послѣдній долженъ представлять для жителей Марса весьма своеобразное зрѣлище. Въ самомъ дѣлѣ, имъ кажется, что Фобосъ весьма быстро движется навстрѣчу остальнымъ звѣздамъ, и, слѣдовательно, восходитъ на западѣ, а заходитъ на востокѣ. Далѣе, большое различіе его разстояній отъ нѣкотораго пункта на поверхности Марса во время кульминаціи и во время восхода или захода служитъ причиной того, что Фобосъ является для жителей Марса перемѣнной звѣздой.

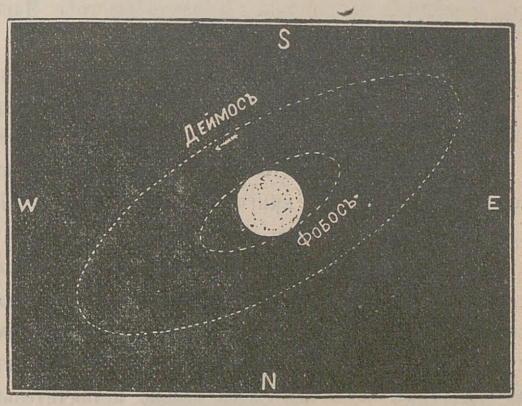


Рис. 171.

Менѣе замѣчательнымъ представляется для жителей Марса движеніе Деймоса: онъ совершаетъ полный оборотъ около планеты приблизительно въ 5 дней.

Напротивъ того, самъ Марсъ представляетъ для жителей Деймоса и Фобоса ни съ чѣмъ несравнимую, поистинѣ великолѣпную и величественную картину. Съ Фобоса Марсъ усматривается въ видѣ диска, діаметръ котораго равенъ $42^1/_2{}^0$ и, слѣдовательно, въ 82 раза больше видимаго съ земли діаметра солнца или луны. Поверхность же Марса,

*) Слово «ареоцентрическій» обозначаетъ: усматриваемый изъ центра Марса.
Переводчикъ.

видимая съ Фобоса, въ 6700 разъ больше поверхности солнца, усматриваемой съ земли. И это гигантское тѣло два раза въ сутки проходитъ черезъ всѣ фазы, черезъ которыя наша луна проходитъ только въ теченіе мѣсяца! Съ Деймоса діаметръ Марса усматривается подъ угломъ, равнымъ $16^1/_2{}^0$, и, слѣдовательно, все еще въ 32 раза превосходитъ діаметръ луны, видимый съ поверхности земли; поверхность же Марса, усматриваемая съ Деймоса, въ 1000 разъ больше поверхности луны, усматриваемой съ нашей земли.

Орбита Фобоса обладаетъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ, и его линія апсидъ быстро вращается въ плоскости орбиты. Г. Струве на основаніи своихъ собственныхъ наблюденій, произведенныхъ въ 1894 году, въ связи съ вашингтонскими наблюденіями 1877, 1879 и 1886 гг., нашелъ, что линія апсидъ Фобоса ежегодно поворачивается на 158^0. Такое движеніе линіи апсидъ обусловливается сжатіемъ главной планеты, и, слѣдовательно, это сжатіе можетъ быть опредѣлено по движенію линіи апсидъ. Основанныя на этихъ соображеніяхъ вычисленія Г. Струве дали для сжатія Марса $\frac{1}{190}$. Слѣдовательно, сжатіе Марса гораздо значительнѣе сжатія земли, несмотря на то, что эта послѣдняя вращается нѣсколько быстрѣе Марса. Это обстоятельство указываетъ на то, что для Марса плотность вещества, изъ котораго онъ состоитъ, по мѣрѣ приближенія къ центру увеличивается медленнѣе, чѣмъ для земли.

Орбита Деймоса обладаетъ довольно незначительнымъ эксцентриситетомъ. Годовое движеніе линіи апсидъ этого спутника составляетъ приблизительно $6{,}4^0$.

Остальные элементы спутниковъ Марса читатель можетъ найти въ таблицахъ, приложенныхъ въ концѣ книги. * На рис. 171 изображены орбиты Фобоса и Деймоса такъ, какъ онѣ представлялись съ земли въ 1888 г. *

Въ заключеніе этого параграфа считаемъ своимъ долго напомнить нашимъ читателямъ, что спутники Марса доставляютъ намъ прекрасное средство для опредѣленія массы Марса, которая на основаніи возмущеній, производимыхъ этой планетой въ движеніи другихъ планетъ и особенно въ движеніи земли, не можетъ быть вычислена съ достаточною точностью, такъ какъ эта масса весьма незначительна, и потому обусловливаемыя дѣйствіемъ Марса возмущенія также весьма незначительны.

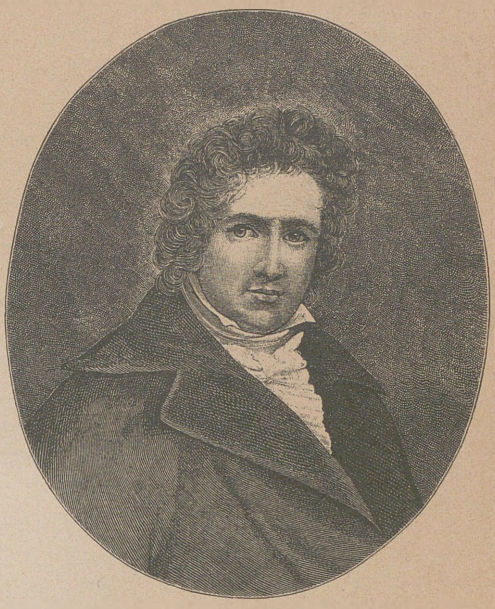
II. Спутники Юпитера.

§ 122. **Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера.** Юпитеръ окруженъ пятью спутниками, изъ которыхъ первые четыре были открыты Галилеемъ въ 1610 г. въ самомъ непродолжительномъ времени послѣ изобрѣтенія трубы, между тѣмъ какъ пятый вслѣдствіе чрезвычайной его слабости и вслѣдствіе его близости къ главной планетѣ былъ найденъ лишь въ самое новѣйшее время. Сообразно съ этимъ сначала мы будемъ говорить о четырехъ старыхъ спутникахъ Юпитера и только уже послѣ этого перейдемъ къ пятому.

Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера составляетъ весьма замѣчательную эпоху въ исторіи астрономіи. Въ самомъ дѣлѣ, этимъ спутникамъ мы обязаны первымъ астрономическимъ рѣшеніемъ вопроса объ опредѣленіи долготы на морѣ, вопроса, представляющаго собою одну изъ самыхъ важныхъ и самыхъ полезныхъ задачъ, которыя человѣческій умъ когда-либо предлагалъ себѣ для разрѣшенія. Кромѣ того, мы съ полнымъ правомъ можемъ считать, что съ открытіемъ этихъ четырехъ небесныхъ тѣлъ мы получили послѣднее и самое блестящее подтвержденіе истинности системы Коперника, такъ какъ эти тѣла, вмѣстѣ съ своей главной планетой, представляютъ, такъ сказать, миніатюрное изображеніе нашей солнечной системы, изображеніе, въ которомъ отражаются какъ въ зеркалѣ три закона Кеплера (часть I, глава VIII) и вслѣдствіе этого также и законъ всемірнаго тяготѣнія и въ которомъ въ нѣсколько мѣсяцевъ можно прослѣдить всѣ періодическія движенія, полное развитіе которыхъ въ нашей солнечной системѣ требуетъ



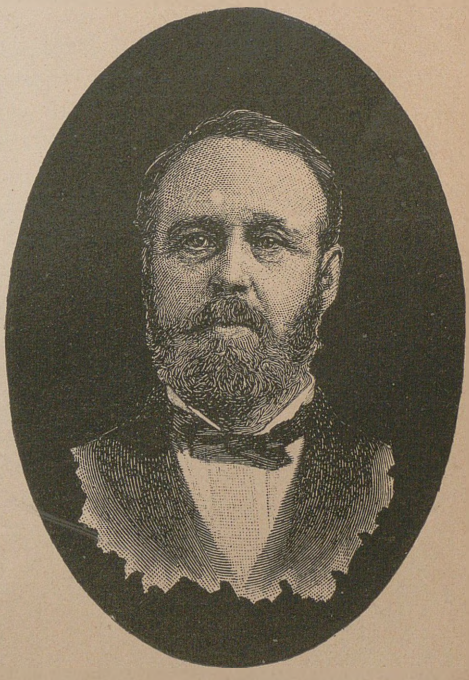
Галилей (1564—1642).



Бессель (1784—1846).



В. Я. Струве (1793—1864).



Азафъ Холль.

многихъ сотенъ лѣтъ. Но этого мало. Природа, такъ сказать, питаетъ къ этимъ маленькимъ свѣтлымъ точкамъ особенное пристрастіе, и потому она постаралась отмѣтить ихъ въ исторіи астрономіи значительнымъ обиліемъ интереснѣйшихъ штриховъ: и, дѣйствительно, кромѣ всего вышеупомянутаго спутникамъ Юпитера мы обязаны еще опредѣленіемъ скорости свѣта (часть I, § 46).

Часто возбуждался споръ относительно того, можно ли видѣть спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ. Опыты Араго съ зрительными трубами безъ увеличенія, т.-е. съ такими трубами, которыя, не увеличивая предметовъ, представляютъ собою болѣе совершенный глазъ, чѣмъ глазъ наблюдателя, показали, что это вполнѣ возможно, и въ дѣйствительности многіе наблюдатели говорятъ о такой возможности. Такъ, напримѣръ, Штоддартъ подъ знаменитымъ своею ясностью небомъ Персіи могъ свободно видѣть спутниковъ Юпитера невооруженнымъ глазомъ во время сумерекъ, но только въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, когда спутники были достаточно яркими, сама же планета еще не сдѣлалась настолько блестящей, чтобы затмить ихъ своими лучами. Точно также Деннингъ въ Бристолѣ, задерживая боковые лучи Юпитера, могъ видѣть третьяго и четвертаго спутниковъ его безъ помощи зрительной трубы. По наблюденіямъ Энгельмана, которыя очень хорошо согласуются съ новѣйшими измѣреніями Пикеринга, спутники Юпитера по яркости принадлежатъ къ звѣздамъ слѣдующихъ величинъ:

Спутникъ	Яркость
Первый	5,5
Второй	5,7
Третій	5,3
Четвертый	6,3

Слѣдовательно, если бы вблизи ихъ не было яркой планеты, то, по крайней мѣрѣ первые три спутника, въ дѣйствительности совершенно свободно могли бы быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ. Поэтому вполнѣ понятно, что ихъ можно отчетливо видѣть уже при помощи весьма незначительныхъ зрительныхъ трубъ и даже при помощи обыкновеннаго бинокля.

Галилей, открывшій спутниковъ Юпитера, предложилъ для нихъ названіе Medicea Sidera, но его предложеніе не было принято. Въ 1688 г. въ «Philosophical Transactions» было напечатано сообщеніе о затмѣніи первыхъ трехъ спутниковъ Юпитера и при этомъ было предложено назвать ихъ именами Паллады, Юноны и Ѳемиды, но это предложеніе также не было принято. Во всеобщее же употребленіе вошло обозначеніе спутниковъ римскими цифрами I, II, III и IV по порядку, начиная съ ближайшаго къ планетѣ. Когда былъ открытъ пятый спутникъ Юпитера, то англійскими астрономами былъ снова поднятъ вопросъ о наименованіи этихъ тѣлъ, и въ «Nautical Almanac» на 1896 г. были приняты для старыхъ четырехъ спутниковъ имена: Іо, Европа, Ганимедъ и Калисто; но введеніе этихъ именъ, кажется, не встрѣтило сочувствія среди остальныхъ астрономовъ.

§ 123. **Затмѣнія спутниковъ Юпитера и ихъ прохожденія передъ дискомъ планеты.** Пусть S представляетъ солнце (рис. 172), I—планету Юпитеръ, ABC—орбиту земли и $abcd$—орбиту какого-нибудь спутника Юпитера, причемъ какъ земля, такъ и спутникъ Юпитера двигаются съ запада на востокъ или въ направленіи ABC и abc. Когда спутникъ находится въ части ab своей орбиты, т.-е. вблизи конуса тѣни cNd, которую Юпитеръ, освѣщаемый солнцемъ, отбрасываетъ въ сторону, противоположную солнцу, то онъ исчезаетъ для нашихъ глазъ, какъ только вступаетъ въ эту тѣнь, и въ это время для жителей Юпитера наступаетъ затмѣніе его спутника. Когда же спутникъ находится въ части cd своей орбиты, между солнцемъ и главной планетой, то онъ самъ отбрасываетъ тѣнь на планету и такимъ образомъ служитъ причиной солнечнаго затмѣнія. Такого

рода явленія по отношенію къ спутникамъ Юпитера называются ихъ прохожденіями передъ дискомъ планеты.

Такимъ образомъ ясно, что затмѣнія спутниковъ Юпитера, въ общемъ, вполнѣ аналогичны съ затмѣніями нашей луны (часть I, §§ 100 и 102), хотя въ нѣкоторыхъ подробностяхъ первыя существенно отличаются отъ послѣднихъ. Вслѣдствіе очень большого разстоянія, отдѣляющаго Юпитеръ отъ солнца, и вслѣдствіе необыкновенно огромныхъ размѣровъ этой планеты конусъ тѣни, отбрасываемый ею въ сторону, противоположную солнцу, гораздо длиннѣе и гораздо шире, чѣмъ конусъ тѣни, отбрасываемый землею. Кромѣ того, размѣры спутниковъ по отношенію къ Юпитеру гораздо меньше, чѣмъ размѣры нашей луны по отношенію къ землѣ, плоскости ихъ орбитъ наклонены къ плоскости орбиты Юпитера подъ гораздо меньшими углами, чѣмъ уголъ наклоненія лунной орбиты къ плоскости эклиптики, и, наконецъ, размѣры ихъ орбитъ также весьма малы сравнительно съ размѣрами орбиты нашей луны. На этомъ основаніи три ближайшіе къ планетѣ спутника Юпитера проходятъ черезъ конусъ тѣни всякій разъ, какъ они въ части ab своей орбиты бываютъ для наблюдателя, находящагося на Юпитерѣ, въ противостояніи съ солнцемъ, иначе говоря, эти три луны Юпитера затмѣваются во время каждаго полнолунія.

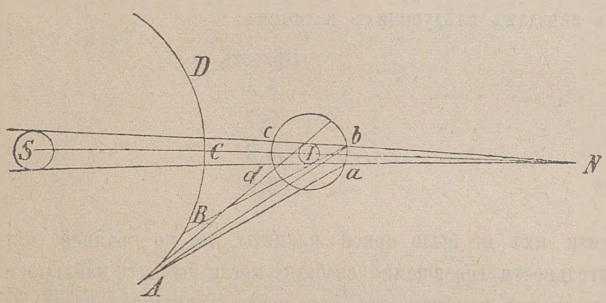


Рис. 172.

Даже четвертый спутникъ, который можетъ иногда проходить выше или ниже этого конуса тѣни, все же по большей части, и въ этомъ случаѣ касается его. Но самая главная разница между затмѣніями спутниковъ Юпитера и затмѣніями нашей луны для насъ состоитъ въ томъ, что мы затмѣнія спутниковъ наблюдаемъ не изъ центра ихъ движенія, какъ затмѣнія луны, а изъ нѣкоторой точки A, B или C, которая, находясь на земной орбитѣ, не лежитъ на прямой линіи, проходящей черезъ центры солнца, планеты и спутника. Поэтому ось IN конуса тѣни въ различныя времена принимаетъ различныя положенія относительно линіи зрѣнія AI, BI или CI, проходящей черезъ землю и Юпитеръ. Абсолютные моменты, въ которые происходятъ начало и конецъ затмѣнія спутниковъ Юпитера, собственно должны быть одни и тѣ же, гдѣ бы ни находился наблюдатель. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ во время этихъ затменій спутники дѣйствительно лишаются свѣта, получаемаго ими отъ солнца, то изъ любого пункта наблюдатель долженъ видѣть эти явленія въ одинъ и тотъ же абсолютный моментъ.

Но зато различныя обстоятельства имѣютъ весьма большое вліяніе на видимость этихъ явленій. Спутникъ затмѣвается въ тотъ моментъ, когда онъ въ точкѣ a вступаетъ въ конусъ тѣни, отбрасываемой Юпитеромъ; но, тѣмъ не менѣе, исчезаетъ для насъ онъ не мгновенно, а лишь постепенно, такъ какъ сначала онъ вступаетъ въ конусъ полутѣни и затѣмъ вслѣдствіе своего болѣе или менѣе значительнаго діаметра онъ и въ конусъ тѣни погружается не сразу, а требуетъ для этого нѣкотораго, хотя и небольшого промежутка времени. Время полнаго потуханія его свѣта равняется промежутку времени, въ теченіе котораго спутникъ проходитъ по своей орбитѣ дугу, по величинѣ равную его діаметру. Въ дѣйствительности же, это время даже еще больше, такъ какъ предварительно спутникъ проходитъ черезъ конусъ полутѣни, который опредѣляется двумя прямыми линіями, касающимися какъ солнца, такъ и Юпитера и пересѣкающимися гдѣ-нибудь между этими тѣлами. То же самое должно имѣть мѣсто и при концѣ затмѣнія, когда луна въ точкѣ b выходитъ изъ конуса тѣни. Поэтому весьма трудно точно отмѣтить какъ начало,

такъ и конецъ затмѣнія спутника, и ясно, что зоркость глаза, качества зрительной трубы, а также прозрачность атмосферы могутъ оказывать весьма значительное вліяніе на наблюденія этихъ затмѣній. Поэтому, чтобы по возможности устранить вліяніе этихъ неблагопріятныхъ обстоятельствъ, никогда не слѣдуетъ ограничиваться наблюденіемъ одного только начала затмѣнія или одного только его конца, но, если только позволяютъ обстоятельства, необходимо одной и той же трубой наблюдать оба эти момента и затѣмъ брать среднее ариѳметическое изъ нихъ, чтобы такимъ образомъ получить тотъ моментъ когда спутникъ находился на оси конуса IN или, иначе говоря, былъ въ противостояніи съ солнцемъ.

При одномъ взглядѣ на рис. 172 мы видимъ, что до противостоянія Юпитера съ солнцемъ, т.-е. въ то время, когда земля находится въ точкѣ A или къ западу отъ оси SIN конуса тѣни, эти затмѣнія происходятъ на западной сторонѣ Юпитера. Противостояніе Юпитера имѣетъ мѣсто тогда, когда земля находится въ точкѣ C, т.-е. на самой оси конуса тѣни. Чѣмъ ближе къ этой точкѣ C подходитъ земля, тѣмъ болѣе линіи зрѣнія Aa, Ba и т. д. приближаются къ совпаденію съ осью тѣни IN, тѣмъ меньше становится уголъ, составляемый линіями Aa и IN, и тѣмъ ближе къ западному краю Юпитера происходитъ вступленіе спутника къ конусъ тѣни. Когда земля приходитъ въ положеніе B, при которомъ линія Bb, соединяющая землю съ спутникомъ въ моментъ его выхода изъ конуса тѣни, касается западнаго края планеты, то этотъ выходъ спутника изъ тѣни, для наблюдателя, находящагося на землѣ, долженъ имѣть мѣсто въ точности на западномъ краю Юпитера, и потому ни въ этотъ день, ни въ слѣдующіе дни, когда выходъ спутника изъ конуса тѣни совершается за дискомъ Юпитера, мы конца затмѣнія видѣть не можемъ. Спустя еще нѣкоторое время мы не будемъ видѣть вступленія спутника въ конусъ тѣни въ точкѣ a, такъ какъ оно для наблюдателя, находящагося на землѣ, будетъ происходить за планетой.

До противостоянія Юпитера съ солнцемъ, т.-е. въ такое время, когда планета проходитъ черезъ меридіанъ послѣ полуночи, отбрасываемый Юпитеромъ конусъ тѣни располагается для насъ къ западу отъ планеты, а послѣ оппозиціи къ востоку отъ нея. Поэтому въ первомъ случаѣ мы видимъ вступленіе спутника въ тѣнь на западной сторонѣ Юпитера, а во второмъ—выходъ спутника изъ тѣни на восточной, между тѣмъ какъ выступленіе изъ тѣни на восточной и соотвѣтственно вступленіе на западной сторонѣ остаются для насъ невидимыми, такъ какъ они происходятъ за дискомъ планеты. Въ серединѣ промежутка между противостояніемъ и соединеніемъ Юпитера съ солнцемъ, когда онъ отстоитъ отъ солнца на 90°, и когда поэтому онъ проходитъ черезъ меридіанъ въ 6 часовъ утра или въ 6 часовъ вечера, конусъ тѣни располагается къ востоку или къ западу, и та часть конуса, черезъ которую проходятъ два крайніе спутника, отстоитъ отъ планеты настолько далеко, что ни вступленіе спутника въ тѣнь, ни его выступленіе изъ тѣни не заслоняются отъ насъ тѣломъ Юпитера, и потому въ этомъ случаѣ мы можемъ наблюдать какъ начало, такъ и конецъ затмѣнія упомянутыхъ выше спутниковъ. Два же другихъ спутника настолько близко находятся къ главной планетѣ, что до противостоянія можно наблюдать только ихъ вступленіе въ тѣнь, а послѣ противостоянія только выходъ изъ тѣни.

Совершенно другое явленіе происходитъ тогда, когда спутникъ приходитъ на своей орбитѣ въ точку c и такимъ образомъ располагается между солнцемъ и планетой. Въ такомъ случаѣ съ земли онъ представляется въ видѣ круглаго пятна, двигающагося по диску планеты, и начало этого явленія происходитъ въ тотъ моментъ когда спутникъ вступаетъ на линію, соединяющую землю, находящуюся въ точкахъ A, B или C, съ восточнымъ краемъ планеты. Это явленіе для жителей Юпитера можетъ быть названо солнечнымъ затмѣніемъ, если мы вышеописанныя явленія будемъ разсматривать какъ лунныя

затмѣнія. Въ самомъ дѣлѣ въ этомъ случаѣ спутникъ, находящійся гдѣ-нибудь въ пространствѣ *cd*, самъ отбрасываетъ конусъ тѣни въ сторону, противоположную Юпитеру, и вслѣдствіе этого затемняетъ для его жителей солнечный свѣтъ. Въ это время мы видимъ на поверхности Юпитера еще второе черное пятно такой же величины, которое предшествуетъ спутнику, если затмѣніе происходитъ до противостоянія Юпитера съ солнцемъ, и слѣдуетъ за нимъ, когда затмѣніе имѣетъ мѣсто послѣ противостоянія. Это есть тѣнь спутника, которая перемѣщается по поверхности Юпитера во время затмѣнія. * На рисункѣ 173 черное пятно въ центральной части диска есть только-что упомянутая тѣнь спутника, самый же спутникъ проектируется въ видѣ темнаго пятна недалеко отъ лѣваго края планеты. *

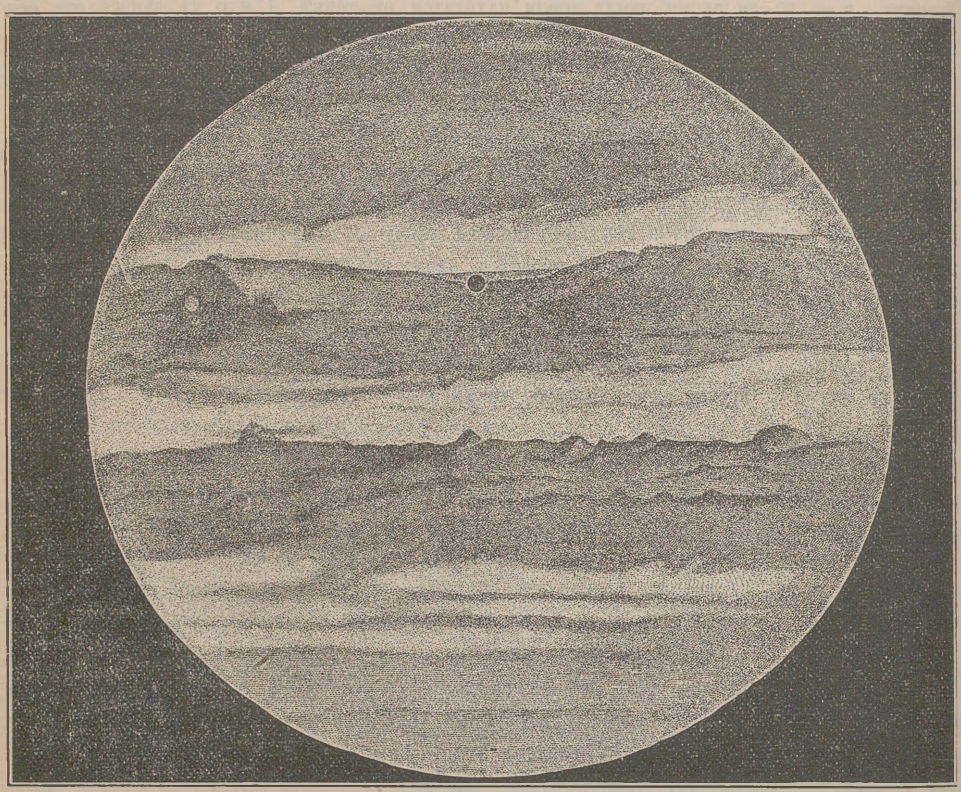


Рис. 173.

§ 124. **Замѣчательное соотношеніе между движеніями спутниковъ Юпитера.** Сравнивая среднія долготы трехъ ближайшихъ къ Юпитеру спутниковъ, мы убѣждаемся въ томъ, что, складывая для любого момента іовицентрическую *) среднюю долготу перваго или ближайшаго спутника съ удвоенной долготой третьяго и вычитая изъ этой суммы утроенную долготу второго, мы всегда получаемъ 180°. Вслѣдствіе этого затмѣнія первыхъ трехъ спутниковъ Юпитера никогда не могутъ происходить одновременно. Въ самомъ дѣлѣ, когда второй и третій спутники усматриваются съ Юпитера въ одной и той же части небесной сферы, то, вслѣдствіе вышеуказаннаго соотношенія, первый спутникъ долженъ на-

*) Слово «іовицентрическій» означаетъ: усматриваемый изъ центра Юпитера.
Переводчикъ.

ходиться въ противоположной части; поэтому, если первый спутникъ затмѣвается, то два другихъ спутника должны находиться между солнцемъ и Юпитеромъ и, слѣдовательно, должны отбрасывать тѣнь на планету, и обратно. Но при извѣстномъ положеніи спутниковъ относительно планеты можетъ случиться, что наблюдатель, находящійся на поверхности земли, не увидитъ ни одного изъ нихъ, и въ этотъ моментъ Юпитеръ представляется безъ спутниковъ. По изслѣдованіямъ Д'Арре, это явленіе, замѣченное впервые, насколько извѣстно, астрономомъ Молине 2 ноября 1681 г. по старому стилю, повторяется приблизительно черезъ каждыя 25 лѣтъ. Довесъ наблюдалъ это явленіе 27 сентября 1843 года; затѣмъ оно имѣло мѣсто утромъ 15 ноября 1868 года и утромъ же 15 октября 1893 года.

Вышеуказанное соотношеніе можетъ быть выражено еще такимъ образомъ: для любого промежутка времени сумма сидерическаго движенія перваго спутника и удвоеннаго сидерическаго движенія третьяго равняется утроенному сидерическому движенію второго. Отсюда между прочимъ вытекаетъ, что продолжительность 247 синодическихъ обращеній перваго спутника равна продолжительности 123 обращеній второго и 61 обращенія третьяго и составляетъ 437 сутокъ 3 часа 40 минутъ, какъ это впервые было указано Брадлеемъ.

§ 125. **Примѣненіе вышеуказаннаго соотношенія къ астрономическимъ изслѣдованіямъ.** Благодаря наблюденіямъ затмѣній спутниковъ Юпитера не только была опредѣлена, какъ это было объяснено раньше (ч. I, § 46), скорость свѣта, но этимъ же наблюденіямъ мы обязаны также знаніемъ по крайней мѣрѣ приближеннаго разстоянія отъ Юпитера до солнца. Дѣйствительно, въ моментъ, соотвѣтствующій серединѣ затмѣнія, спутникъ, усматриваемый изъ центра Юпитера, находится приблизительно въ противостояніи съ солнцемъ, т.-е. его іовицентрическая долгота равняется геліоцентрической долготѣ Юпитера, которую мы можемъ взять изъ таблицъ движенія (часть I, § 83) этой планеты. Подобнымъ же образомъ таблицы движенія солнца даютъ намъ геліоцентрическую долготу земли для того же момента. Поэтому, въ треугольникѣ, вершинами котораго служатъ: солнце, земля и Юпитеръ, мы знаемъ уголъ при солнцѣ, равный разности геліоцентрическихъ долготъ Юпитера и земли, и кромѣ того уголъ при землѣ, получающійся непосредственно изъ наблюденій. Поэтому зная разстояніе отъ земли до солнца или принимая его за единицу, мы можемъ вычислить также разстояніе отъ Юпитера до солнца (ч. I, § 39).

Наконецъ, этими затмѣніями мы можемъ съ большимъ удобствомъ воспользоваться для опредѣленія географической долготы мѣстъ наблюденія на поверхности земного шара. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ во время этихъ затмѣній спутники Юпитера, вступая въ тѣнь, отбрасываемую главной планетой, подобно лунѣ во время нашихъ лунныхъ затмѣній (часть I, § 100), дѣйствительно лишаются того свѣта, который они получаютъ отъ солнца, то начало или конецъ такого затмѣнія долженъ наблюдаться въ одинъ и тотъ же абсолютный моментъ во всѣхъ мѣстахъ земного шара. Поэтому, если въ двухъ какихъ-нибудь мѣстахъ каждый наблюдатель выражаетъ моментъ начала затмѣнія въ своемъ мѣстномъ времени, то стоитъ только составить разность этихъ мѣстныхъ временъ, чтобы тотчасъ же получить разность географическихъ долготъ обоихъ мѣстъ. Если, напримѣръ, такое затмѣніе наблюдалось въ Парижѣ въ $8^h\ 20^m\ 40^s$, а въ Вѣнѣ въ $9^h\ 16^m\ 50^s$, то разность географическихъ долготъ этихъ мѣстъ составляетъ $0^h\ 56^m\ 10^s$ или $14^o2'30''$, и на такую дугу Вѣна лежитъ восточнѣе Парижа. То же самое безъ всякихъ измѣненій относится и къ нашимъ луннымъ затмѣніямъ; но они случаются слишкомъ рѣдко, чтобы ими можно было пользоваться для опредѣленія разности долготъ по крайней мѣрѣ на морѣ, между тѣмъ какъ затмѣнія спутниковъ Юпитера наблюдаются, какъ уже выше было сказано (§ 123), весьма часто. Но для полученія болѣе точныхъ результатовъ слѣдуетъ пользоваться для этой цѣли только тѣми затмѣніями спутниковъ Юпитера, при которыхъ наблюдались моменты какъ вступленія спутника въ конусъ тѣни, такъ и выхода его изъ этого конуса.

Въ наше время, когда теорія и таблицы нашей луны доведены до высокой степени совершенства, для этой весьма важной для мореплаванія цѣли можно съ выгодой пользоваться наблюдаемыми угловыми разстояніями между луной и другими свѣтилами, не говоря уже о другихъ еще болѣе удобныхъ способахъ. Однако, въ то время, когда спутники Юпитера только-что были открыты, т.-е. въ началѣ XVII столѣтія, кромѣ затмѣній этихъ спутниковъ не было никакого другого способа для опредѣленія разности географическихъ долготъ двухъ далеко отстоящихъ другъ отъ друга мѣстъ, такъ какъ затмѣнія нашей луны, какъ уже было сказано, случаются слишкомъ рѣдко, чтобы оказать существенную пользу въ этомъ дѣлѣ на морѣ.

§ 126. **Элементы орбитъ четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера, размѣры и физическія свойства этихъ небесныхъ тѣлъ.** Наклонности плоскостей орбитъ этихъ спутниковъ къ плоскости орбиты главной планеты вообще заключаются между двумя и тремя градусами. Поэтому эти спутники представляются намъ всегда находящимися приблизительно на одной и той же прямой линіи, проходящей черезъ центръ Юпитера и параллельной полосамъ на поверхности этой планеты (§ 77).

Спутники Юпитера описываютъ около него эллипсы, эксцентриситеты которыхъ настолько малы, что только для двухъ крайнихъ спутниковъ возможно съ увѣренностью замѣтить уклоненіе ихъ орбитъ отъ круговыхъ линій.

Уже неоднократно дѣлались попытки опредѣлить размѣры этихъ сутниковъ и притомъ весьма различными способами. Такъ, еще въ 1693 г. Кассини пытался опредѣлить діаметры спутниковъ Юпитера по тому промежутку времени, который требуется для вступленія спутниковъ въ конусъ тѣни. Въ XVIII столѣтіи тѣмъ же вопросомъ занимались Маральди, Вистонъ, Бэли, Лаландъ, Шретеръ и Гардингъ, причемъ они, кромѣ того, воспользовались для этой цѣли также наблюденіями надъ продолжительностью вступленія спутниковъ на дискъ Юпитера во время ихъ прохожденій; а В. Гершель, помимо этого, сдѣлалъ попытку опредѣлить размѣры спутниковъ на основаніи непосредственныхъ измѣреній тѣни, отбрасываемой ими на дискъ планеты. Всѣ эти попытки достаточно хорошо согласуются съ новѣйшими измѣреніями. Изъ многочисленныхъ рядовъ измѣреній мы для сравненія приводимъ здѣсь только слѣдующіе: 1) измѣренія, произведенныя В. Струве въ 1829 г. при помощи Дерптскаго (Юрьевскаго) рефрактора; 2) измѣренія, произведенныя Энгельманомъ въ 1871 г. и основанныя отчасти на наблюденіяхъ микромегромъ, отчасти на наблюденіяхъ продолжительности вступленія спутниковъ на дискъ Юпитера при ихъ прохожденіяхъ; 3) измѣренія, произведенныя Барнардомъ въ 1894 г. при помощи большого рефрактора Ликской обсерваторіи; 4) непрямыя опредѣленія діаметровъ спутниковъ Юпитера, произведенныя Михельсономъ въ 1891 г. на основаніи явленій интерференціи, и 5) опредѣленія, произведенныя Никерингомъ въ 1879 г. на основаніи фотометрическихъ измѣреній. Результаты этихъ измѣреній, приведенные къ среднему разстоянію отъ Юпитера до солнца (5,20), даны въ слѣдующей табличкѣ:

Наблюдатель	Спутникъ I	II	III	IV
В. Струве	1,02″	0,91″	1,49″	1,27″
Энгельманъ	1,08	0,91	1,54	1,28
Барнардъ	1,05	0,87	1,52	1,43
Михельсонъ	1,02	0,94	1,37	1,31
Никерингъ	0,92	0,87	1,10	0,65

Если изъ этихъ результатовъ мы выберемъ тѣ, которые были получены Барнардомъ, то истинные діаметры спутниковъ по порядку должны равняться 3935, 3260, 5696 и 5369 километрамъ. Такимъ образомъ первый и второй спутники по величинѣ

лишь незначительно отличаются отъ нашей луны, между тѣмъ какъ діаметры третьяго и четвертаго спутниковъ нѣсколько больше, чѣмъ въ полтора раза превосходятъ діаметръ луны, а ихъ объемы приблизительно въ четыре раза больше объема луны. Изъ центра Юпитера ихъ діаметры представляются подъ слѣдующими углами: 32,3′, 16,5′, 18,1′ и 9,7′. Слѣдовательно, видимый діаметръ перваго спутника для жителей Юпитера имѣетъ приблизительно такую же величину, какую видимый діаметръ луны имѣетъ для жителей земли; діаметръ второго и третьяго приблизительно въ 2 раза, а діаметръ четвертаго приблизительно въ четыре раза меньше. Такъ какъ солнце представляется жителямъ Юпитера только подъ угломъ 6,2′, то для нихъ спутники Юпитера являются наиболѣе значительными небесными свѣтилами, а видимая поверхность этихъ спутниковъ соотвѣтственно въ 27, 7, 8 и 2 раза больше поверхности солнца.

Изъ измѣреній яркости спутниковъ Юпитера для діаметровъ перваго и второго спутниковъ выводятся величины, весьма удовлетворительно согласующіяся съ величинами, получающимися при помощи другихъ способовъ, а для третьяго и особенно для четвертаго получаются величины значительно меньшія. Это указываетъ на то, что отражательная способность (альбедо) двухъ первыхъ спутниковъ почти совершенно такая же, какъ и отражательная способность самого Юпитера, для двухъ же другихъ спутниковъ и особенно для четвертаго она значительно меньше. Эти заключенія подтверждаются также явленіями, наблюдаемыми во время прохожденій спутниковъ передъ дискомъ Юпитера. Четвертый спутникъ при своемъ вступленіи на край планетнаго диска кажется яркимъ, затѣмъ при дальнѣйшемъ движеніи начинаетъ блѣднѣть, наконецъ, совершенно исчезаетъ и только послѣ этого дѣлается снова видимымъ, но уже въ видѣ темнаго пятна. При выходѣ спутника съ диска Юпитера повторяются тѣ же самыя явленія, только въ обратномъ порядкѣ. Это объясняется отчасти тѣмъ, что края диска Юпитера обладаютъ меньшею яркостью, чѣмъ центральныя части; поэтому спутникъ кажется ярче, чѣмъ поверхность Юпитера около краевъ, но темнѣе, чѣмъ ея центральныя части. Кромѣ того, по изслѣдованіямъ Спитты, физіологическія причины, повидимому, еще усиливаютъ это впечатлѣніе. Третій спутникъ исчезаетъ гораздо рѣже и представляется въ видѣ темнаго пятна на дискѣ Юпитера только тогда, когда проходитъ черезъ свѣтлую полосу. Первый и второй спутники во время прохожденій еще ни разу не наблюдались въ видѣ темнаго пятна, но зато первый представляетъ другую особенность. Именно 8 сентября 1890 г., когда этотъ спутникъ проходилъ черезъ свѣтлую полосу Юпитера, онъ представлялся Барнарду двойнымъ; напротивъ того, 3-го августа 1891 г., при прохожденіи черезъ темную полосу, онъ имѣлъ видъ узкой бѣлой полоски. На рисункѣ 174 даны двѣ фигуры, изображающія оба эти явленія. При этомъ на каждой фигурѣ съ лѣвой стороны представлено самое явленіе въ томъ видѣ, какъ оно наблюдается, а съ правой данъ чертежъ, поясняющій явленіе. Барнардъ полагаетъ, что на дискѣ спутника совершенно такъ же, какъ и на дискѣ самого Юпитера, находится свѣтлая экваторіальная полоса и темныя полярныя области. Если спутникъ проходитъ черезъ свѣтлую полосу на дискѣ Юпитера, то при наблюденіяхъ съ помощью небольшой трубы и при безпокойныхъ изображеніяхъ экваторіальная полоса спутника теряется на свѣтломъ фонѣ планеты, и нашимъ глазамъ представляются темныя полярныя пятна въ видѣ двухъ совершенно отдѣленныхъ другъ отъ друга темныхъ пятенъ, вслѣдствіе чего спутникъ кажется намъ двойнымъ. Наоборотъ, на темной полосѣ Юпитера исчезаютъ полярныя области спутника, и въ такомъ случаѣ остается видимой только узкая экваторіальная полоса.

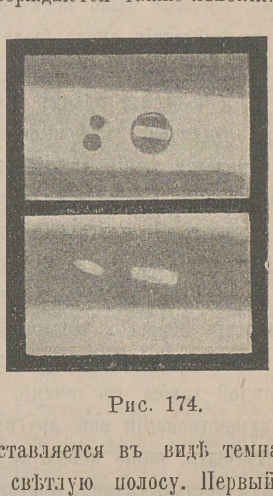


Рис. 174.

На поверхности другихъ трехъ спутниковъ Юпитера Секки, Барнардъ и Пикерингъ въ Ареквипѣ также неоднократно наблюдали пятна, которыя, однако, можно было видѣть лишь съ большимъ трудомъ и которыя, можетъ-быть, съ теченіемъ времени подвергаются измѣненіямъ. Нѣкоторые наблюдатели, какъ-то: Шеберле, Гольденъ и особенно Пикерингъ, полагаютъ, что имъ неоднократно удавалось замѣчать, будто спутники Юпитера періодически, черезъ извѣстные промежутки времени, принимаютъ эллиптическую форму. Однако Барнарду они постоянно представлялись круглыми, и онъ полагаетъ, что эти кажущіяся деформаціи слѣдуетъ объяснить присутствіемъ пятенъ на поверхности спутниковъ. Впрочемъ, при оцѣнкѣ фигуры такихъ маленькихъ тѣлъ должны играть весьма важную роль личныя ошибки, напр., астигматизмъ глаза и т. п., и подобный же примѣръ мы видѣли уже выше (§ 91), когда рѣчь шла объ эллиптичности диска Урана, причемъ нѣкоторые наблюдатели вполнѣ опредѣленно утверждали, что Уранъ обладаетъ сжатіемъ, между тѣмъ какъ другіе отрицали это. У четвертаго спутника Юпитера Энгельманъ и Фламмаріонъ замѣчали періодическія измѣненія яркости, которыя, повидимому, указываютъ на то, что для этого спутника, совершенно такъ же, какъ и для нашей луны, продолжительность времени обращенія его около планеты равняется продолжительности времени вращенія его около оси.

Въ заключеніе мы считаемъ своимъ долгомъ сказать нѣсколько словъ о явленіи, которое впервые было замѣчено и правильно объяснено астрономомъ Барнеби въ 1861 г., но впослѣдствіи снова было забыто, пока на него опять не обратили вниманіе астрономы Ликской обсерваторіи. Это явленіе состоитъ въ томъ, что тѣнь спутниковъ Юпитера при ихъ прохожденіи передъ дискомъ планеты, если эти прохожденія случаются вблизи квадратуръ Юпитера съ солнцемъ, вслѣдствіе шаровидности Юпитера и вслѣдствіе наклоннаго направленія линіи зрѣнія, идущей отъ земли къ конусу тѣни, только въ серединѣ диска Юпитера представляется круглой, на краяхъ же имѣетъ видъ эллипса. По вычисленіямъ Шеберле для четвертаго, наиболѣе удаленнаго, спутника большая полуось этого эллипса болѣе чѣмъ въ два раза превосходитъ малую полуось.

§ 127. **Открытіе пятаго спутника Юпитера и общія свѣдѣнія о немъ.** Послѣ открытія первыхъ четырехъ спутниковъ, которое, какъ было выше упомянуто, вслѣдствіе значительной яркости этихъ небесныхъ тѣлъ было сдѣлано тотчасъ послѣ изобрѣтенія зрительной трубы, въ теченіе болѣе чѣмъ четверти вѣка никогда даже не поднимался вопросъ о существованіи еще другихъ спутниковъ у Юпитера, хотя эта планета наблюдалась, можетъ-быть, чаще всѣхъ другихъ небесныхъ тѣлъ и притомъ при помощи лучшихъ и сильнѣйшихъ инструментовъ. Поэтому астрономическій міръ не мало былъ удивленъ, когда въ серединѣ сентября 1892 года распространилось извѣстіе, что Барнардъ открылъ пятаго спутника Юпитера, и это удивленіе еще болѣе возросло, когда въ теченіе слѣдующей недѣли не было опубликовано ничего новаго относительно этого въ высшей степени интереснаго открытія. Поэтому, по крайней мѣрѣ въ Европѣ, многіе уже склонны были считать все это пустой мистификаціей, какъ вдругъ въ серединѣ октября было получено первое достовѣрное извѣстіе объ этомъ открытіи. Оказывается, что новое небесное тѣло Барнардъ замѣтилъ еще 9 сентября, но вслѣдствіе набѣжавшихъ облаковъ онъ только въ слѣдующій вечеръ могъ вполнѣ убѣдиться, что это свѣтило было дѣйствительно спутникомъ Юпитера. Этотъ пятый спутникъ настолько слабъ, что даже въ большой рефракторъ Ликской обсерваторіи онъ часто можетъ быть наблюдаемъ только въ томъ случаѣ, если Юпитера вывести изъ поля зрѣнія трубы или заслонить закопченой пластинкой слюды, помѣщаемой въ окулярѣ такимъ образомъ, что она закрываетъ часть поля зрѣнія.

По оцѣнкѣ Барнарда пятый спутникъ Юпитера по яркости принадлежитъ, самое большое, къ звѣздамъ 13-й величины. Если мы допустимъ, что онъ обладаетъ такою же отражательною способностью, какъ и самъ Юпитеръ, то діаметръ этого спутника долженъ

составлять не болѣе 160 километровъ, и, слѣдовательно, это небесное тѣло послѣ спутниковъ Марса является наименьшимъ изъ всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ спутниковъ. Его разстояніе отъ центра Юпитера составляетъ только 2,55 радіусовъ этой планеты, и онъ такимъ образомъ находится къ Юпитеру ближе, чѣмъ Фобосъ къ Марсу. Его орбита имѣетъ замѣтный эксцентриситетъ. Вслѣдствіе его близости къ Юпитеру и вслѣдствіе значительнаго сжатія этого послѣдняго линія апсидъ пятаго спутника обладаетъ быстрымъ вращеніемъ и, по изслѣдованіямъ Тиссерана, въ годъ совершаетъ приблизительно $2^1/_2$ оборота.

Съ открытіемъ пятаго спутника выступилъ на сцену вопросъ, не могутъ ли быть у Юпитера еще и другіе спутники кромѣ извѣстныхъ пяти. Если мы допустимъ, что между разстояніями спутниковъ отъ главной планеты существуетъ соотношеніе, подобное ряду Тиціуса-Боде (§ 65), и если для системы Юпитера мы примемъ для такого закона выраженіе, предложенное Госсэномъ (Gaussin), а именно

$$a_n = 1{,}336 \times 1{,}6425^n ,$$

гдѣ a_n есть большая полуось n-го спутника, то мы получимъ слѣдующіе результаты:

	$n=1$	2	3	4	5	6
a_n выч.	2,20	3,60	5,92	9,72	15,97	26,23
a_n набл.	2,55	—	5,94	9,45	15,09	26,53

Исходя изъ такой точки зрѣнія, можно подозрѣвать между спутникомъ Барнарда и первымъ изъ Галилеевыхъ существованіе шестого спутника съ временемъ обращенія, равнымъ приблизительно однимъ суткамъ.

§ 128. **Видъ неба со спутниковъ Юпитера.** Не останавливаясь на описаніи вида спутниковъ Юпитера съ поверхности этой планеты, скажемъ только нѣсколько словъ о томъ, какую картину представляетъ Юпитеръ жителямъ его спутниковъ. Жители пятаго спутника усматриваютъ діаметръ Юпитера подъ угломъ въ 46^0. Поэтому, при своемъ восходѣ и заходѣ Юпитеръ занимаетъ восьмую часть горизонта, и когда нижній край его диска касается горизонта, то верхній край доходитъ до половины небеснаго свода. И этотъ-то гигантскихъ размѣровъ дискъ, представляющійся жителямъ спутника въ различныхъ фазахъ, подобныхъ фазамъ нашей луны, перемѣщается на небесной сферѣ среди неподвижныхъ звѣздъ! Поистинѣ удивительная картина!

Также и съ другихъ спутниковъ Юпитеръ представляется въ видѣ весьма огромнаго диска. Напр., жители перваго спутника усматриваютъ діаметръ Юпитера подъ угломъ въ 20^0, и, слѣдовательно, видимый съ этого спутника діаметръ Юпитера въ 37 разъ, а поверхность въ 1370 разъ больше діаметра и поверхности луны, усматриваемыхъ съ земли. Поэтому для жителей перваго спутника Юпитеръ можетъ покрывать все огромное созвѣздіе Ріона. Подобнымъ же образомъ поверхность Юпитера, усматриваемая съ остальныхъ трехъ спутниковъ, соотвѣтственно въ 620, 240 и 78 разъ больше, чѣмъ поверхность луны, усматриваемая съ земли.

Впечатлѣніе, производимое вообще такимъ огромнымъ небеснымъ тѣломъ, для жителей спутниковъ Юпитера увеличивается еще вслѣдствіе того, что солнце, второе по величинѣ небесное тѣло, представляется имъ въ видѣ диска, который въ 27 разъ меньше солнечнаго диска, усматриваемаго съ земли. Для жителей всѣхъ пяти спутниковъ Юпитера видимая поверхность этого послѣдняго соотвѣтственно въ 190000, 37000, 14600, 5800 и 1800 разъ больше, чѣмъ поверхность солнца.

III. Спутники остальныхъ планетъ.

§ 129. **Спутники Сатурна.** Сатурнъ окруженъ восемью спутниками, которые были открыты приблизительно въ теченіе двухъ столѣтій, и ихъ открытія слѣдовали одно за другимъ въ естественномъ порядкѣ въ зависимости отъ ихъ яркости и отъ усовершен-

ствованій оптическихъ средствъ. Поэтому обозначеніе этихъ небесныхъ тѣлъ, подобно спутникамъ Юпитера, числами по степени ихъ удаленія отъ главной планеты оказалось непригоднымъ, такъ какъ каждое новое открытіе разстроивало прежній порядокъ, и во всеобщее употребленіе вошли названія этихъ спутниковъ, предложенныя Д. Гершелемъ. Въ нижеслѣдующей табличкѣ спутники Сатурна расположены въ порядкѣ по степени ихъ удаленія отъ главной планеты.

№	Названіе спутника.	Кто открылъ.	Время открытія.	Средняя яркость во время оппозиціи	Діаметръ, выражен. въ киломъ.
1.	Мимасъ	В. Гершель	17 сент. 1789 г.	12,8	513
2.	Энцеладъ	В. Гершель	29 авг. 1789 »	12,3	635
3.	Ѳетида	Д. Кассини	мартъ 1684 »	11,4	989
4.	Діона	Д. Кассини	мартъ 1684 »	11,5	941
5.	Рея	Д. Кассини	23 дек. 1672 »	10,8	1295
6.	Титанъ	Гюйгенсъ	25 марта 1655 »	9,4	2443
7.	Гиперіонъ	Бондъ 16 сент. / Лассель 18 »	1848 »	13,7	330
8.	Япетъ	Д. Кассини	въ окт. 1671 »	11,8	343

* На рис. 175 изображенъ Сатурнъ со своими спутниками. * Таблицы, данныя въ концѣ книги, показываютъ, что между Япетомъ и Титаномъ до открытія Гиперіона существовалъ большой пробѣлъ, который съ открытіемъ Гиперіона былъ нѣсколько уменьшенъ и который еще Гюйгенсу далъ поводъ къ догадкамъ о существованіи спутника въ этомъ мѣстѣ, подобно тому, какъ въ ряду большихъ планетъ пробѣлъ между Марсомъ и Юпитеромъ, заполненный впослѣдствіи астероидами, наводилъ на мысль о существованіи одной или даже нѣсколькихъ планетъ въ этомъ промежуткѣ. Д. Гершель, имѣя въ виду малые размѣры Гиперіона, который слабѣе Мимаса и только вслѣдствіе бо́льшаго удаленія отъ Сатурна можетъ быть наблюдаемъ легче, чѣмъ Мимасъ, провелъ аналогію между двумя указанными случаями еще дальше и высказалъ предположеніе о существованіи вблизи Гиперіона нѣсколькихъ еще неизвѣстныхъ спутниковъ.

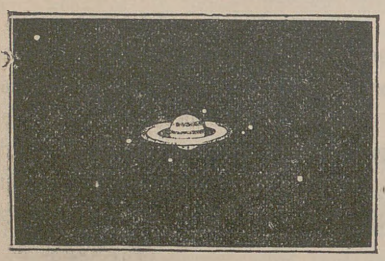


Рис. 175.

Яркость наиболѣе удаленнаго спутника — Япета мѣняется съ теченіемъ времени и колеблется по изслѣдованіямъ Пикеринга между 11,5 и 12,8 величинами. Вслѣдствіе этого открывшій его астрономъ Кассини терялъ его изъ виду постоянно черезъ 2 или 3 дня послѣ верхняго его соединенія и снова могъ его наблюдать только черезъ 2 или 3 дня послѣ нижняго соединенія. Впервые прослѣдилъ его по всей орбитѣ В. Гершель, и при этомъ онъ обнаружилъ, что наибольшаго блеска Япетъ достигалъ въ промежуткѣ отъ 68° до 129° послѣ нижняго соединенія, а наименьшаго въ промежуткѣ отъ 7° послѣ противостоянія и до нижняго соединенія. На этомъ основаніи въ высшей степени вѣроятно, что Япетъ, подобно нашей лунѣ, совершаетъ полный оборотъ около оси въ такой же промежутокъ времени, въ какой описываетъ полный кругъ около планеты, такъ что подобное соотношеніе существуетъ, повидимому, у многихъ, а можетъ-быть даже у всѣхъ спутниковъ нашей солнечной системы.

Въ 1894 году Барнарду при помощи большого рефрактора Ликской обсерваторіи удалось непосредственными измѣреніями опредѣлить діаметръ наиболѣе яркаго изъ спутниковъ Сатурна — Титана, который въ то же время является для насъ самымъ древнимъ.

Барнардъ нашелъ, что при среднемъ удаленіи Сатурна отъ солнца этотъ діаметръ составляетъ 0,59″, откуда истинный діаметръ Титана получается равнымъ 4060 километрамъ, и, слѣдовательно, Титанъ нѣсколько больше нашей луны. Тиссеранъ на основаніи измѣненій въ положеніи линіи узловъ орбиты Япета вычислилъ, что масса Титана составляетъ $^1/_{11000}$ массы Сатурна; Ньюкомбъ, изслѣдуя обратное движеніе перисатурнія *) Гипе-ріона, нашелъ для массы Титана величину $^1/_{15200}$. Зная массу и діаметръ Титана, мы находимъ, что его плотность приблизительно въ два раза больше плотности Сатурна.

Видимыя яркости спутниковъ Сатурна выше были даны на основаніи опредѣленій Пикеринга. Ихъ весьма небольшою яркостью объясняется то обстоятельство, что даже В. Гершель при помощи своего гигантскаго телескопа могъ открыть ближайшихъ къ планетѣ спутниковъ, Мимаса и Энцеляда, только въ то время, когда кольцо Сатурна почти исчезло и представлялось въ видѣ весьма тонкой свѣтлой полоски, около которой въ теченіе нѣсколькихъ часовъ блестѣли подобно весьма маленькимъ жемчужинамъ оба эти спутника, скоро снова исчезнувшіе за кольцомъ.

Приведенныя въ послѣднемъ столбцѣ величины діаметровъ вычислены въ предположеніи, что альбедо спутниковъ Сатурна такое же, какъ и альбедо самой планеты; но въ дѣйствительности такое предположеніе, по крайней мѣрѣ для Титана, повидимому, несправедливо, такъ какъ непосредственныя измѣренія Барнарда даютъ для діаметра этого спутника гораздо большую величину, что заставляетъ считать альбедо Титана менѣе значительнымъ. Кромѣ того, такъ какъ согласно съ вышесказаннымъ яркость Япета подвержена измѣненіямъ, то опредѣленіе размѣровъ спутниковъ Сатурна, основанное на фотометрическихъ наблюденіяхъ, вообще нельзя считать достаточно точнымъ. Но, во всякомъ случаѣ, оставляя въ сторонѣ Титана, слѣдуетъ признать, что ни одинъ изъ остальныхъ спутниковъ Сатурна по своимъ размѣрамъ даже приблизительно не равняется нашей лунѣ.

Орбиты спутниковъ Сатурна, за исключеніемъ орбиты Япета, расположены въ плоскостяхъ, почти совпадающихъ съ плоскостью колецъ. Слѣдовательно, для спутниковъ Сатурна наклонности плоскостей орбитъ къ плоскости орбиты главной планеты гораздо значительнѣе, чѣмъ для спутниковъ Юпитера, и доходятъ даже до 30°. Поэтому, спутники Сатурна весьма рѣдко вступаютъ въ конусъ тѣни, отбрасываемой главной планетой, и также рѣдко проходятъ передъ дискомъ планеты. При этомъ чаще всего удавалось наблюдать тѣнь Титана на дискѣ Сатурна. Такъ, въ 1862 году Довесу и Шакорнаку, въ 1877 году Баксенделю и въ 1892 году Терби, причемъ послѣднему даже два раза посчастливилось во время такихъ прохожденій наблюдать Титана въ видѣ блѣднаго круглаго пятна на дискѣ планеты. По описанію Терби, прохожденіе Титана происходитъ совершенно такъ же, какъ и прохожденіе третьяго спутника Юпитера; при этомъ онъ полагаетъ, что ему удалось замѣтить нѣкоторыя явленія, которыя указываютъ на существованіе пятенъ на поверхности спутника.

Между временами обращенія спутниковъ Сатурна существуютъ соотношенія, подобныя тѣмъ, которыя существуютъ между временами обращенія спутниковъ Юпитера. Такъ, Гершель нашелъ, что время обращенія перваго спутника, Мимаса, равно половинѣ времени обращенія третьяго спутника, Ѳетиды, и также время обращенія второго спутника, Энцеляда, равно половинѣ времени обращенія чствертаго спутника, Діоны. Д'Арре дополнилъ эти изслѣдованія Гершеля, доказавъ, что продолжительность 494 оборотовъ перваго спутника равняется продолжительности 340 оборотовъ второго и составляетъ 465 сутокъ 18 часовъ. Поэтому, черезъ $465^3/_4$ сутокъ Мимасъ, Энцелядъ, Ѳетида и Діона приходятъ

*) Перисатурніемъ какого-нибудь спутника называется та точка его орбиты, которая находится къ Сатурну ближе всѣхъ остальныхъ.

Переводчикъ.

въ прежнее положеніе не только по отношенію другъ къ другу, но также и по отношенію къ Сатурну и солнцу, причемъ въ этотъ промежутокъ времени они совершаютъ соотвѣтственно 494, 340, 247 и 170 оборотовъ.

Еще болѣе важнымъ является соотношеніе, состоящее въ томъ, что утроенное время обращенія Гиперіона почти въ точности равняется учтверенному времени обращенія Титана. Вслѣдствіе этого перисатурній Гиперіона, какъ показали сначала А. Холь на основаніи своихъ наблюденій, а затѣмъ Ньюкомбъ на основаніи теоретическихъ соображеній, совершаетъ обратное движеніе, составляющее круглымъ числомъ 20° въ годъ. Наконецъ, Г. Струве, кромѣ вышеупомянутыхъ соотношеній, нашелъ еще два относящихся къ движенію Мимаса и Θетиды и два относящихся къ движенію Энцеляда и Діоны, причемъ эти новыя соотношенія не только представляютъ интересъ для теоріи движеній въ системѣ Сатурна, но также и вообще обращаютъ на себя вниманіе какъ замѣчательные законы, по которымъ происходитъ движеніе небесныхъ тѣлъ. Эти соотношенія состоятъ въ слѣдующемъ.

1) Соединенія Мимаса и Θетиды въ среднемъ имѣютъ мѣсто постоянно около точки, лежащей посерединѣ между восходящими узлами ихъ орбитъ надъ плоскостью экватора Сатурна. Въ дѣйствительности же точка, въ которой происходятъ эти соединенія, вообще можетъ удаляться отъ только-что упомянутой точки почти на 48°, и полный періодъ такой либраціи равняется 68 годамъ.

2) Соединенія Энцеляда и Діоны происходятъ, съ нѣкоторыми колебаніями, постоянно около перисатурнія Энцеляда.

На основаніи этихъ законовъ можно опредѣлить массы Мимаса, Θетиды и Діоны. Принимая массу Сатурна за единицу, мы для массы каждаго изъ этихъ спутниковъ получаемъ слѣдующія величины:

Спутникъ	Масса
Мимасъ	$^1/_{1150000}$
Θетида	$^1/_{767000}$
Діона	$^1/_{52800}$

* Въ заключеніе этого параграфа необходимо замѣтить, что въ мартѣ мѣсяцѣ 1899 г. В. Пикерингъ оповѣстилъ ученый міръ, что имъ въ Ареквипѣ открытъ при помощи фотографіи весьма слабый девятый спутникъ Сатурна, обращающійся вокругъ планеты въ 17 мѣсяцевъ. Но въ виду того, что это открытіе впослѣдствіи никѣмъ подтверждено не было, существованіе девятаго спутника Сатурна слѣдуетъ считать сомнительнымъ. *

§ 130. **Спутники Урана.** Урану въ теченіе болѣе чѣмъ 50 лѣтъ приписывали, слѣдуя В. Гершелю, 6 спутниковъ. Но изъ нихъ только два, которые были открыты В. Гершелемъ раньше другихъ, кромѣ него наблюдались уже неоднократно и другими лицами; остальныхъ же четырехъ, даже при гораздо болѣе благопріятныхъ атмосферическихъ условіяхъ, чѣмъ тѣ, которыя господствуютъ въ Англіи, и при помощи болѣе могущественныхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, чѣмъ тѣ, которыя были въ распоряженіи В. Гершеля, никто кромѣ него никогда послѣ того не видѣлъ. Напротивъ того, въ серединѣ XIX-го столѣтія Лассель на островѣ Мальтѣ открылъ 2 новыхъ спутника, которые находятся къ главной планетѣ ближе, чѣмъ только-что упомянутые мнимые внутренніе Гершелевы спутники. Такимъ образомъ въ настоящее время намъ извѣстны слѣдующіе четыре спутника Урана:

Титанія, Оберонъ — открыты В. Гершелемъ 11 января 1787 года,

Аріель, Умбріель — открыты Лассселемъ 24 октября 1851 года.

Имена этимъ небеснымъ тѣламъ были даны Д. Гершелемъ въ честь Шекспира

и Попа. Пикерингъ нашелъ, что Титанія и Оберонъ во время оппозиціи по яркости равняются, въ среднемъ, звѣздамъ 14,2 и 14,4 величины. Поэтому, полагая, что альбедо этихъ спутниковъ такое же, какъ и альбедо главной планеты, мы можемъ оцѣнить ихъ діаметры въ 942 и 875 километровъ.

Аріель и Умбріель, которые никогда не удаляются отъ Урана соотвѣтственно болѣе какъ на 15″ и 20″, принадлежатъ къ числу весьма трудно наблюдаемыхъ предметовъ, хотя уже то обстоятельство, что они, вообще, могутъ быть видимы, даетъ поводъ къ догадкамъ о болѣе или менѣе значительныхъ размѣрахъ этихъ спутниковъ. Но, несмотря на трудность ихъ наблюденія, Фогель видѣлъ Умбріеля и вѣроятно также Аріеля при помощи рефрактора съ объективомъ въ 24 сантиметра. Далѣе, профессоръ Хольденъ изъ Вашингтона сдѣлалъ попытку доказать, что Аріель и Умбріель были наблюдаемы еще В. Гершелемъ, но только онъ не призналъ въ нихъ спутниковъ.

Круговыя орбиты спутниковъ Урана по опредѣленію Ньюкомба всѣ лежатъ въ одной и той же плоскости, которая приблизительно перпендикулярна къ плоскости орбиты. Слѣдовательно, если и въ этомъ случаѣ такъ же, какъ въ системахъ Юпитера и Сатурна, орбиты спутниковъ лежатъ приблизительно въ плоскости экватора ихъ планеты, то наклонность эклиптики для Урана должна быть близка къ 90°, и, слѣдовательно, къ этой планетѣ непосредственно можетъ быть примѣнено все то, что было сказано въ § 37 первой части. Д'Арре также и для этихъ спутниковъ открылъ замѣчательное соотношеніе, вслѣдствіе котораго въ то время, когда имѣетъ мѣсто ураноцентрическое *) соединеніе по долготѣ двухъ внутреннихъ спутниковъ, соединеніе двухъ внѣшнихъ спутниковъ другъ съ другомъ можетъ произойти только въ одномъ опредѣленномъ мѣстѣ. Поэтому и одновременное соединеніе всѣхъ четырехъ спутниковъ можетъ произойти вообще только въ этомъ мѣстѣ и нигдѣ больше.

Общее названіе Georgian Satellites, предложенное В. Гершелемъ для спутниковъ Урана, не было принято, совершенно такъ же, какъ не были приняты названія Medicea Sidera и Ludovicea Sidera, предложенныя Галилеемъ и Кассини для спутниковъ Юпитера и Сатурна.

§ 131. **Спутникъ Нептуна.** У Нептуна до сихъ поръ вполнѣ достовѣрно извѣстенъ намъ только одинъ спутникъ, который былъ открытъ Лассселемъ 10 октября 1846 года. Плоскость его орбиты составляетъ съ плоскостью орбиты Нептуна значительный уголъ, и самая орбита, по изслѣдованіямъ Ньюкомба, оказывается круговой. По яркости Пикерингъ причисляетъ этого спутника къ звѣздамъ 13,8 величины и на этомъ основаніи находитъ, что его діаметръ составляетъ 3630 километровъ.

Лассель полагаетъ, что 14 августа 1850 года онъ видѣлъ второго спутника; однако, это наблюденіе впослѣдствіи не подтвердилось. Уже гораздо позже, именно 24 октября 1892 года, Шеберле при необыкновенно прозрачномъ воздухѣ съ помощью большого рефрактора Ликской обсерваторіи замѣтилъ вблизи Нептуна весьма слабую, находящуюся на границѣ видимости для этого инструмента, звѣздочку, которая вслѣдствіе собственнаго движенія, замѣченнаго у нея въ теченіе 1 часа 40 минутъ, могла бы быть вторымъ спутникомъ Нептуна; однако, и этотъ спутникъ послѣ того никѣмъ больше наблюдаемъ не былъ.

Для рѣшенія вопроса, съ помощью какой астрономической трубы могутъ быть наблюдаемы спутники Урана и Нептуна, А. Холь даетъ слѣдующее правило. Спутникъ Регула (α Leonis), находящійся въ 3 минутахъ къ сѣверу отъ этой звѣзды, самъ обладаетъ маленькимъ спутникомъ. При помощи трубы, въ которую виденъ этотъ послѣдній, легко можно различить также двухъ внѣшнихъ спутниковъ Урана и спутника Нептуна. При по-

*) Слово «ураноцентрическій» обозначаетъ: видимый изъ центра Урана.
Переводчикъ.

мощи же такой трубы, въ которую можно видѣть спутника звѣзды 5-й величины *A* Leonis, можно также наблюдать двухъ внутреннихъ спутниковъ Урана.

§ 132. **Возможные спутники Меркурія и Венеры.** Открытіе спутниковъ Марса снова вызвало на сцену вопросъ о томъ, дѣйствительно ли лишены спутниковъ Меркурій и Венера, эти единственныя изъ большихъ планетъ, у которыхъ до сихъ поръ мы еще не знаемъ ни одного спутника, или же, можетъ-быть, ихъ спутники не поддаются нашимъ наблюденіямъ только вслѣдствіе чрезвычайной ихъ слабости.

Что касается Меркурія, то извѣстно, что онъ является наименьшимъ среди большихъ планетъ (§ 35) и также принадлежитъ къ сравнительно трудно наблюдаемымъ тѣламъ этой группы. Поэтому, если у Меркурія дѣйствительно есть одинъ или нѣсколько спутниковъ, и если эти спутники по своимъ размѣрамъ находятся приблизительно въ такомъ же отношеніи къ Меркурію, въ какомъ спутники Марса къ своей планетѣ, то вслѣдствіе ихъ незначительнаго діаметра во время довольно часто случающихся прохожденій Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ они никогда не могли бы быть наблюдаемы на этомъ послѣднемъ, и на самомъ дѣлѣ до сихъ поръ еще не было случая, чтобы кто-нибудь во время такихъ прохожденій видѣлъ спутника Меркурія. Да и вообще въ виду весьма неблагопріятныхъ условій видимости Меркурія (§ 37), по крайней мѣрѣ, въ нашихъ странахъ, у насъ слишкомъ мало надежды на то, чтобы спутники Меркурія могли быть открыты также и не во время прохожденій планеты передъ солнечнымъ дискомъ. Въ самомъ дѣлѣ, Меркурій можетъ быть наблюдаемъ или днемъ при помощи сильныхъ трубъ, или же въ началѣ сумерекъ, причемъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ онъ всегда находится весьма близко къ горизонту, и, вслѣдствіе этого, туманъ и испаренія дѣлаютъ совершенно невозможнымъ открытіе слабаго небеснаго тѣла вблизи Меркурія.

Нѣсколько иначе обстоитъ дѣло относительно Венеры. Съ середины XVII до середины XVIII столѣтія наблюдатели неоднократно указывали на то, что они видѣли спутника Венеры. Однако, нѣкоторая часть этихъ наблюденій, какъ показалъ Стробантъ (§ 48), относится къ неподвижнымъ звѣздамъ, вблизи которыхъ проходила Венера во время своего движенія; въ другой части наблюденій за спутника Венеры могъ быть принятъ тотъ или другой яркій астероидъ, случайно находившійся недалеко отъ Венеры; наконецъ, всѣ остальныя наблюденія должны быть объяснены оптическими обманами, такъ какъ съ середины XVIII столѣтія, несмотря на колоссальное улучшеніе нашихъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ, никогда не было замѣчено даже малѣйшаго слѣда этого мнимаго спутника Венеры. Поэтому, оставляя въ сторонѣ всѣ отчеты объ этихъ мнимыхъ открытіяхъ, скажемъ только, что изъ классическихъ фотометрическихъ изслѣдованій Пикеринга слѣдуетъ, что спутникъ Венеры не могъ бы ускользнуть отъ нашихъ наблюденій, если бы даже сила свѣта его была въ двѣсти пятьдесятъ тысячъ разъ меньше силы свѣта самой Венеры. Если бы отражательная способность этого спутника была лишь немного меньше отражательной способности Венеры, хотя мы не имѣемъ никакого права дѣлать такого предположенія, то діаметръ такого спутника былъ бы меньше діаметра каждаго изъ спутниковъ Марса и при наибольшемъ удаленіи Венеры усматривался бы съ земли подъ угломъ, равнымъ $0{,}03''$.

ГЛАВА XIII.

Кометы.

§ 133. **Число кометъ.** Кромѣ планетъ и ихъ спутниковъ, которые мы разсматривали въ предыдущихъ главахъ, существуетъ еще большое число другихъ небесныхъ тѣлъ, такъ называемыхъ кометъ, которыя, подобно планетамъ, совершаютъ свое движеніе около солнца, но которыя уже при первомъ взглядѣ на нихъ отличаются отъ планетъ своимъ видомъ и которыя долгое время служили предметомъ страха для людей, такъ какъ ихъ считали за предзнаменованіе чрезвычайнаго гнѣва боговъ.

Въ древнія времена, когда еще не было зрительныхъ трубъ, наблюдались только такія кометы, которыя можно было видѣть невооруженнымъ глазомъ, да и изъ нихъ только наиболѣе значительныя считались достойными занесенія въ лѣтописи. Кромѣ того, многія изъ этихъ тѣлъ, приближаясь къ землѣ, перемѣщаются среди звѣздъ южнаго неба и иногда даже находятся вблизи южнаго полюса, такъ что остаются невидимыми для жителей Европы. Съ другой стороны, нѣкоторыя кометы, при своемъ приближеніи къ землѣ, проходили черезъ такія созвѣздія, вблизи которыхъ находилось солнце; слѣдовательно, надъ горизонтомъ онѣ были днемъ и по этой причинѣ не могли быть замѣчены. Наконецъ, многія другія кометы появлялись во время пасмурной погоды, при покрытомъ облаками небѣ, и, вслѣдствіе этого, также не могли быть наблюдаемы. Но, несмотря на это, наши лѣтописи упоминаютъ приблизительно пятьсотъ кометъ, которыя были видимы невооруженнымъ глазомъ. Впрочемъ, необходимо еще замѣтить, что кометы по большей части бываютъ настолько малы и слабы, что вообще онѣ совершенно не могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ; но зато обыкновенно ежегодно открывается нѣсколько телескопическихъ кометъ, которыя и наблюдаются въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Если наши предшественники были такъ счастливы въ отношеніи числа наблюдавшихся кометъ, то сколько же этихъ небесныхъ тѣлъ должны были бы знать мы теперь за тѣ 6000 лѣтъ, въ теченіе которыхъ существуетъ исторія человѣчества? Поэтому едва ли можно считать преувеличеннымъ выраженіе Кеплера, что кометъ такъ же много, какъ рыбъ въ морѣ.

§ 134. **Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики.** Мы уже неоднократно упоминали, что орбиты планетъ, по крайней мѣрѣ большихъ, наклонены къ плоскости эклиптики подъ малыми углами, и что всѣ планеты совершаютъ свои движенія по одному и тому же направленію, именно съ запада на востокъ. Но все это оказывается несправедливымъ относительно кометъ, такъ какъ эти небесныя тѣла могутъ двигаться около солнца по всѣмъ возможнымъ направленіямъ, и наклонности ихъ орбитъ могутъ имѣть всѣ значенія отъ 0^0 до 180^0.

Чтобы избѣжать безполезныхъ повтореній, мы теперь же подробно объяснимъ, какимъ образомъ считаются наклонности кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики.

Если мы мысленно будемъ вращать плоскость AA' (рис. 176) около неподвижной плоскости EE', такъ что линія ихъ пересѣченія $\Omega\Upsilon$ будетъ оставаться неизмѣнной, а уголъ наклоненія ASE постоянно будетъ увеличиваться, то онъ, наконецъ, сдѣлается больше 90^0 (рис. 177) и при дальнѣйшемъ увеличеніи окончательно возрастетъ до 180^0.

Вопреки такому понятію древніе астрономы полагали, что уголъ между двумя плоскостями никогда не можетъ быть больше прямого, т.-е. больше 90^0, и потому въ послѣд-

немъ случаѣ (рис. 177) за наклонность одной плоскости къ другой считали не тотъ уголъ, который больше 90°, а смежный съ нимъ уголъ ASE', который, конечно, меньше 90°.

Такую же точку зрѣнія усвоили себѣ и послѣдующіе астрономы. Но чтобы различить между собою двѣ кометныя орбиты AA', которыя изображены на рисункахъ 176 и 177 и которыя, согласно съ только-что изложеннымъ способомъ счета угловъ, обѣ были бы наклонены къ плоскости эклиптики, напримѣръ, подъ угломъ, равнымъ 30°, нужно установить еще какой-нибудь другой отличительный признакъ.

Пусть на рис. 176 стрѣлки указываютъ направленіе движенія земли и какой-нибудь кометы съ небольшой сравнительно наклонностью. Въ такомъ случаѣ, при послѣдовательномъ увеличеніи наклонности кометной орбиты до 90° и болѣе, движеніе комсты, какъ показываетъ рис. 177, сдѣлается противоположнымъ движенію земли и, слѣдовательно, движенію всѣхъ остальныхъ планетъ. Вотъ на это-то обстоятельство и было обращено вниманіе, и движеніе такого рода кометъ было названо обратнымъ, чтобы отличить эти кометы отъ кометъ съ наклонностью меньше 90°, движеніе которыхъ получило названіе прямого. Поэтому наклонность въ 30° при обратномъ движеніи обозначаетъ то же самое, что и наклонность въ 150° безъ указанія на направленіе движенія. Гауссъ въ началѣ XIX столѣтія въ своей знаменитой «Theoria motus» впервые обратилъ вниманіе на непослѣдовательность такого способа счета угловъ наклоненія и предложилъ считать эти углы отъ 0° до 180°. Этотъ способъ является единственнымъ согласующимся съ природой, и при такомъ счетѣ дѣлается излишнимъ различіе между прямымъ и обратнымъ движеніемъ. Поэтому такой способъ счета угловъ наклоненія и дѣйствительно былъ мало-по-малу принятъ всѣми астрономами, и въ настоящее время онъ является единственнымъ употребляющимся среди ученыхъ. Только въ популярныхъ сочиненіяхъ и въ спискахъ вычисленныхъ кометныхъ орбитъ еще до сихъ поръ употребляется старый способъ. Но въ настоящей книгѣ мы рѣшились нарушить этотъ обычай и вездѣ придерживаемся исключительно новаго, указаннаго Гауссомъ, счета угловъ наклоненія отъ 0° до 180°; но при этомъ еще разъ считаемъ своимъ долгомъ подчеркнуть то обстоятельство, что углы наклоненія, превосходящіе 90°, принадлежатъ орбитамъ такихъ кометъ, движеніе которыхъ прежде считалось обратнымъ.

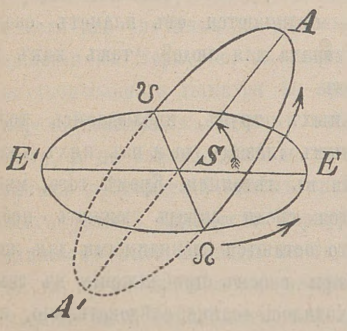


Рис. 176.

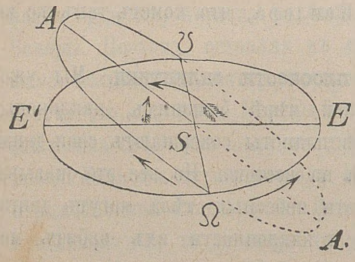


Рис. 177.

§ 135. **Видъ и размѣры кометъ.** Небольшія телескопическія кометы обыкновенно представляются въ видѣ блѣдной, размытой на краяхъ туманной массы, имѣющей нѣсколько дуговыхъ минутъ въ діаметрѣ. Эта масса своимъ видомъ напоминаетъ «волоса» (лат. coma). Въ серединѣ ея по большей части бываетъ сгущеніе въ видѣ ядра, нерѣдко не совпадающаго съ центромъ всей массы. Это сгущеніе иногда представляется въ видѣ маленькой свѣтлой точки, имѣющей большое сходство съ неподвижной звѣздой; иной же разъ въ кометѣ можно замѣтить нѣсколько такихъ сгущеній, такъ что общій видъ кометы напоминаетъ намъ грануляціонное строеніе.

Болѣе яркія кометы кромѣ «волосъ» и ядра, имѣютъ еще хвостъ или, по крайней мѣрѣ, хвостообразное продолженіе. Въ этомъ случаѣ «волоса» окружаютъ ядро въ видѣ кольца, удлиненнаго или открытаго со стороны хвоста; ядро на близкомъ къ нему раз-

стояніи обыкновенно кажется окруженнымъ болѣе темнымъ пространствомъ, и только уже на болѣе далекомъ разстояніи его окружаетъ свѣтлая оболочка. У многихъ кометъ наблюдали два или даже три такихъ свѣтлыхъ кольца, которыя были отдѣлены одно отъ другого темными кольцами. Хвостъ иногда также бываетъ отдѣленъ отъ «волосъ» темнымъ пространствомъ, какъ это, напр., было въ кометѣ 1873 IV *). Еще Апіанъ въ 1531 году утверждалъ, что хвостъ кометы всегда располагается по продолженію линіи, соединяющей солнце съ кометой. По изслѣдованіямъ Біо это свойство кометныхъ хвостовъ было извѣстно еще гораздо раньше китайцамъ. Но справедливо собственно только то, что хвостъ, по большей части, бываетъ направленъ въ сторону, противоположную солнцу. Въ дѣйствительности же очень часто хвостъ составляетъ съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ, весьма значительный уголъ, включительно до прямого, отклоняясь при этомъ всегда въ сторону, противоположную направленію движенія кометы. Такъ какъ наклонъ хвоста по мѣрѣ удаленія отъ ядра увеличивается, то хвостъ по большей части кажется намъ искривленнымъ, причемъ его вогнутая сторона обращена туда, откуда комета движется, и, кромѣ того, вогнутая сторона хвоста по большей части кажется менѣе яркой и не такъ рѣзко ограниченной, какъ выпуклая. Точно также хвостъ никоимъ образомъ не располагается всегда въ плоскости орбиты, какъ это впервые показали Вальцъ по отношенію ко многимъ кометамъ и особенно Скіапарелли по отношенію къ кометѣ 1862 III.

Далѣе, неоднократно также наблюдались такія кометы, у которыхъ было два, три и даже болѣе хвостовъ, обращенныхъ по большей части въ одну и ту же сторону. Такъ, комета 1744 года (рис. 178) имѣла шесть, а по показанію нѣкоторыхъ наблюдателей даже семь хвостовъ, или, вѣрнѣе сказать, хвостъ этой кометы состоялъ изъ шести частей, которыя отъ ядра или головы распространялись въ видѣ вѣера, причемъ каждая часть въ ширину достигала 4°, а въ длину 30° и даже 40°. Въ XIX-мъ столѣтіи у нѣкоторыхъ кометъ наблюдались два хвоста, расположенные по двумъ почти прямо противоположнымъ направленіямъ, такъ что одинъ былъ обращенъ къ солнцу, а другой направленъ отъ него. Это въ высшей степени замѣчательное явленіе впервые было замѣчено Ольберсомъ въ кометѣ 1823 года; позже кометы 1850 I и 1851 IV представляли подобное же явленіе.



Рис. 178.

Кромѣ того, постоянно обращали на себя вниманіе въ высшей степени сильныя движенія, наблюдавшіяся почти во всѣхъ значительныхъ хвостахъ и состоящія въ быстро слѣдующихъ другъ за другомъ удлиненіяхъ и укорачиваніяхъ хвоста, вслѣдствіе чего иногда частицы того вещества, изъ котораго состоитъ хвостъ кометы, въ нѣсколько секундъ пробѣгали видимымъ образомъ милліоны километровъ въ ту и другую сторону. Впрочемъ причину этого явленія можно искать въ воздушныхъ теченіяхъ въ высшихъ слояхъ нашей атмосферы. Но, помимо этихъ исключительно кажущихся измѣненій, въ головѣ и хвостѣ такихъ кометъ, которыя при своемъ прохожденіи черезъ перигелій подходятъ очень близко къ солнцу, происходятъ также весьма быстрыя дѣйствительныя измѣненія, о чемъ ниже мы будемъ говорить подробнѣе.

Причину образованія хвостовъ можно искать только въ солнцѣ, такъ какъ они всегда

*) Если въ одинъ годъ было открыто нѣсколько кометъ, то такое обозначеніе указываетъ не только на годъ появленія кометы, но также и на порядокъ, въ которомъ кометы проходили черезъ перигелій.

начинаютъ зарождаться въ то время, когда комета приближается къ солнцу; по мѣрѣ уменьшенія разстоянія между солнцемъ и кометой, они увеличиваются, наибольшихъ размѣровъ достигаютъ немного спустя послѣ прохожденія кометы черезъ перигелій и затѣмъ, съ удаленіемъ кометы отъ солнца, снова постепенно уменьшаются.

Значительные кометные хвосты по большей части кажутся раздѣленными посерединѣ по всей своей длинѣ темной, широкой полосой, вслѣдствіе чего получается видъ, будто комета обладаетъ двойнымъ хвостомъ. Древніе астрономы считали эту темную полосу тѣнью, которую отбрасываетъ ядро, освѣщаемое на своей передней сторонѣ солнцемъ. Однако это мнѣніе невѣрно, такъ какъ эта полоса наблюдается также и у такихъ кометъ, хвосты которыхъ составляютъ весьма большой уголъ съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ, а между тѣмъ тѣнь, отбрасываемая ядромъ, должна была бы располагаться всегда именно по этой линіи. Кромѣ того, въ томъ случаѣ, когда комета остается видимой еще долгое время спустя послѣ прохожденія черезъ перигелій, эта темная полоса очень часто теряетъ мало-по-малу рѣзкость и интенсивность и, въ концѣ концовъ, совершенно исчезаетъ, какъ это было въ большой кометѣ 1858 года, о которой впослѣдствіи мы будемъ говорить болѣе подробно. Поэтому гораздо болѣе цѣлесообразнымъ является предположеніе, что хвостъ кометы не есть, какъ обыкновенно думаютъ, продолженіе ея головы, но представляетъ собою полый, свѣтящійся собственнымъ слабымъ свѣтомъ, прозрачный конусъ, который наполняется кометнымъ веществомъ постепенно и потому вначалѣ естественно долженъ намъ казаться на краяхъ болѣе свѣтлымъ, чѣмъ въ серединѣ. Такъ, красивая комета 1811 года съ своей яркой головой при наблюденіяхъ въ хорошую зрительную трубу имѣла видъ шарообразнаго источника свѣта, помѣщеннаго въ фокусѣ прозрачнаго параболическаго *) стекляннаго колокола. Шарообразная голова кометы, съ яркимъ, подобнымъ звѣздѣ ядромъ въ центрѣ, была окружена кольцомъ темно-сѣраго цвѣта, сквозь которое можно было видѣть безъ всякаго ослабленія даже самыя слабыя звѣзды. Темное кольцо, въ свою очередь, было окружено другимъ болѣе свѣтлымъ, которое со стороны противоположной солнцу, было открыто и раздѣлялось на два свѣтовыхъ потока, простиравшихся на много милліоновъ километровъ.

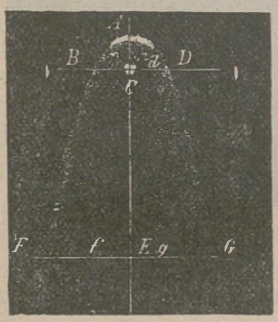
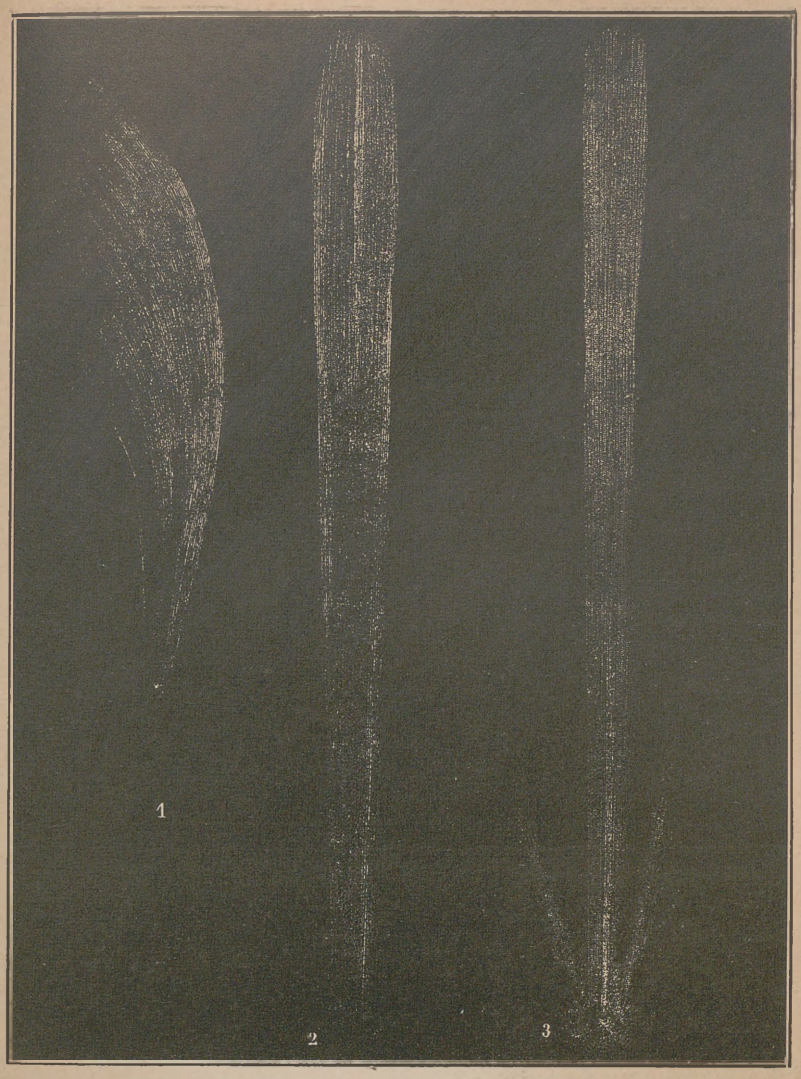


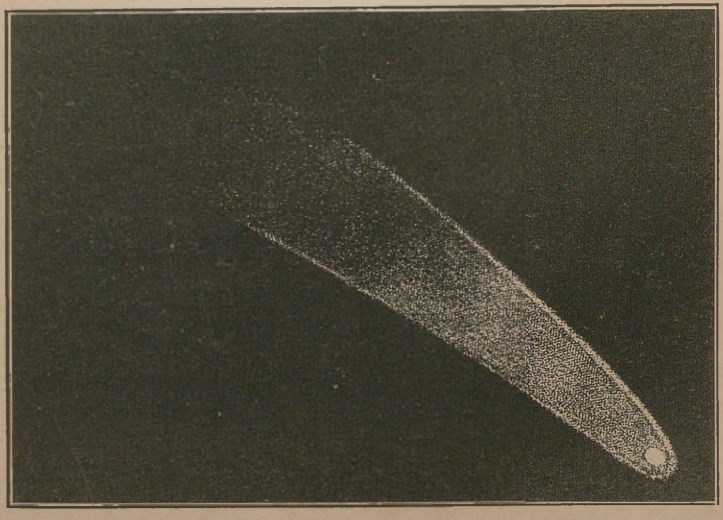
Рис. 179.

Такимъ образомъ, хвостъ получалъ видъ огромной параболической воронки, желтоватый свѣтъ которой составлялъ бросающійся въ глаза контрастъ съ зеленовато-голубой окраской головы. Болѣе точное понятіе объ этомъ читатель можетъ себѣ составить по рисунку 179, на которомъ комета изображена по наблюденіямъ Ольберса 7 сентября 1811 года. Голова C имѣла круглую, нерѣзко ограниченную форму, и діаметръ ея составлялъ 2′. Темное пространство $fbadg$ вокругъ головы C, въ свою очередь, было окружено свѣтлой широкой дугой $FBADG$. Обѣ границы этой дуги, внѣшняя и внутренняя, имѣли приблизительно видъ параболы. Измѣренія дали $CA = 6{,}9'$, $BD = 23{,}3'$, и, если по оси ACE кометы взять длину $CE = 35{,}3'$, то разстояніе $FG = 55{,}0'$. Внутренняя темная часть $fbadg$ отличалась довольно значительно отъ темной синевы неба внѣ параболическаго пространства $FBADG$, фокусъ котораго по оцѣнкѣ на глазъ находился въ точкѣ C. Сообразно съ этимъ ядро казалось какъ бы заключеннымъ внутри параболическаго колокола, свободно окружающаго его со всѣхъ сторонъ. Отсюда Ольберсъ заключилъ, что свѣтовыя массы, развиваемыя кометой и ея атмосферой, отталкиваются какъ кометой, такъ и соли-

*) Какая кривая называется параболической, объ этомъ см. выноску на стр. 477.
Переводчикъ.



Разныя формы кометъ.



Комета 1811 г.

цемъ, и что сообразно съ этимъ онѣ скопляются тамъ, гдѣ обѣ отталкивательныя силы уравновѣшиваютъ другъ друга. Даже сквозь свѣтлое параболическое кольцо можно было еще хорошо видѣть звѣзды 8-й и 9-й величины, хотя ихъ свѣтъ въ этомъ случаѣ все же значительно ослаблялся. Въ моментъ наибольшаго приближенія кометы къ землѣ, именно 15 октября, когда разстояніе отъ кометы до земли равнялось 1,23 радіуса земной орбиты, длина хвоста доходила до 25° или приблизительно до 90 милліоновъ километровъ, а ширина темнаго кольца около головы *C* составляла приблизительно 5′ или 266000 километровъ.

Рисунокъ 180 изображаетъ комету Энке въ томъ видѣ, какой она имѣла 30 ноября 1828 года. Эта комета вообще представляетъ типическую форму слабой телескопической кометы. Въ ней наболѣе яркая часть ядра *k* отстояла необыкновенно далеко и отъ центра туманной массы *K*, и отъ центра болѣе яркаго, окружающаго ядро кольца $\alpha\beta\gamma\delta$. Линія *fg* указываетъ направленіе отъ ядра *k* къ солнцу. Діаметръ *cd* всей туманной массы составлялъ приблизительно 9′, діаметръ $\alpha\gamma$ болѣе свѣтлой части достигалъ 4′. Граница *cad* имѣла параболическую форму, и вся часть *cda* была гораздо ярче остальной части *cdb*, граница которой не была достаточно рѣзко ограничена и скорѣе подходила къ окружности круга.

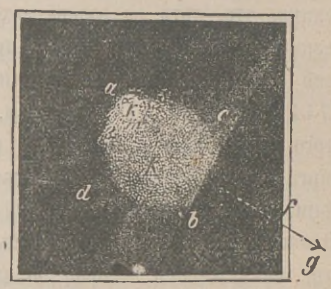


Рис 180

На рисункѣ 181 изображена комета 1819 года, хотя и не принадлежащая къ числу большихъ кометъ, но, тѣмъ не менѣе, весьма замѣчательная и по своему виду представляющая часто встрѣчающійся типъ большихъ кометъ.

* На приложенной при семъ таблицѣ на верхнемъ рисункѣ изображены слѣдующія кометы: 1) комета 1577 года, 2) комета 1680 года и 3) комета 1769 года. На нижнемъ же рисункѣ изображена комета 1811 года. *

§ 136. **Самыя большія кометы.** Бо́льшая часть тѣхъ кометъ, которыя были видимы въ новѣйшее время, относится къ такъ называемымъ телескопическимъ кометамъ; всѣ эти кометы были настолько малы и слабы, что ихъ можно было различить, да и то съ трудомъ, только при помощи зрительной трубы. Наиболѣе значительныя кометы появлялись въ 1807, 1811, 1835 (комета Галлея), 1843, 1858, 1861, 1862, 1874, 1881 и 1882 годахъ, хотя и эти кометы, если только вѣрить показаніямъ древнихъ наблюдателей, не могутъ быть причислены къ самымъ яркимъ. Въ этомъ параграфѣ мы перечислимъ нѣкоторыя изъ самыхъ яркихъ и самыхъ большихъ кометъ.



Рис. 181.

По словамъ Тевено, въ китайскихъ лѣтописяхъ разсказывается объ одной кометѣ, которая ночью своимъ блескомъ затмила всѣ звѣзды и самую ночь обратила въ день. Послѣ смерти Деметрія, по показанію Сенеки, появилась комета, по величинѣ равная лунѣ, совершенно красная, но не очень яркая. О кометѣ, появившейся въ 371 году до Р. Хр., Аристотель пишетъ, что ея яркій и обширный хвостъ занималъ третью часть видимаго неба. Въ 43 году до Р. Хр., вскорѣ послѣ смерти Цезаря, появилась такая яркая комета, что ее можно было хорошо видѣть даже въ полдень. Римляне думали, что

она явилась для того, чтобы унести душу великаго диктатора на тронъ боговъ. Поэтому комета была названа Julium Sidus, и даже солнце, покрытое блѣднымъ покрываломъ, должно было оплакивать смерть необыкновеннаго человѣка.

Во времена Нерона, въ 60 году послѣ Р. Хр., появилась комета, которая, по показанію Сенеки, затмѣвала лучи восходящаго солнца. Въ 1402 году появились двѣ очень большія и яркія кометы. Комета 1532 года могла быть видима на небѣ въ теченіе цѣлаго дня. Комета 1618 года, появившаяся во времена Кеплера въ первый годъ тридцатилѣтней войны, обладала хвостомъ въ 100° длиною, такъ что конецъ хвоста еще находился подъ горизонтомъ, когда голова кометы уже занимала наивысшее положеніе на небѣ, и этотъ хвостъ казался еще болѣе страшнымъ потому, что онъ не оканчивался остріемъ, но все болѣе и болѣе расширялся въ видѣ вѣера. Комета 1680 года (см. табл., стр. 471) была такъ велика, что, хотя ея голова заходила вскорѣ послѣ солнца, тѣмъ не менѣе, часть ея хвоста, весьма широкаго и въ длину простиравшагося болѣе чѣмъ на 70°, была видна въ теченіе всей ночи. Одна изъ величайшихъ, наблюдавшихся до сихъ поръ, кометъ была комета 1744 года (рис. 178), которая, по отзывамъ астрономовъ того времени была 1 февраля этого года ярче Сиріуса, 8 февраля превосходила по яркости Юпитера, а въ началѣ марта—даже Венеру при ея наибольшей яркости, такъ что изъ мѣстъ, находившихся въ тѣни, ее можно было очень хорошо видѣть невооруженнымъ глазомъ въ 1 часъ пополудни. Наконецъ, по своимъ размѣрамъ были замѣчательны также комета 1769 года (см. табл., стр. 471), хвостъ которой по длинѣ превосходилъ 90°, и комета 1861 года, хвостъ которой въ моментъ наибольшаго развитія достигалъ въ длину 120°.

До сихъ поръ, по обычаю астрономовъ, мы опредѣляли длину кометныхъ хвостовъ въ градусахъ; иначе говоря, мы давали тотъ уголъ, подъ которымъ усматривается съ земли хвостъ данной кометы. Но мы получили бы болѣе ясное представленіе о размѣрахъ хвостовъ, если бы могли выразить ихъ величину въ километрахъ. Однако, это часто бываетъ весьма затруднительно, такъ какъ, если мы можемъ точно вычислить разстояніе, отдѣляющее комету отъ земли, то мы не можемъ съ такою же точностью опредѣлить положеніе хвоста относительно линіи зрѣнія. Вслѣдствіе своего положенія хвосты часто кажутся намъ короче своихъ дѣйствительныхъ размѣровъ; къ этому присоединяется также весьма размытое и неопредѣленное очертаніе хвостовъ на концахъ, наиболѣе удаленныхъ отъ ядра. Шрётеръ и В. Гершель впервые сдѣлали попытку опредѣлить дѣйствительную величину хвостовъ. При этомъ они для хвостовъ различныхъ кометъ нашли длины, данныя въ слѣдующей табличкѣ.

Комета	Длина въ милліонахъ километровъ
1744	52
1769	70
1680	150
1811	160

Другіе примѣры будутъ приведены ниже.

Сообразно съ этимъ кометы слѣдуетъ считать по размѣрамъ величайшими тѣлами солнечной системы. Ихъ хвосты занимаютъ иногда, какъ мы только-что видѣли, такое протяженіе, которое больше разстоянія отъ земли до солнца. Точно также и діаметръ, перпендикулярный къ ихъ оси, или, иначе говоря, толщина хвостовъ можетъ часто составлять нѣсколько милліоновъ километровъ. Голова кометы 1811 года (см. табл., стр. 471) имѣла въ діаметрѣ, по крайней мѣрѣ, милліонъ километровъ. Этотъ діаметръ, слѣдовательно, въ 80 разъ превосходилъ діаметръ земли и въ 7 разъ діаметръ Юпитера, величайшей изъ нашихъ планетъ, такъ что голова этой кометы по объему была въ 340 разъ больше Юпитера и въ 510000 разъ больше земли, причемъ при этомъ вычисленіи не былъ принятъ во вни-

маніе ея огромный хвостъ, который по своей длинѣ былъ значительно больше средняго разстоянія отъ земли до солнца. Масса, одинъ разъ удалившаяся на столько милліоновъ километровъ отъ головы кометы, естественно, не можетъ быть снова притянута разрѣженнымъ веществомъ кометы, и этимъ легко объясняется постепенное уменьшеніе размѣровъ такихъ кометъ, которыя наблюдались уже по нѣскольку разъ.

§ 137. **Собственный свѣтъ и спектры кометъ.** Безъ сомнѣнія, было бы весьма интересно рѣшить вопросъ, являются ли кометы, подобно планетамъ, тѣлами темными, получающими свѣтъ только отъ солнца, или же онѣ, можетъ-быть, не только отражаютъ солнечный свѣтъ, но кромѣ того еще свѣтятся собственнымъ, хотя бы и гораздо болѣе слабымъ свѣтомъ.

Для рѣшенія этого вопроса въ прежнія времена старались открыть у кометъ фазы, подобныя тѣмъ, которыя наблюдаются у нашей луны, у Венеры и Меркурія, но при этомъ постоянно приходили къ отрицательнымъ результатамъ, такъ какъ вслѣдствіе особеннаго строенія кометъ вообще весьма трудно было бы замѣтить у нихъ фазы, если бы таковыя дѣйствительно существовали. Поэтому послѣ Араго неоднократно дѣлали попытки разрѣшить этотъ вопросъ при помощи изслѣдованія свѣта кометъ по отношенію къ поляризаціи; но и эти попытки также не привели ни къ какому рѣшительному результату. Извѣстно, что обыкновенный свѣтовый лучъ дѣлается болѣе или менѣе поляризованнымъ, если онъ отражается отъ какого-нибудь другого тѣла (§ 6). Поэтому, если бы было найдено, что свѣтъ, исходящій изъ кометы, есть свѣтъ отчасти поляризованный, то отсюда только слѣдовало бы, что среди лучей, идущихъ къ намъ отъ кометы, дѣйствительно есть отраженные лучи солнечнаго свѣта, въ чемъ и безъ того никто не сомнѣвается. Напротивъ того, цѣлый рядъ другихъ явленій показываетъ, что по крайней мѣрѣ нѣкоторыя кометы посылаютъ къ намъ кромѣ отраженнаго также и собственный свѣтъ. Это слѣдуетъ между прочимъ изъ значительныхъ колебаній яркости, наблюдавшихся особенно въ послѣднее время у многихъ кометъ, а также и изъ того, что послѣ прохожденія черезъ перигелій при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ кометы обыкновенно кажутся болѣе длинными и болѣе яркими, чѣмъ до прохожденія. Такъ, напр., большія кометы 1843 и 1880 годовъ до прохожденія черезъ перигелій вообще совершенно не были видимы; большая сентябрьская комета 1882 года была открыта невооруженнымъ глазомъ за 14 дней до своего прохожденія, между тѣмъ какъ послѣ прохожденія она оставалась видимой въ теченіе пяти мѣсяцевъ, но въ послѣднее время она, конечно, была уже настолько слаба, что безъ предварительнаго знанія ея положенія на небѣ она лишь съ большимъ трудомъ могла бы быть такъ долго наблюдаема невооруженнымъ глазомъ. Результаты этихъ соображеній подтверждаются также и спектральнымъ анализомъ, пріобрѣтающимъ для астрономіи все бо́льшее и бо́льшее значеніе.

За исключеніемъ весьма немногихъ кометъ, всѣ изслѣдованныя до сихъ поръ кометы характеризовались одинаковымъ спектромъ, состоящимъ изъ трехъ свѣтлыхъ полосъ. Такой типичный спектръ, относящійся къ кометѣ Энке, изображенъ на цвѣтной таблицѣ, приложенной къ § 178 этой части. Этотъ спектръ въ главныхъ чертахъ состоитъ изъ спектральныхъ полосъ, принадлежащихъ раскаленному или доведенному до свѣченія при помощи электричества углеводородному газу, съ тою лишь особенностью, что максимумъ яркости этихъ полосъ лежитъ не на томъ краю, который обращенъ къ красному концу спектра, какъ въ углеводородныхъ полосахъ, а смѣщенъ къ фіолетовому концу. Это происходитъ, какъ замѣтилъ Фогель и какъ опытнымъ путемъ впервые доказалъ Кайзеръ, оттого, что въ спектрахъ, состоящихъ изъ полосъ, при расширеніи щели спектроскопа максимумъ яркости полосъ смѣщается къ фіолетовому концу, спектры же кометъ вслѣдствіе слабости ихъ свѣта обыкновенно изслѣдуются при сравнительно очень широкой щели.

Въ спектрахъ нѣкоторыхъ кометъ, подходившихъ очень близко къ солнцу, напр., въ спектрѣ большой сентябрьской кометы 1882 года (см. упомянутую выше цвѣтную

таблицу), во время прохожденія кометы черезъ перигелій выступалъ еще рядъ свѣтлыхъ линій. Значеніе этого факта будетъ объяснено ниже, когда мы будемъ говорить объ этой кометѣ.

* Чтобы читатель могъ составить себѣ болѣе ясное представленіе о спектрахъ кометъ, на рис. 182, по порядку снизу, даны слѣдующіе спектры: 1) спектръ солнца, причемъ въ силу техническихъ условій темныя линіи этого спектра замѣнены свѣтлыми; 2) спектръ окиси углерода; 3) спектръ кометы Борелли по наблюденіямъ Линдсея въ 1877 году; 4) спектръ кометы Брорсена по наблюденіямъ Гуггинса въ 1868 году; 5) спектръ кометы Теббута по наблюденіямъ, произведеннымъ въ 1881 году; 6) спектръ соединенія углерода съ водородомъ. Спектръ кометы Теббута есть нормальный кометный спектръ. Спектры двухъ другихъ кометъ нѣсколько отличаются отъ типичнаго спектра кометъ. *

Изъ всего изложеннаго въ этомъ параграфѣ относительно спектровъ кометъ вытекаетъ, что въ составъ этихъ небесныхъ тѣлъ входятъ свѣтящіеся газы, и что, слѣдовательно, кометы кромѣ отраженнаго солнечнаго свѣта посылаютъ къ намъ еще и свой собственный.

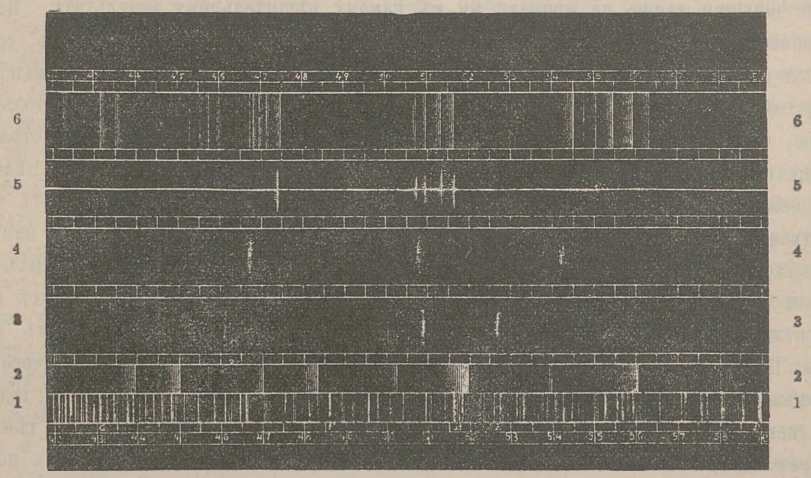


Рис. 182.

§ 138. **Прозрачность кометъ, ихъ масса и плотность.** Вещество, изъ котораго состоятъ «волоса» и хвостъ кометы, по большей части бываетъ настолько прозрачно, что его нельзя сравнивать даже съ нашими легкими туманами. Въ самомъ дѣлѣ, у насъ на землѣ изъ-за тумана мы часто не можемъ различить въ нѣсколькихъ шагахъ большихъ предметовъ, напримѣръ, домовъ и деревьевъ, между тѣмъ какъ сквозь оболочку, которая окружаетъ кометы и которая по лучу зрѣнія можетъ простираться на тысячи километровъ, мы видимъ почти безъ всякаго ослабленія весьма мелкія звѣзды въ разстояніи нѣсколькихъ секундъ отъ ядра. Такъ, Юнгъ 1 декабря 1871 года наблюдалъ прохожденіе кометы Энке передъ звѣздой 9-й величины, которая при этомъ нисколько не потеряла въ своей яркости, хотя въ теченіе 30 секундъ почти въ точности совпадала съ центромъ кометы, такъ что ее легко можно было принять за ядро кометы. Поэтому вещество, изъ котораго состоятъ кометы, хотя и отражаетъ отчасти солнечный свѣтъ, все же, повидимому, должно быть весьма прозрачнымъ. Комета 1819 года представляла случай произвести рѣшающія въ этомъ отношеніи наблюденія, такъ какъ она утромъ 26 іюня этого года проходила между солнцемъ и землею, и потому мы могли бы видѣть ее на свѣтломъ фонѣ солнца, если бы она состояла изъ твердой массы. Но, къ несчастію, предвычисленіе этого

явленія было сдѣлано слишкомъ поздно, и наблюденіе Пасторфа, который принялъ за эту комету пятно, замѣченное имъ на солнцѣ въ указанный день, внушаетъ слишкомъ мало довѣрія, чтобы можно было обращать на него вниманіе, такъ какъ генералъ Линденеръ въ Глацѣ и профессоръ Штейнхейбель въ Вѣнѣ утверждали, что въ тѣ часы, когда Пасторфъ наблюдалъ солнце, это послѣднее было совершенно свободно отъ пятенъ. Точно также комета 1826 V проходила между солнцемъ и землей утромъ 18 ноября, но Гамбаръ, наблюдавшій въ это время солнце, не замѣтилъ на немъ никакого слѣда кометы. Въ 1882 году снова комета проходила передъ солнечнымъ дискомъ, о чемъ мы еще будемъ говорить ниже; но во время этого прохожденія она оставалась невидимой на солнечномъ дискѣ, впрочемъ, можетъ-быть, исключительно потому, что въ это время она обладала совершенно необыкновенною яркостью. Что же касается знаменитаго покрытія луны кометой, о которомъ будто бы говоритъ Георгъ Францъ въ своей хроникѣ за 1454 годъ, то было доказано, что въ данномъ случаѣ просто былъ невѣрно переведенъ греческій текстъ.

Масса кометъ, какъ это неопровержимымъ образомъ вытекаетъ изъ нижеслѣдующаго, должна быть весьма незначительна. Въ самомъ дѣлѣ, несмотря на то, что очень многія кометы подходили весьма близко къ землѣ и къ другимъ планетамъ, ни одна изъ нихъ не произвела сколько-нибудь замѣтныхъ возмущеній въ движеніи этихъ небесныхъ тѣлъ, между тѣмъ какъ орбиты кометъ, особенно при приближеніи ихъ къ Юпитеру, очень часто принимали совершенно другой видъ, чему мы дадимъ ниже нѣсколько примѣровъ. При такихъ условіяхъ вслѣдствіе огромныхъ размѣровъ кометъ плотность ихъ должна быть необыкновенно мала. Впрочемъ, это справедливо только по отношенію къ средней плотности цѣлой кометы; ядро же кометы, хотя оно и очень мало, все же очень часто обладаетъ весьма значительною плотностью, такъ какъ иначе оно не могло бы дать столько вещества для образованія хвоста, не исчезнувъ само. Это въ связи съ вышеупомянутой необыкновенной прозрачностью «волосъ» и хвоста дѣлаетъ въ высшей степени вѣроятнымъ предположеніе, что кометы, подобно метеорнымъ потокамъ, состоятъ изъ взаимно притягивающихся, но отдѣленныхъ другъ отъ друга болѣе или менѣе значительными промежутками маленькихъ тѣлецъ. Впрочемъ къ этому вопросу мы еще вернемся въ главѣ о падающихъ звѣздахъ.

§ 139. **Вычисленіе кометныхъ орбитъ.** Кометы почти всѣ безъ исключенія движутся по весьма вытянутымъ эллиптическимъ орбитамъ, и мы видимъ ихъ только тогда, когда онѣ находятся вблизи перигелія, т.-е. когда онѣ приближаются къ солнцу и, слѣдовательно, также и къ землѣ, такъ какъ въ сравненіи съ огромными орбитами кометъ земля никогда не удаляется далеко отъ солнца. Поэтому, если какая-нибудь комета, очень часто лишь по истеченіи большого промежутка времени, снова приближается къ солнцу и дѣлается доступной для нашихъ наблюденій, то не только вслѣдствіе дѣйствительныхъ перемѣнъ, которыя могутъ происходить въ кометахъ, но также вслѣдствіе иного положенія кометы относительно солнца и земли, она иногда представляется настолько измѣнившейся, что по одному внѣшнему виду совершенно невозможно признать въ ней прежнюю гостью. Но такъ какъ для астрономовъ весьма важно бываетъ рѣшить, принадлежитъ ли появившаяся комета къ числу новыхъ или же она уже появлялась и раньше, то они стали искать другіе отличительные признаки, которые не подвергались бы такимъ сильнымъ измѣненіямъ, и за таковые признаки оказалось возможнымъ принять элементы кометныхъ орбитъ (часть I, § 82), знаніе которыхъ и безъ того необходимо какъ для опредѣленія движенія кометы, такъ и для вычисленія ея положенія на небѣ для любого момента.

Поэтому, какъ только появляется на небѣ какая-нибудь комета, ее тотчасъ же начинаютъ наблюдать съ большимъ усердіемъ, и изъ этихъ наблюденій выводятся при помощи вычисленія элементы ея орбиты. Если при этомъ окажется, что эти элементы сходны съ элементами какой-нибудь кометы, появлявшейся раньше, то отсюда заключаютъ,

что обѣ кометы, по всей вѣроятности, тождественны, и что поэтому чужая гостья уже появлялась раньше одинъ, а можетъ-быть и нѣсколько разъ.

Конечно, здѣсь нельзя дать полнаго отвѣта на естественнымъ образомъ возникающій вопросъ: какимъ образомъ найти элементы кометной орбиты? Но, несмотря на это, читатели, можетъ-быть, пожелаютъ, чтобы мы имъ указали, по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ, путь, слѣдуя которому, можно достичь намѣченной цѣли. Поэтому къ тому, что было сказано объ этомъ предметѣ раньше (§ 66), мы прибавимъ еще слѣдующее.

Пусть S, T и p (рис. 183) представляютъ солнце, землю и комету въ моментъ наблюденія этой послѣдней. Опустимъ изъ точки p перпендикуляръ pT на плоскость эклиптики STP и соединимъ подошву перпендикуляра P прямыми линіями съ точками S и T. Въ такомъ случаѣ мы получаемъ три треугольника STP, SPp и TPp, къ полному рѣшенію которыхъ собственно и сводится все вычисленіе, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь.

Но рѣшеніе этихъ треугольниковъ представляетъ извѣстныя трудности, такъ какъ наблюденія даютъ намъ только положеніе луча зрѣнія, идущаго къ свѣтилу, т.-е. даютъ углы: 1) STP, который равенъ долготѣ солнца безъ геоцентрической долготы кометы, и 2) PTp, который есть ничто иное, какъ геоцентрическая широта кометы. Но такъ какъ теорія движенія солнца намъ извѣстна, то мы можетъ еще считать данной величиной разстояніе отъ земли до солнца или длину линіи ST. Такимъ образомъ въ упомянутыхъ выше трехъ треугольникахъ намъ извѣстны углы STP и PTp и сторона ST, откуда мы по правиламъ тригонометріи можемъ еще опредѣлить уголъ STp. Для рѣшенія нашихъ треугольниковъ намъ необходимо знать еще одно разстояніе, а именно: или разстояніе Sp кометы отъ солнца, или ея разстояніе Tp отъ земли. Однако, эти разстоянія, какъ было сказано выше, не могутъ быть опредѣлены непосредственно изъ наблюденій. Поэтому задача объ опредѣленіи орбиты кометы или планеты вообще была бы неразрѣшима, если бы законы Кеплера не доставляли намъ соотношеній между отдѣльными положеніями небесныхъ тѣлъ и такимъ образомъ не давали бы возможности написать условныя уравненія, которыя должны быть удовлетворены наблюденіями. Такъ, кривая, описываемая небеснымъ тѣломъ, должна представлять одно изъ коническихъ сѣченій *); далѣе, всѣ наблюденныя положенія должны лежать въ одной плоскости, проходящей черезъ центръ солнца; наконецъ, площади, описываемыя радіусами-векторами въ нѣкоторые промежутки времени, должны быть пропорціональны этимъ промежуткамъ. Аналитическое выраженіе всѣхъ этихъ условій можно написать безъ всякаго труда; но они настолько сложны и входящія въ нихъ неизвѣстныя величины находятся въ такой сложной взаимной зависимости, что прямое вычисленіе этихъ величинъ невозможно.

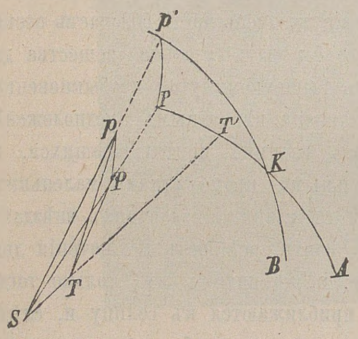


Рис. 183.

Поэтому прямой путь рѣшенія задачи приходится оставить, и вмѣсто этого слѣдуетъ посмотрѣть, нельзя ли достигнуть намѣченной цѣли окольнымъ путемъ, помощью пробъ, причемъ для одной изъ неизвѣстныхъ величинъ, напр., для стороны TP, принимаютъ произвольное и, слѣдовательно, безъ сомнѣнія, ошибочное значеніе, и при такомъ

*) Коническимъ сѣченіемъ называется кривая линія, получающаяся при пересѣченіи прямого конуса съ круговымъ основаніемъ произвольною плоскостью. Объ этомъ подробнѣе будетъ сказано въ третьей части.

Переводчикъ.

предположеніи продолжаютъ вычисленіе дальше до тѣхъ поръ, пока не дойдутъ до результата, не согласующагося съ наблюденіями. Тогда вычисленія прерываютъ и затѣмъ продѣлываютъ то же самое при другомъ предположеніи относительно величины *TP*. На основаніи двухъ полученныхъ ошибокъ можно безъ труда видѣть, въ какомъ смыслѣ надо измѣнять величину *TP*, чтобы постепенно уменьшать ошибку и, въ концѣ концовъ, совершенно уничтожить ее, что вообще и удается послѣ нѣсколькихъ цѣлесообразныхъ пробъ. Что такой способъ послѣдовательныхъ приближеній требуетъ утомительныхъ и обширныхъ вычисленій, это понятно само собой. Поэтому являются вполнѣ естественными постоянныя стремленія существеннымъ образомъ сократить работу какимъ-нибудь искусственнымъ способомъ, на основаніи тѣхъ или другихъ остроумныхъ соображеній.

Получивъ такимъ образомъ величину *TP*, мы можемъ вполнѣ рѣшить вышеупомянутые треугольники, вслѣдствіе чего намъ будетъ извѣстна также сторона *Sp*, т.-е. радіусъ-векторъ кометы въ моментъ наблюденія. Если такія вычисленія будутъ сдѣланы для трехъ моментовъ наблюденія, то вопросъ объ опредѣленіи элементовъ орбиты сведется къ рѣшенію слѣдующей геометрической задачи: построить эллипсъ по тремъ даннымъ радіусамъ и по угламъ, заключеннымъ между ними.

Подобнымъ же образомъ слѣдуетъ поступать и при опредѣленіи элементовъ планетныхъ орбитъ. И, дѣйствительно, подобный способъ постоянно примѣняется къ вычисленію орбитъ астеронидовъ. Что же касается большихъ планетъ, то въ этомъ случаѣ получается большое сбереженіе труда, такъ какъ для нихъ одинъ изъ шести элементовъ, именно ихъ времена обращенія или, что то же, большія полуоси ихъ орбитъ были весьма точно опредѣлены изъ наблюденій древнихъ. И эта-то огромная выгода отпадаетъ въ томъ случаѣ, когда дѣло идетъ объ опредѣленіи орбиты новой планеты.

Въ случаѣ кометъ астрономы старались воспользоваться подобной же выгодой для облегченія соотвѣтственныхъ вычисленій. Замѣтивъ, что почти всѣ кометы описываютъ около солнца весьма эксцентрическіе (весьма вытянутые) эллипсы, ученые сдѣлали допущеніе, что онѣ движутся не по эллиптическимъ кривымъ, какъ въ дѣйствительности, а по параболическимъ *). Если обѣ кривыя имѣютъ одну и ту же вершину и одинъ и тотъ же фокусъ, то дуга эллипса тѣмъ ближе подходитъ къ дугѣ параболы, чѣмъ больше эксцентриситетъ эллипса, и такое совпаденіе имѣетъ мѣсто въ особенности вблизи вершины или вблизи перигелія, гдѣ кометы обыкновенно и наблюдаются, такъ какъ въ этомъ пунктѣ онѣ находятся ближе всего къ солнцу, а слѣдовательно вообще и къ землѣ.

Если же мы допустимъ, что кометы движутся по параболическимъ орбитамъ, то тотчасъ же отпадаетъ одинъ элементъ, именно большая полуось, которая въ этомъ случаѣ дѣлается безконечно большой, и черезъ это въ сильной степени облегчаются всѣ вычисленія. Въ дѣйствительности такое предположеніе астрономы дѣлаютъ при всякомъ первомъ вычисленіи кометной орбиты, и обыкновенно такимъ образомъ, наблюденія представляются достаточно точно, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, считая большую полуось орбиты безконечно большой, вычислители отказываются отъ всякаго предварительнаго знанія времени обращенія кометы. Потомъ же, если комета появится во второй разъ, и если на основаніи сходства элементовъ орбиты оба появленія будутъ признаны дѣйствительно относящимися къ одному и тому же небесному тѣлу, то такимъ путемъ уже легко можно найти время обращенія кометы. Впрочемъ, нерѣдко случается, что современныя, весьма точныя наблюденія не удовлетво-

---

*) Если мы, оставляя безъ измѣненія одинъ изъ фокусовъ эллипса и ближайшую къ этому фокусу вершину, будемъ безпредѣльно удалять другую вершину, то вслѣдствіе этого большая ось эллипса будетъ постепенно увеличиваться и, въ концѣ концовъ, сдѣлается безконечно большой. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ наша эллиптическая кривая обращается въ параболическую.
Переводчикъ.

ряютъ движенію по параболической кривой, и въ этомъ случаѣ бываетъ необходимо непосредственно опредѣлять эллиптическую орбиту.

Само собой разумѣется, что опредѣленіе элементовъ будетъ тѣмъ точнѣе, чѣмъ больше дуга, описанная кометой въ тотъ промежутокъ времени, когда она наблюдалась съ земли, такъ какъ и въ этомъ случаѣ, какъ и вообще во всѣхъ изслѣдованіяхъ, опасно на основаніи малаго дѣлать заключеніе о большомъ. Поэтому для насъ является весьма невыгоднымъ то обстоятельство, что мы можемъ видѣть кометы вслѣдствіе ихъ слабаго свѣта только вблизи солнца и, слѣдовательно, по большей части только на незначительной части ихъ весьма огромныхъ орбитъ, такъ какъ онѣ, удаляясь отъ солнца, а, слѣдовательно, также и отъ земли, дѣлаются недоступными даже лучшимъ нашимъ астрономическимъ трубамъ. Это неблагопріятное обстоятельство оказываетъ особенно вредное вліяніе на времена обращенія кометъ. Поэтому нельзя удивляться, что времена обращенія получаются весьма различной продолжительности, смотря по тому, какія наблюденія были положены въ основаніе всего вычисленія элементовъ, и что времена обращенія въ нѣсколько тысячъ лѣтъ вслѣдствіе ошибокъ, присущихъ наблюденіямъ, не могутъ быть опредѣлены съ достаточною точностью.

Съ другой стороны, снова узнать комету во время вторичнаго ея прохожденія черезъ перигелій бываетъ иногда весьма затруднительно, а иногда безъ обширныхъ и утомительныхъ вычисленій даже совершенно невозможно вслѣдствіе того, что орбиты этихъ небесныхъ тѣлъ подвергаются весьма значительнымъ измѣненіямъ, если кометы проходятъ вблизи одной изъ большихъ планетъ, напр., вблизи Юпитера. Условія и обстоятельства, при которыхъ въ такомъ случаѣ Юпитеръ можетъ произвести возмущенія въ движеніи кометъ, въ новѣйшее время были подробно изучены Тиссераномъ, Шульгофомъ, Калландро и Х. А. Ньютономъ. Этотъ послѣдній показалъ, что изъ 1000 милліоновъ кометъ, первоначальное движеніе которыхъ совершается, по предположенію, по параболическимъ орбитамъ, равномѣрно распредѣленнымъ въ пространствѣ, если только разстоянія ихъ перигеліевъ лежатъ внутри орбиты Юпитера, для слѣдующаго числа кометъ параболическія орбиты подъ дѣйствіемъ этой планеты должны измѣниться въ эллиптическія съ указаннымъ временемъ обращенія:

Время обращенія				Число кометъ
меньше	$^1/_2T$	—	—	126
отъ $^1/_2T$ до	T	—	—	839
» T до	$1^1/_2T$	—	—	1701
» $1^1/_2T$ до	$2T$	—	—	2670 и т. д.

Въ этой таблицѣ буквой T обозначено время обращенія Юпитера.

На основаніи изслѣдованій Ньютона, далѣе, оказывается, что эллиптическія орбиты получаются почти исключительно для такихъ планетъ, которыя совершаютъ движеніе въ плоскостяхъ, мало наклоненныхъ къ плоскости орбиты Юпитера, и что новыя орбиты послѣ преобразованія также сохраняютъ этотъ незначительный наклонъ. Напротивъ того, кометы, орбиты которыхъ наклонены подъ большими углами къ плоскости орбиты Юпитера, обыкновенно подвергаются другой участи: ихъ орбиты преобразовываются въ гиперболическія *), и вслѣдствіе этого такія кометы по большей части удаляются въ безграничное міровое пространство.

Калландро при своихъ изслѣдованіяхъ относительно кометъ пришелъ, между прочимъ, къ весьма важному результату, что всѣ кометныя орбиты, для которыхъ большія полуоси

*) Гипербола есть кривая линія, состоящая изъ двухъ вѣтвей, уходящихъ въ безконечность; по одной изъ вѣтвей гиперболы и можетъ происходить движеніе кометы. Болѣе подробно парабола и гипербола будутъ разсмотрѣны въ § 15 третьей части книги.

Переводчикъ.

заключаются въ предѣлахъ отъ 2,60 до 6,28 радіусовъ земной орбиты, первоначально были параболическими и только благодаря вхожденію кометъ въ сферу дѣйствія Юпитера преобразовались въ эллиптическія. Разсмотрѣніе приложенной въ концѣ книги таблицы періодическихъ кометъ съ короткимъ періодомъ обращенія показываетъ, что для всѣхъ нихъ, за исключеніемъ кометы Энке, большія полуоси заключаются въ указанныхъ выше предѣлахъ; слѣдовательно, происхожденіе всѣхъ этихъ орбитъ мы можемъ объяснить возмущеніями Юпитера. * Орбиты кометъ съ короткимъ періодомъ обращенія, отъ 3 до 8 лѣтъ, изображены на рис. 184. На этомъ же рисункѣ изображена часть орбиты Галлеевой кометы (см. § 140). *

Но тѣмъ, что было изложено выше, еще далеко не исчерпываются всѣ затрудненія, которыя могутъ представиться при отысканіи уже извѣстной, наблюдавшейся раньше кометы при ея новомъ появленіи. При этомъ имѣютъ существенное значеніе условія видимости кометы, которыя, въ зависимости отъ различныхъ положеній кометы относительно солнца и земли, во время одного появленія могутъ быть весьма благопріятными, а во время другого, наоборотъ, настолько неблагопріятными, что комета вообще остается невидимой. Такъ, напримѣръ, періодъ обращенія слабой телескопической кометы 1869 III составляетъ приблизительно 5,5 лѣтъ, и вслѣдствіе этого она отличается тою особенностью, что если во время одного ея прохожденія черезъ перигелій имѣютъ мѣсто весьма благопріятныя условія видимости, какъ это и было въ 1869 году, то послѣ этого въ теченіе цѣлаго ряда оборотовъ правильнымъ образомъ чередуются весьма благопріятныя въ смыслѣ видимости появленія съ весьма неблагопріятными. И, дѣйствительно, во время прохожденія черезъ перигелій въ маѣ 1875 года комета по яркости была болѣе чѣмъ въ 100 разъ слабѣе, чѣмъ во время прохожденія черезъ перигелій въ ноябрѣ 1869 и 1880 годовъ, и этимъ, конечно, объясняется то обстоятельство, что въ 1875 году она не была найдена.

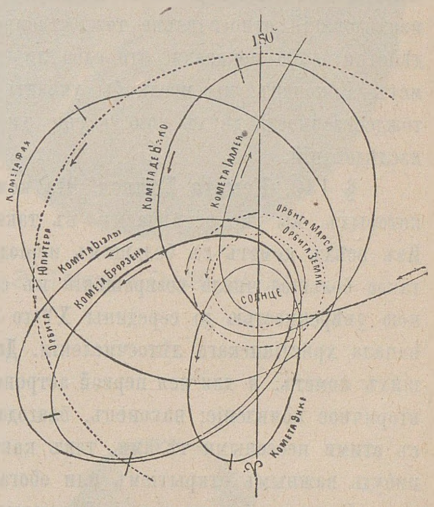


Рис. 184.

Наконецъ, яркость многихъ кометъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, подвергается весьма значительнымъ колебаніямъ, и при такихъ колебаніяхъ нѣкоторыя изъ нихъ дѣлаются даже совершенно невидимыми. Поэтому понятно, что весьма многія кометы, которыя характеризуются несомнѣнно короткимъ періодомъ обращенія, со времени перваго своего появленія болѣе ни разу не были наблюдаемы. Несмотря на это, мы знаемъ болѣе двѣнадцати кометъ съ періодомъ обращенія между 3 и 14 годами и три кометы съ періодомъ, превосходящимъ 70 лѣтъ, которыя наблюдались уже во время нѣсколькихъ появленій. Въ таблицахъ, помѣщенныхъ въ концѣ книги, даны свѣдѣнія объ этихъ кометахъ, наиболѣе интересныя изъ которыхъ мы разсмотримъ ниже подробнѣе.

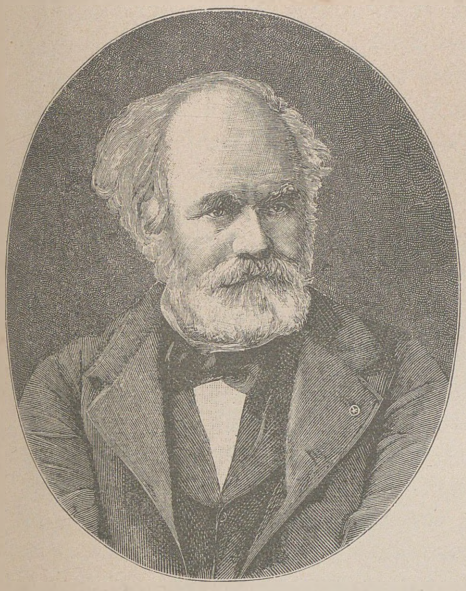
Кромѣ кометъ, тождественность которыхъ съ появлявшимися раньше могла быть установлена безъ всякаго сомнѣнія, можно указать еще на цѣлый рядъ такихъ, относительно которыхъ можно было только подозрѣвать, что онѣ наблюдались уже и прежде; но все же тождественность ихъ съ прежними кометами по вышеизложеннымъ причинамъ остается болѣе или менѣе спорной. Такъ, нѣкоторые астрономы, и между прочимъ Клаузенъ, считали комету 1743 I тождественной съ кометой 1819 IV. Наблюденія 1819 года, во всякомъ случаѣ, указываютъ на ясные слѣды эллиптичности орбиты, и элементы обѣихъ орбитъ включительно до весьма различныхъ между собою наклонностей находятся въ согласіи съ этой догадкой, такъ какъ различіе въ углахъ наклоненія Клаузенъ объясняетъ большими

возмущеніями, которыя комета претерпѣла въ 1758 году со стороны Юпитера, и благодаря которымъ прежнее время обращенія, равное 6,73 годамъ, сдѣлалось равнымъ только 5,5 годамъ. Впрочемъ съ 1819 года эту комету болѣе никто не видалъ. Точно также Клаузенъ считалъ комету 1766 II тождественной съ кометой 1819 III, которая въ настоящее время, послѣ ея новаго открытія астрономомъ Виннеке въ 1858 году, обыкновенно называется кометой Виннеке. Этой кометѣ приписываютъ время обращенія, равное 5,03 годамъ. Далѣе, Леверье и Брюновъ при помощи обширныхъ вычисленій показали, что комета 1678 года, по всей вѣроятности, тождественна съ кометой 1844 I (съ кометой Де-Вико), и ея время обращенія считается равнымъ 5,38 годамъ. Точно также Д'Арре для кометы 1845 III, вслѣдствіе сходства ея орбиты съ орбитой кометы 1596 года, вычислилъ эллиптическіе элементы съ временемъ обращенія въ 250 лѣтъ, хотя парабола вполнѣ удовлетворяла немногочисленнымъ наблюденіямъ 1845 года. То же самое относится и къ кометѣ 1873 VII: большое сходство ея элементовъ съ элементами кометы 1818 I побудило Э. Вейса и послѣ него Шульгофа произвести цѣлый рядъ изслѣдованій относительно тождественности обоихъ небесныхъ тѣлъ, и эти изслѣдованія дѣйствительно показали, что едва ли можно сомнѣваться въ тождественности обѣихъ кометъ. Наконецъ, мы могли бы указать еще много такихъ примѣровъ, гдѣ подозрѣваемая тождественность двухъ кометъ еще ожидаетъ подтвержденія при помощи соотвѣтственныхъ изслѣдованій.

§ 140. **Комета Галлея.** Эта комета отличается многими интересными свойствами, которыхъ мы не встрѣчаемъ въ такомъ большомъ числѣ ни въ какой другой кометѣ. Изъ всѣхъ кометъ съ большимъ періодомъ обращенія только для нея одной наблюдалось такое большое число возвращеній къ солнцу, мы можемъ прослѣдить эту комету съ полною увѣренностью до середины XV-го столѣтія, а съ нѣкоторою вѣроятностью даже до начала христіанскаго лѣтосчисленія. Далѣе, это одна изъ наибольшихъ и замѣчательнѣйшихъ кометъ, и для нея первой астрономы осмѣлились предсказать и притомъ вполнѣ удачно вторичное появленіе; наконецъ, благодаря этой кометѣ мы впервые ближе познакомились съ этими небесными тѣлами, такъ какъ почти всякое ея появленіе сопровождалось какимъ-нибудь важнымъ открытіемъ или обогащеніемъ нашихъ знаній относительно кометнаго міра.

Время обращенія этой кометы въ среднемъ изъ всѣхъ наблюдавшихся до сихъ поръ ея появленій составляетъ 75—76 лѣтъ. Поэтому большая полуось ея орбиты въ 18 разъ превосходитъ большую полуось земной орбиты и, слѣдовательно, составляетъ приблизительно 5350 милліоновъ километровъ; вслѣдствіе весьма значительнаго эксцентриситета этой орбиты разстояніе ея перигелія отъ солнца равняется только 0,6 радіуса земной орбиты, такъ что въ перигеліи эта комета подходитъ къ солнцу приблизительно въ два раза ближе, чѣмъ земля; наибольшее же разстояніе кометы отъ солнца составляетъ 35,4 радіусовъ земной орбиты, и слѣдовательно, равняется приблизительно двойному разстоянію отъ Урана до солнца. При прохожденіи черезъ перигелій эта комета пробѣгаетъ 54,2 километра въ секунду; около же афелія ея линейная скорость уменьшается до 0,9 километра въ секунду, такъ что въ первомъ случаѣ она движется приблизительно въ 2 раза быстрѣе, а во второмъ—въ 30 разъ медленнѣе, чѣмъ земля. Орбита этой кометы расположена такъ, что она никогда не можетъ подойти къ землѣ ближе, чѣмъ на нѣсколько милліоновъ километровъ.

Постараемся, исходя изъ извѣстныхъ появленій этой кометы, прослѣдить возможныя ея приближенія къ солнцу въ болѣе ранніе періоды нашей исторіи, для чего мы должны отъ 1456 года, когда эта комета впервые была наблюдаема въ полномъ смыслѣ этого слова, отнять сначала время обращенія кометы, равное 75—76 годамъ, затѣмъ удвоенное время обращенія, потомъ утроенное и т. д. Въ такомъ случаѣ мы натолкнемся на многочисленныя сообщенія историковъ тѣхъ временъ о появленіяхъ большихъ кометъ, которыя, конечно, могутъ быть тождественны съ кометой Галлея. Но такъ какъ иногда на протяженіи



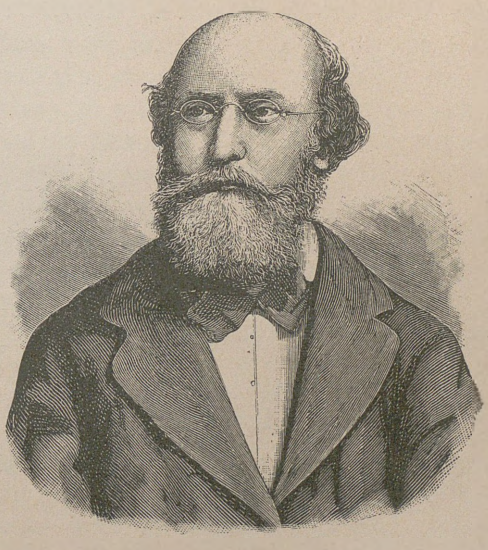
П. Жансенъ.



Э. Галлей (1656—1724).



Профессоръ Л. Вейнекъ.



В. Гульдъ (1824—1896).

небольшого числа лѣтъ появляется нѣсколько значительныхъ кометъ, то такой способъ можетъ оказаться недостаточнымъ для надежнаго установленія тождественности этихъ небесныхъ тѣлъ, и такъ какъ въ тѣ отдаленныя эпохи не могло быть и рѣчи собственно объ астрономическихъ наблюденіяхъ, то приходится ограничиться болѣе точнымъ изслѣдованіемъ различныхъ обстоятельствъ (времени года, области небесной сферы и т. д.), при которыхъ имѣло мѣсто соотвѣтствующее появленіе кометы. Такимъ изслѣдованіемъ прежнихъ появленій кометы Галлея занимались сначала Ложье, а послѣ него Хиндъ. Соединяя вмѣстѣ результаты, полученные обоими этими астрономами, мы можемъ слѣдующіе годы, въ которые, по показанію историковъ, появлялись кометы, считать эпохами приближенія кометы Галлея къ солнцу:

12 до Р. Хр., 66 послѣ Р. Хр., 141, 218, 295, 373, 451, 530, 608, 684, 760, 837, 912, 989, 1066, 1145, 1223, 1301, 1378.

Такимъ образомъ, мы можемъ прослѣдить всѣ появленія этой кометы до начала нашего лѣтосчисленія. Появленіе 1066 года по всей вѣроятности увѣковѣчено на знаменитой вышивкѣ Байе, которая какъ извѣстно, представляетъ главныя событія завоеванія Англіи Вильгельмомъ Завоевателемъ. Китайскіе историки, Альстедій и Лубіэницій, упоминаютъ о появленіи въ 1378 году двухъ большихъ кометъ, и китайскія наблюденія одной изъ нихъ дѣлаютъ несомнѣннымъ ея тождественность съ кометой Галлея. Послѣдній изъ этихъ писателей, Лубіэницій, является собственно отцомъ кометографіи и въ своемъ« Theatrum cometicum» собралъ массу разсѣянныхъ въ старыхъ сочиненіяхъ сообщеній о кометахъ.

§ 141. **Первое отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея.** Первое вполнѣ достовѣрное, отмѣченное астрономическими наблюденіями появленіе кометы Галлея было въ 1456 году. Въ этомъ году она представлялась, по выраженію историка того времени, въ видѣ cometa horrendae magnitudinis, такъ какъ она подходила весьма близко какъ къ солнцу, такъ и къ землѣ. Хвостъ этой кометы въ періодъ своего наибольшаго развитія достигалъ въ длину 60° и на концѣ расширялся въ видѣ павлиньяго хвоста. Во время прохожденія кометы черезъ перигелій ея ядро по интенсивности свѣта было вполнѣ подобно неподвижной звѣздѣ. Такъ какъ вначалѣ эту комету можно было наблюдать по утрамъ до восхода солнца, затѣмъ она на нѣкоторое время совершенно исчезла съ небосклона, а послѣ этого снова была видима на небѣ, но уже по вечерамъ вскорѣ послѣ захода солнца, то многіе полагали, что это были двѣ различныя кометы. Однако, нѣкоторые наблюдатели тотчасъ же составили себѣ правильный взглядъ на дѣло, а именно, что оба эти появленія относятся къ одной и той же кометѣ, которая нѣкоторое время не была видима вслѣдствіе своего исчезновенія въ лучахъ солнца и которая затѣмъ, перейдя на другую, восточную сторону отъ солнца, уже могла быть наблюдаема на восточной части неба вскорѣ послѣ захода солнца, по вечерамъ.

На пять лѣтъ раньше, въ 1451 году, Махомедъ II завоевалъ Константинополь и такимъ образомъ положилъ конецъ греческой имперіи, ведущей начало со временъ Константина Великаго. Однако, большая комета, появившаяся въ 1454 году, навела на побѣдоносныхъ турокъ великій ужасъ, такъ какъ они приняли ее за предвѣстницу всеобщаго крестоваго похода всѣхъ европейскихъ христіанскихъ войскъ противъ нихъ. Два года спустя, когда турки, несмотря на это предзнаменованіе, весьма счастливо вели свои военныя дѣйствія и грозили наводнить своими побѣдоносными войсками нѣмецкое государство, появилась комета 1456 года и распространила еще бо́льшій ужасъ, но только теперь уже не среди турокъ, а среди христіанъ, которые приняли ее за предвѣстницу своей погибели. Кальвизій, одинъ изъ историковъ того времени, пишетъ: «His (cometa et bello) exterritus Papa Calixtus III, ad advertendam Dei iram aliquot dierum indixit, constituitque in urbibus, ut in meridie campanae pulsarentur, ut omnes de precibus contra Turcarum tyrrannidem fundendis

admoneretur» *). И, повидимому, такое распоряженіе папы было сдѣлано не напрасно, такъ какъ въ первый же годъ похода распространилась радостная вѣсть о полномъ пораженіи турокъ. Какъ ни была пріятна эта вѣсть для всего христіанскаго міра вообще, тѣмъ не менѣе она привела въ замѣшательство лицъ, основывавшихъ свои предсказанія на появленіи кометы. Однако, одинъ изъ такихъ предсказателей, Кромеръ, быстро сумѣлъ помочь дѣлу, назвавъ эту комету Christianis laetum nuntium clade Turca et turpi fuga Mahomedis (радостнымъ для христіанъ вѣстникомъ, возвѣстившимъ о пораженіи турокъ и о постыдномъ бѣгствѣ Махомеда). Другіе же старались сохранить за кометой ея прежнее назначеніе, состоящее въ предвозвѣщеніи одного только несчастія, и отнесли ея появленіе не къ бѣгству турокъ, а къ послѣдовавшей вслѣдъ затѣмъ смерти героя того времени, Іоанна Корвина Хуніяди, въ которомъ христіанство потеряло весьма могущественную опору.

§ 142. **Второе и третье достовѣрныя появленія кометы Галлея.** Второе достовѣрное появленіе кометы Галлея произошло въ 1531 году. Въ этотъ разъ она отличалась и меньшими размѣрами, и меньшимъ блескомъ, и въ это время вся Европа наслаждалась общимъ міромъ. Петръ Бьеневицъ или Апіанъ, какъ онъ назывался по обычаю того времени латинизировать собственныя имена, состоявшій императорскимъ астрономомъ въ Ингольштадтѣ при Карлѣ V и Фердинандѣ I, оставилъ намъ лучшія наблюденія этой кометы, которыя въ то же время являются первыми европейскими, въ полномъ смыслѣ слова, астрономическими наблюденіями какой бы то ни было кометы вообще. Апіанъ сдѣлалъ также весьма важное замѣчаніе, что хвостъ кометы былъ направленъ въ сторону, прямо противоположную солнцу, и въ этомъ обстоятельствѣ онъ естественно видѣлъ связь кометы съ солнцемъ. Также и во время этого появленія комета была видима сначала утромъ на востокѣ, а потомъ вечеромъ на западѣ, и хотя и въ этотъ разъ нѣкоторыя лица говорили о двухъ кометахъ, тѣмъ не менѣе правильный взглядъ на дѣло уже настолько укоренился, что одинъ изъ астрономовъ того времени лицъ, считавшихъ эти два свѣтила различными между собою, безъ всякихъ дальнѣйшихъ разсужденій назвалъ imperitum vulgus (невѣжественной толпой). Но зато почти всѣ астрономы все еще придерживались того мнѣнія, что эти тѣла являются предвѣстниками приближающагося несчастія. Впрочемъ, мало-по-малу уже начала пріобрѣтать права гражданства остававшаяся долгое время скрытой истина, а именно, что кометы суть небесныя тѣла, подобныя планетамъ, что онѣ такъ же, какъ и эти послѣднія, совершаютъ движеніе по небесной сферѣ и не имѣютъ ничего общаго съ судьбой людей. Но такого рода мнѣнія, хотя они и высказывались въ скромной и боязливой формѣ, все же нашли себѣ противниковъ даже среди первоклассныхъ ученыхъ того времени и были объявлены вообще невѣрными и даже противорелигіозными. Однако, мало-по-малу увеличивалось число людей, которые осмѣливались выступать противъ общераспространеннаго мнѣнія и опровергать то, что до сихъ поръ совершенно неправильно приписывалось кометамъ. Такъ, извѣстный Гриней говоритъ: «Я удивляюсь смѣлости и невѣжеству нѣкоторыхъ лицъ, которыя не стѣсняются по появленію кометъ предсказывать безъ всякаго основанія неурожай или какое-нибудь другое несчастіе». Точно также Ѳомѣ Эрасту, писавшему въ серединѣ XVI столѣтія, принадлежатъ слѣдующія весьма мѣткія для того времени слова: «неужели же, по желанію Бога, единственной причиной войнъ должна являться злоба повелителей, возбужденная дѣйствіемъ кометъ? Въ такомъ случаѣ всякій искусный врачъ маленькой дозой ревеня или розоваго сиропа могъ бы пріобрѣсть счастье цѣлой страны».

Въ третій разъ комета Галлея появилась въ 1607 году, когда она проходила черезъ

*) Устрашенный этимъ (кометой и войной) папа Каликстъ III, для отвращенія Божьяго гнѣва, предписалъ совершать дневныя молебствія и велѣлъ въ городахъ въ полдень звонить въ колокола съ цѣлью предувѣдомленія всѣхъ о молитвахъ противъ тиранніи турокъ.

перигелій въ концѣ октября, всего только на нѣсколько недѣль раньше, чѣмъ во время появленія въ 1835 году, вслѣдствіе чего появленіе въ 1607 года имѣло большое сходство съ появленіемъ 1835 года.

Лучшія наблюденія кометы Галлея во время ея появленія въ 1607 году были сдѣланы Кеплеромъ, Лонгомонтаномъ и англичанами Харріотомъ и Топорлеемъ. По показанію Кеплера, въ концѣ сентября эта комета обладала весьма слабымъ и едва замѣтнымъ хвостомъ, между тѣмъ какъ ея голова имѣла видъ совершенно круглаго диска, по величинѣ равнаго диску Юпитера, но свѣтящагося слабымъ, блѣднымъ свѣтомъ. Съ теченіемъ времени голова кометы дѣлалась все меньше и меньше, и за нѣсколько времени до исчезновенія головы исчезъ хвостъ.

§ 143. **Четвертое появленіе кометы Галлея.** Четвертое достовѣрное появленіе кометы Галлея относится къ 1682 году; этотъ годъ составляетъ, если можно такъ выразиться, эпоху ея научнаго рожденія, и съ этихъ поръ наступаетъ вообще новая эра въ нашихъ знаніяхъ о кометахъ.

Еще въ концѣ XVI столѣтія Тихо-де-Браге и Местлинъ утверждали, что кометы это не метеоры, образующіеся въ нашей атмосферѣ*), а небесныя тѣла, описывающія круги около солнца; а нѣсколько ранѣе, именно во время появленія кометы Галлея въ 1607 году, Кеплеръ, наблюдавшій ее, высказалъ предположеніе, что орбиты кометъ суть прямыя линіи. Пятьдесятъ лѣтъ спустя Гевелій считалъ кометы небесными тѣлами, совершающими движеніе около солнца по параболическимъ орбитамъ, и подобный же взглядъ высказалъ пасторъ Дёрфель въ Плауенѣ по случаю кометы 1680 года. Но такія предположенія о формѣ кометныхъ орбитъ оставались безрезультатными вслѣдствіе совершеннаго отсутствія доказательствъ ихъ справедливости; все же ихъ слѣдуетъ разсматривать какъ первые шаги, какъ вступленіе къ будущей теоріи, занимающейся опредѣленіемъ орбитъ этихъ небесныхъ тѣлъ, и эти единичные взгляды безспорно приблизили насъ къ остававшейся долгое время скрытой отъ насъ истинѣ, съ которой, наконецъ, было, такъ сказать, снято покрывало благодаря открытію закона всемірнаго тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, Ньютонъ, испытавъ по отношенію къ планетамъ этотъ, открытый имъ въ 1682 году, законъ природы, примѣнилъ его также къ изученію движенія кометъ и для этой цѣли прежде всего воспользовался большой кометой 1680 года, и опредѣленныя имъ орбиты этой кометы и скорость ея движенія по орбитѣ вполнѣ согласовались съ наблюденіями, такъ что въ истинности установленныхъ имъ взглядовъ болѣе не оставалось никакого сомнѣнія.

Галлей, современникъ и другъ Ньютона, тотчасъ же принялъ новое ученіе и старался примѣнить его къ дальнѣйшему развитію теоріи движенія кометъ. Вначалѣ онъ только намѣревался обработать по правиламъ Ньютона наблюденія такихъ изъ появлявшихся раньше кометъ, для которыхъ были произведены собственно астрономическія измѣренія, и такимъ образомъ повѣрить справедливость закона Ньютона. Для этой цѣли онъ вычислилъ орбиты 24 кометъ, а такъ какъ среди нихъ были также кометы 1531 и 1607 годовъ, то онъ благодаря сходству элементовъ этихъ кометъ съ элементами кометы 1682 года тотчасъ же всѣ эти три небесныя тѣла призналъ тождественными между собою. Но пока при обработкѣ наблюденій всѣхъ кометъ онъ предполагалъ, что онѣ движутся по параболическимъ кривымъ, и этого предположенія было совершенно достаточно, чтобы получить удовлетворительное согласіе между вычисленными и наблюденными положеніями кометъ. Но такъ какъ въ появленіяхъ трехъ только-что упомянутыхъ кометъ обнаружился періодъ, равный приблизительно 75 годамъ, то для нихъ онъ предпринялъ второе вычисленіе,

*) Въ прежнія времена метеорамъ приписывалось земное происхожденіе, а не небесное, какъ теперь.

Переводчикъ.

допустивъ, что движеніе происходитъ по эллиптической орбитѣ, и его прежнее предположеніе о тождественности этихъ трехъ кометъ было подтверждено блестящимъ образомъ. Впрочемъ, сначала онъ едва не былъ введенъ въ заблужденіе, такъ какъ замѣтилъ, что періодъ между первымъ и вторымъ появленіями кометы не былъ въ точности равенъ періоду между вторымъ и третьимъ ея появленіями. Такъ, онъ нашелъ, что промежутокъ между прохожденіями кометы черезъ перигелій въ 1531 и 1607 годахъ составляетъ только 27352 дня, между тѣмъ какъ между прохожденіями кометы черезъ перигелій въ 1607 и 1682 годахъ прошло цѣлыхъ 27937 дней, т.-е. на 585 дней больше, чѣмъ раньше. Но онъ съ свойственнымъ ему остроуміемъ объяснилъ эту разность тѣмъ, что комета проходила необыкновенно близко около двухъ большихъ планетъ, Юпитера и Сатурна, и такимъ образомъ не только подозрѣвавшаяся раньше тождественность этихъ кометъ оставалась справедливой, но Галлеемъ даже были впервые подмѣчены такъ называемыя возмущенія въ движеніи небесныхъ тѣлъ (см. часть III). Кромѣ того, въ 1456 году, т.-е. еще на 75 лѣтъ раньше, появлялась, какъ это вытекало изъ сообщеній историковъ того времени, также большая комета, но для нея Галлей не могъ отыскать достаточнаго числа собственно астрономическихъ наблюденій, которыя могли бы быть подвергнуты строгой обработкѣ; однако, судя по различнымъ описаніямъ, и эта комета была тождественной съ кометами 1531, 1607 1682 годовъ, такъ что предположеніе о періодичности разсматриваемой здѣсь кометы еще болѣе подтверждалось. Благодаря всѣмъ этимъ изслѣдованіямъ онъ пріобрѣлъ такую увѣренность въ справедливости своего предположенія, что смѣло предсказалъ новое возвращеніе кометы къ солнцу на 1758 годъ, и это было первое предсказаніе такого рода, которое къ тому же счастливо исполнилось.

§ 144. **Пятое появленіе кометы Галлея.** Пятое появленіе кометы Галлея имѣло мѣсто въ 1759 году, причемъ черезъ перигелій она прошла 12 марта. Галлей на основаніи простой оцѣнки того вліянія, которое могли бы оказать на движеніе этой кометы Юпитеръ и Сатурнъ, предсказалъ ея возвращеніе на конецъ 1758 года или на начало 1759 года. Это предсказаніе было весьма важно и само по себѣ, но кромѣ того оно было такъ тѣсно связано съ открытымъ незадолго передъ тѣмъ закономъ всемірнаго тяготѣнія, что должно было обратить на себя вниманіе всѣхъ астрономовъ. Поэтому они искали ее уже съ начала 1757 года, между тѣмъ какъ Клеро, стремившійся одинъ изъ первыхъ развить теорію планетныхъ возмущеній, занялся возможно точнымъ опредѣленіемъ тѣхъ измѣненій, которыя могли произойти вслѣдствіе притяженія кометы двумя вышеупомянутыми планетами. 14 ноября 1758 года онъ доложилъ Парижской академіи наукъ, что согласно съ его вычисленіями комета должна пройти черезъ перигелій около середины апрѣля 1759 года, и при этомъ замѣтилъ, что вслѣдствіе допущенныхъ имъ въ вычисленіяхъ упрощеній эта эпоха можетъ быть ошибочна въ ту или другую сторону не болѣе, какъ на одинъ мѣсяцъ. Хотя его предсказаніе сбылось съ достаточною точностью, такъ какъ оно отличалось отъ дѣйствительности всего только на одинъ мѣсяцъ, но онъ предсказалъ бы прохожденіе кометы черезъ перигелій еще точнѣе, именно на 24 марта, т.-е. только на 12 дней позже, чѣмъ оно въ дѣйствительности имѣло мѣсто, если бы онъ только могъ воспользоваться для вычисленій истинной величиной массы Сатурна, которая въ то время еще не была завѣстна, не говоря уже о значительномъ вліяніи планеты Урана, о существованіи которой во времена Клеро никто и не подозрѣвалъ.

Это появленіе кометы Галлея ознаменовалось тѣмъ, что она два раза исчезала, дѣлалась невидимой. Она была открыта въ концѣ 1758 года, слѣдовательно, до своего прохожденія черезъ перигелій, а въ серединѣ февраля слѣдующаго года она настолько приблизилась къ солнцу, что исчезла въ его лучахъ. Въ концѣ марта она опять въ полномъ блескѣ выступила изъ солнечныхъ лучей, а 22 апрѣля исчезла во второй разъ, по крайней мѣрѣ, для европейскихъ астрономовъ, такъ какъ она въ это время находилась настолько

низко подъ экваторомъ, что болѣе не могла быть видима въ сѣверномъ полушаріи земли. 28 апрѣля она опять стала подниматься къ экватору изъ болѣе южныхъ областей и снова была видима въ сѣверномъ полушаріи земли, пока, наконецъ, не затерялась въ такихъ частяхъ мірового пространства, гдѣ ее нельзя было различить ни въ одну астрономическую трубу. Во время этого появленія первымъ замѣтилъ комету крестьянинъ Палицшъ около Дрездена, открывшій ее 25 декабря 1758 года. Въ Парижѣ ее нашелъ въ серединѣ января 1759 года Мессье, впослѣдствіи прославившійся какъ ловецъ кометъ, и послѣ этого она была наблюдаема почти всѣми жившими въ то время астрономами. По сообщенію Мессье, комета имѣла значительный хвостъ и довольно большое ядро, отличавшееся бѣлымъ свѣтомъ, подобнымъ свѣту Венеры. Де-ля-Нуксъ, очень усердно наблюдавшій эту комету на островѣ Бурбонѣ, приписываетъ хвосту во время наибольшаго его развитія, именно въ началѣ мая, длину въ 47°; но къ концу этого мѣсяца хвостъ опять сдѣлался весьма незначительнымъ и даже почти незамѣтнымъ.

§ 145. **Шестое появленіе кометы Галлея.** Не скоро послѣ пятаго появленія кометы была предпринята точная обработка наблюденій, произведенныхъ во время этого появленія, но зато при этомъ были приняты во вниманіе всѣ планетныя возмущенія. Такой работѣ посвятили свои силы Буркгардтъ, Дамуазо, Понтекуланъ и другіе. Но съ особеннымъ усердіемъ занялся этимъ изслѣдованіемъ Розенбергеръ въ Галле; онъ сдѣлалъ весьма полное опредѣленіе орбиты кометы не только на основаніи наблюденій 1682 года, но также на основаніи наблюденій 1759 года, и вычислилъ, что прохожденіе кометы черезъ перигелій произойдетъ 12 ноября 1835 года; на самомъ же дѣлѣ, какъ впослѣдствіи оказалось, комета прошла черезъ перигелій только на четыре дня позже, т.-е. 16 ноября.

На основаніи предвычисленій комета должна была сдѣлаться видимой уже въ августѣ 1835 года, въ октябрѣ она должна была наиболѣе близко подойти къ землѣ, и ея разстоянія въ это время должно было составлять приблизительно одну четвертую часть разстоянія отъ земли до солнца. Въ ноябрѣ она должна была исчезнуть для наблюдателей сѣвернаго полушарія земли, но зато въ южномъ полушаріи она могла быть хорошо видима еще въ теченіе продолжительнаго времени, и, наконецъ, въ началѣ 1836 года она должна была сдѣлаться снова видимой въ Европѣ, чтобы вскорѣ послѣ того уже исчезнуть совершенно.

И дѣйствительно, впервые ее замѣтили 5 августа: въ этотъ день ее нашелъ Дюмухель въ Римѣ. Такъ какъ видѣть ее было необыкновенно трудно, и даже при помощи сильныхъ телескоповъ едва можно было различить ее, то вскорѣ, когда наступили лунныя ночи, ее на нѣкоторое время потеряли изъ виду. Но какъ только ночи снова сдѣлались темными, ее можно было весьма легко наблюдать всюду вслѣдствіе значительно увеличившейся за это время ея яркости. Всѣ остальныя, предсказанныя ранѣе подробности этого явленія исполнились настолько хорошо, что лучшаго нельзя было и требовать.

Слѣдующее появленіе кометы Галлея произойдетъ въ 1910 году, Понтекуланъ предсказалъ ея прохожденіе черезъ перигелій на 29 мая. Поэтому новое появленіе ея должно быть однимъ изъ блестящихъ, подобно появленію 1456 года, когда она проходила черезъ перигелій 8 іюня.

§ 146. **Явленія, наблюдавшіяся въ кометѣ Галлея во время ея появленія въ 1835 году.** Здѣсь мы разсмотримъ важнѣйшія видоизмѣненія, которыя претерпѣла комета Галлея при своемъ приближеніи къ солнцу, причемъ мы воспользуемся наблюденіями Бесселя, слѣдившаго за ней съ большимъ вниманіемъ и съ свойственною ему проницательностью объяснившаго, по крайней мѣрѣ въ главныхъ чертахъ, всѣ эти видоизмѣненія.

Въ началѣ августа комета имѣла видъ блѣднаго туманнаго пятна, въ серединѣ котораго было замѣтно довольно сильное сгущеніе. Такъ какъ комета въ это время приближалась какъ къ землѣ, такъ и къ солнцу, то ея размѣры и яркость постепенно увеличивались; но при этомъ до 1 октября комета не представляла никакихъ особенностей.

Со второго же октября начался новый періодъ, въ теченіе котораго комета подвергалась цѣлому ряду въ высшей степени интересныхъ и поучительныхъ измѣненій. Уже одинъ видъ кометы въ этотъ день поражалъ наблюдателей: ея центръ былъ настолько яркимъ, что, даже при слабомъ увеличеніи зрительной трубы, получалось впечатлѣніе, будто сквозь комету видна звѣзда шестой величины; но, употребляя увеличеніе въ 100 и болѣе разъ, можно было замѣтить, что перемѣна во внѣшнемъ видѣ комсты произошла исключительно отъ увеличенія яркости центра туманной массы, а не отъ измѣненія свойствъ кометнаго ядра, такъ какъ ядро и до этого, и послѣ этого представляло массу неопредѣленнаго очертанія. Такой видъ ядро сохраняло въ продолженіе всего періода видимости кометы, и никому оно не представлялось твердымъ, похожимъ хоть сколько-нибудь на планетный дискъ.

2-го октября было замѣчено не одно только увеличеніе яркости ядра; въ этотъ день наблюдалось, кромѣ того, истеченіе изъ ядра свѣтящейся матеріи, которая вблизи ядра обладала значительною яркостью, а по мѣрѣ удаленія отъ него дѣлалась все слабѣе и слабѣе, но все же еще на разстояніи отъ $12''$ до $15''$ довольно хорошо выдѣлялась среди общей туманной массы, на которую она проектировалась. Это истеченіе имѣло видъ раскрытаго вѣера, причемъ средняя линія или, такъ сказать, ось истеченія была направлена почти въ точности отъ ядра къ солнцу. Наиболѣе плотная часть ядра, сохранявшая видъ звѣзды даже и въ телескопы съ сильнымъ увеличеніемъ, въ діаметрѣ едва достигала $2''$. Слѣдовательно, разстояніе, до котораго можно было прослѣдить вышеупомянутое истеченіе, было, по крайней мѣрѣ, въ двадцать разъ больше радіуса ядра, между тѣмъ какъ окружающая ядро туманность простиралась еще въ 12 или даже въ 15 разъ дальше за предѣлы этого истеченія. Хвостъ же, который долженъ былъ бы имѣть направленіе, прямо противоположное направленію этого истеченія, 2-го октября вовсе не былъ замѣченъ, причиной чего впрочемъ могло быть лунное освѣщеніе.

8-го октября истеченіе кометнаго вещества въ длину увеличилось, въ ширину же уменьшилось. Сравненіе этого истеченія съ вѣеромъ, хотя бы и менѣе раскрытымъ, чѣмъ 2-го октября, оказывалось теперь совершенно неподходящимъ, такъ какъ на правой сторонѣ было замѣчено искривленіе. Направленіе истеченія было наклонено къ радіусу-вектору кометы, т.-е. къ линіи, соединяющей центръ ядра кометы съ центромъ солнца, больше, чѣмъ 2-го октября; такимъ образомъ, стало ясно, что истеченіе не все время исходило изъ ядра по направленію радіуса-вектора. Ночью 12-го октября истеченіе еще болѣе увеличилось въ длину, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, сдѣлалось уже, чѣмъ 8-го числа, и опять было искривлено на правой сторонѣ, причемъ комета имѣла видъ горящей ракеты во время сильнаго вѣтра. Въ эту ночь особенное вниманіе обратили на себя перемѣщенія конуса матеріи, истекавшей изъ ядра кометы. Сначала направленіе этого истеченія было отклонено влѣво отъ направленія радіуса-вектора на уголъ, равный 19^0; а потомъ этотъ наклонъ увеличивался съ часу на часъ и къ 3 часамъ утра сдѣлался равнымъ 55^0.

Въ слѣдующій вечеръ было замѣчено совершенно неожиданное явленіе: истеченіе исчезло, и вмѣсто него можно было наблюдать налѣво отъ ядра кометы большую массу отдѣлившейся матеріи, причемъ линія, соединявшая эту массу съ ядромъ, составляла съ направленіемъ, идущимъ отъ ядра къ солнцу, уголъ, превосходившій 55^0. Такимъ образомъ было ясно, что перемѣщеніе истеченія въ лѣвую сторону все время продолжалось, но что, въ концѣ концовъ, исчезла та сила, которая служила причиной этого истеченія.

14-го октября истеченіе не только снова появилось, но оно представляло еще болѣе великолѣпную картину, чѣмъ 12-го числа, и его можно было прослѣдить даже на разстояніи $45''$ отъ центра ядра. При этомъ истеченіе перемѣстилось слѣва направо: тамъ, гдѣ оно было расположено 12-го числа и гдѣ 13-го октября были видны ясные слѣды кометнаго вещества, болѣе ничего не было, и направленіе новаго истеченія почти совпадало съ направленіемъ, идущимъ отъ кометы къ солнцу.

15-го октября продолжалось перемѣщеніе этого истеченія въ правую сторону, причемъ оно приняло направленіе, котораго можно было ожидать сообразно съ предыдущими наблюденіями. Но, будучи значительно наклонено къ линіи, соединявшей комету съ солнцемъ, истеченіе уже не обладало прежней интенсивностью и, повидимому, былъ близко къ исчезновенію.

Изъ вышеприведенныхъ наблюденій вполнѣ выясняется характеръ движенія этого истеченія: 12-го октября оно находилось съ лѣвой стороны отъ направленія, соединявшаго комету съ солнцемъ, и въ теченіе этой ночи передвинулось еще значительно влѣво; 13 октября истеченія вовсе не было видно, но зато можно было наблюдать продуктъ этого истеченія, именно отдѣлившуюся массу кометной матеріи, и опять-таки съ лѣвой стороны; 14-го октября истеченіе перемѣстилось слѣва направо и почти совпадало съ направленіемъ, идущимъ отъ кометы къ солнцу; 15-го числа перемѣщеніе истеченія слѣва направо продолжалось, какъ и раньше, и оно приняло направленіе, составлявшее значительный уголъ съ радіусомъ-векторомъ кометы. Такимъ образомъ, это истеченіе правильнымъ образомъ перемѣщалось справа налѣво и затѣмъ обратно, слѣва направо. Далѣе, истеченіе отличалось большой интенсивностью, когда оно почти совпадало съ направленіемъ, идущимъ отъ кометы къ солнцу, и, наоборотъ, малою, когда оно составляло съ этимъ направленіемъ значительный уголъ.

Бесселъ показалъ, что эти перемѣны въ положеніи истеченія могутъ быть объяснены колебательнымъ движеніемъ истеченія, происходящимъ въ плоскости кометной орбиты около прямой линіи, соединяющей комету съ солнцемъ. И, дѣйствительно, передъ нашими глазами будетъ вполнѣ вѣрное изображеніе этихъ перемѣщеній, если мы конусъ матеріи, истекавшей изъ ядра, представимъ себѣ въ видѣ маятника, который, двигаясь въ плоскости кометной орбиты, въ началѣ движенія составлялъ уголъ въ 60^0 съ направленіемъ, идущимъ отъ кометы къ солнцу, затѣмъ постепенно приближался къ этому направленію, перешелъ черезъ него и черезъ 2 дня 7 часовъ отклонился въ противоположную сторону опять на уголъ въ 60^0, послѣ чего началось перемѣщеніе этого конуса матеріи въ обратномъ направленіи. Къ сожалѣнію, неблагопріятная погода помѣшала Бесселю пронаблюдать нѣсколько непосредственно слѣдовавшихъ другъ за другомъ такихъ колебаній, и вслѣдствіе этого онъ не могъ точнѣе опредѣлить какъ продолжительность періода, такъ и амплитуду колебанія.

Причиной такого колебательнаго движенія должна быть, очевидно, нѣкоторая сила, которая раньше была намъ неизвѣстна и которая дѣйствуетъ по направленію къ солнцу, такъ какъ это направленіе играетъ такую важную роль въ разсматриваемомъ движеніи. Обыкновенная притягательная сила солнца не можетъ быть этой причиной, такъ какъ, хотя она въ данномъ случаѣ и оказываетъ дѣйствіе на массу несферической формы, тѣмъ не менѣе она не настолько значительна, чтобы вызвать колебанія короткаго періода, равнаго 2 днямъ 7 часамъ. Съ другой стороны, такъ какъ ядро кометы двигалось въ точности по законамъ Кеплера, то неизвѣстная сила, дѣйствіе которой проявилось въ этихъ колебаніяхъ, очевидно, вызываетъ въ кометномъ веществѣ не поступательное, а исключительно вращательное движеніе; слѣдовательно, эта сила должна быть подобна силѣ земного магнитизма, которая магнитную стрѣлку, выведенную изъ ея нормальнаго положенія, вращеніемъ приводитъ снова въ совпаденіе съ магнитнымъ меридіаномъ, ни малѣйшимъ образомъ не измѣняя дѣйствія силы тяжести на стрѣлку. Такимъ образомъ, въ астрономіи впервые пришли къ допущенію существованія такой полярной силы.

Истеченіе изъ кометы Галлея представляло еще и другія интересныя особенности. Оно постепенно искривлялось съ обѣихъ сторонъ отъ линіи, соединявшей ядро съ солнцемъ, и притомъ такъ, что выпуклая сторона искривленія была обращена къ этой линіи, и, слѣдовательно, частицы вещества, которыя вначалѣ двигались къ солнцу, затѣмъ начинали двигаться въ сторону, противоположную солнцу. Бесселъ вполнѣ ясно видѣлъ это

22-го октября, когда истеченіе исходило изъ значительной части ядра и не имѣло формы раскрытаго вѣера, какъ раньше, но было похоже на развѣвающійся съ обѣихъ сторонъ султанъ. Рисунки кометы 1744 года, оставленные намъ Гейнзіусомъ, представляютъ такое же явленіе, какое Бессель наблюдалъ въ кометѣ Галлея. Въ обѣихъ кометахъ было замѣчено истеченіе; но только въ кометѣ 1744 года можно было гораздо отчетливѣе прослѣдить всѣ подробности. Та часть поверхности ядра, изъ которой исходило истеченіе, увеличивалась все болѣе и болѣе, и мало-по-малу истеченіе распространилось на всю обращенную къ солнцу половину ядра; искривленіе истеченія въ сторону, противоположную солнцу, съ теченіемъ времени увеличивалось; въ концѣ концовъ, эти загибы съ двухъ сторонъ ядра слились съ существовавшимъ уже хвостомъ, вмѣстѣ съ которымъ они распространялись дальше въ сторону, противоположную солнцу, такъ что истеченіе кометнаго вещества по направленію къ солнцу и можетъ быть разсматриваемо какъ начало образованія хвоста.

Здѣсь мы подробно остановились на наблюденіяхъ и изслѣдованіяхъ Бесселя, такъ какъ онъ впервые обратилъ серьезное вниманіе на явленіе, которое впослѣдствіи наблюдалось также въ кометахъ 1844 III, 1853 III, 1858 VI, 1861 II, 1862 III, 1874 III и т. д. и которое до него было замѣчено Гукомъ въ кометѣ 1680 года, а затѣмъ Гукомъ и Геведіемъ въ Галлеевой кометѣ во время ея появленія въ 1682 году. Впрочемъ необходимо замѣтить, что относительно этого явленія еще Гукъ высказывалъ взгляды, подобные взглядамъ Бесселя.

* Заканчивая съ вопросомъ о тѣхъ явленіяхъ, которыя наблюдались въ кометѣ Галлея въ 1835 году, укажемъ, что на прилагаемой при семъ таблицѣ изображены постепенныя видоизмѣненія наружнаго вида кометы во время этого появленія, начиная съ 24 октября. *

§ 147. **Комета 1862 III.** Изъ вышеупомянутыхъ кометъ колебательныя движенія истеченія особенно бросались въ глаза у кометы 1862 III, которая была открыта во второй половинѣ іюля шестью различными лицами независимо другъ отъ друга, именно тремя лицами въ Сѣверной Америкѣ—Свифтомъ въ Мараѳонѣ, Симонсомъ въ Альбани, Тутлемъ въ Кэмбриджѣ, и тремя въ Европѣ—Пачинотти во Флоренціи, Роза въ Римѣ и Шьеллерупомъ въ Копенгагенѣ. Въ августѣ мѣсяцѣ эта комета, хотя и не отличалась особенною яркостью, однако, уже была видима невооруженнымъ глазомъ и обладала хвостомъ отъ 10° до 20° въ длину. По наблюденіямъ Шмидта, безпрерывно слѣдившаго за этой кометой подъ чистымъ небомъ Аѳинъ, получилось замѣчательное согласіе періода маятникообразныхъ колебаній истеченія съ періодомъ измѣненій яркости ядра кометы, а также съ періодомъ, по истеченіи котораго колеблющійся въ ту и другую сторону конусъ кометной матеріи принималъ прежнюю форму, напримѣръ, форму хвоста, вѣера или оболочки, причемъ продолжительность этого періода составляла 2,8 дня.

Кромѣ того, эта замѣчательная комета обратила на себя вниманіе вслѣдствіе необыкновенныхъ перемѣнъ въ формѣ ея головы, а также вслѣдствіе различныхъ явленій, связанныхъ съ образованіемъ хвоста. Такъ, отъ 31 іюля до 7 августа можно было наблюдать у этой кометы побочный хвостъ, который составлялъ съ главнымъ хвостомъ уголъ, заключавшійся въ предѣлахъ отъ 61° до 73°, и приблизительно на такой же уголъ отклонялся отъ продолженія линіи, соединявшей солнце съ кометой. Немного спустя послѣ этого хвостъ раздѣлился на отдѣльныя вѣтви и значительно измѣнился въ яркости. 17-го и 18-го августа можно было видѣть только одинъ искривленный хвостъ длиною отъ 10° до 12°, который 19 августа уступилъ мѣсто другому прямому хвосту; 20-го же числа можно было видѣть обѣ эти вѣтви вмѣстѣ, а 21-го къ нимъ присоединился еще третій короткій хвостъ, напоминавшій своимъ видомъ бороду. 22-го августа можно было видѣть только одинъ первый хвостъ, на слѣдующій же день онъ опять исчезъ и на этотъ разъ уже навсегда, между тѣмъ какъ двѣ другія вѣтви снова появились, и съ этого момента онѣ служили основа-



Комета Галлея.

1. Видъ кометы 24 Октября 1835 года.
2, 3, 4, 5 и 6. Постепенныя видоизмѣненія кометы во время появленія 1835 года.

ніемъ для дальнѣйшаго развитія хвоста. Замѣчательно еще то, что первый хвостъ былъ искривленъ впередъ, т.-е. въ ту сторону, куда комета двигалась, въ противоположность общему правилу, по которому кометные хвосты, на подобіе султана, отклоняются въ ту сторону, откуда кометы движутся. 19-го и 20-го августа хвостъ имѣлъ фигуру вытянутой буквы *S*, причемъ онъ сначала былъ обращенъ къ Полярной звѣздѣ выпуклой стороной, а потомъ вогнутой, и это обстоятельство Скіапарелли весьма удовлетворительно объяснилъ совмѣстнымъ вліяніемъ толчка, исходящаго изъ ядра по направленію, наклонному къ радіусу-вектору, и отталкивательной силы солнца, дѣйствующей на частички хвоста. Впрочемъ хвостъ подобнаго же вида наблюдали и раньше, а именно Де-ля-Нуксъ на островѣ Бурбонъ и Пингре между Тенериффой и Кадиксомъ у большой кометы 1769 года, а затѣмъ Уэббъ у кометы 1861 II. На основаніи нѣкоторыхъ подробностей въ формѣ хвоста кометы 1862 III Скіапарелли пришелъ къ убѣжденію, что отталкивательная сила существуетъ также между отдѣльными частичками хвоста, между тѣмъ какъ Бредихинъ, объ изслѣдованіяхъ котораго относительно образованія кометныхъ хвостовъ впослѣдствіи (§ 163) мы будемъ говорить болѣе подробно, держится того взгляда, что ядро кометы находится во вращательномъ движеніи, и что при этомъ къ солнцу бываетъ обращена постоянно одна и та же половина ядра, подобно тому, какъ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ луны и земли.

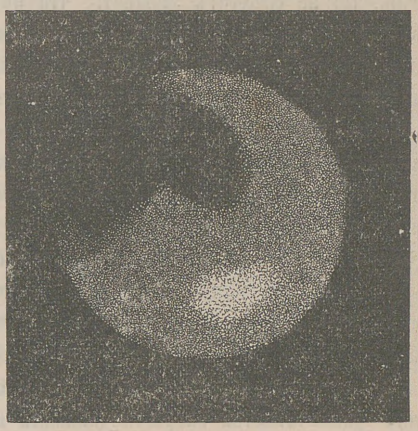


Рис. 185.

Комета 1862 III представляетъ особенный интересъ еще и потому, что съ нею связано весьма важное открытіе Скіапарелли относительно зависимости между падающими звѣздами и кометами (Глава XIV). Эта комета принадлежитъ къ числу періодическихъ съ временемъ обращенія, равнымъ круглымъ числомъ 120 годамъ.

§ 148. **Комета Энке.** Другая замѣчательная комета была открыта 7 января 1786 года Мешенемъ, но послѣ этого было получено еще одно только наблюденіе этой кометы, именно 19-го числа того же мѣсяца, и, слѣдовательно, на комету пока слѣдовало смотрѣть какъ на потерянную, такъ какъ двухъ наблюденій недостаточно для опредѣленія орбиты. Только болѣе 30 лѣтъ спустя, когда была обнаружена періодичность кометы Энке, Ольберсъ со свойственнымъ ему остроуміемъ показалъ, что вышеупомянутыя наблюденія относятся къ этой кометѣ. Во второй разъ эту комету открыла миссъ Каролина Гершель 7 ноября 1795 года. а въ третій разъ Тулисъ 18 октября 1805 года, но при этомъ остался незамѣченнымъ ея, по понятіямъ того времени, до невѣроятности короткій для кометы періодъ обращенія, равный 3,3 годамъ. Эта величина для періода обращенія впервые была получена астрономомъ Энке, когда комета была открыта въ четвертый разъ 26 ноября 1818 года знаменитымъ ловцомъ кометъ Понсомъ въ Марселѣ; Энке же предсказалъ ея новое появленіе на 1822 годъ. Это предсказаніе блестящимъ образомъ исполнилось, и съ тѣхъ поръ комета наблюдалась во время каждаго изъ 26 появленій, имѣвшихъ мѣсто въ промежутокъ времени отъ 1818 до 1901 года. Время обращенія кометы Энке и въ настоящее время является самымъ короткимъ изъ временъ обращенія всѣхъ извѣстныхъ періодическихъ кометъ.

По внѣшнему виду комета принадлежитъ къ числу телескопическихъ: при ея шарообразной формѣ только весьма эксцентрическое положеніе ядра (рис. 185) указываетъ на образованіе хвоста. Впрочемъ, во время ея появленія въ 1871 году, когда имѣли мѣсто

наиболѣе благопріятныя условія видимости кометы, А. Холь замѣтилъ вѣерообразное истеченіе изъ ея ядра.

Энке на основаніи своихъ весьма тщательныхъ вычисленій, которыми онъ занимался всю жизнь, пришелъ къ заключенію, что большая полуось ея орбиты, а слѣдовательно, по третьему закону Кеплера (часть I, § 77), также и время ея обращенія постепенно уменьшались; это обстоятельство въ высшей степени замѣчательно, такъ какъ эти элементы для всѣхъ планетъ остаются постоянными и не подвергаются вѣковымъ измѣненіямъ вслѣдствіе возмущеній (часть III, глава VII). Энке искалъ причину такого явленія въ сопротивленіи, которое распространенный по всему міровому пространству эѳиръ, несмотря на свою чрезвычайную разрѣженность, оказываетъ движенію тѣла, обладающаго такою незначительною плотностью; что же касается планетъ, плотность которыхъ гораздо больше, то на ихъ движеніе эѳиръ не оказываетъ никакого замѣтнаго вліянія.

На первый взглядъ могло бы показаться удивительнымъ, что сопротивленіе среды, въ которой движется тѣло, увеличиваетъ скорость движенія, т. е. ускоряетъ самое движеніе. Но не слѣдуетъ забывать, что на небесное тѣло, обращающееся около солнца, всегда дѣйствуютъ двѣ силы: притягательная сила солнца и сила, направленіе которой въ каждый моментъ совпадаетъ съ направленіемъ движенія, и которая обусловливается первоначальнымъ толчкомъ, полученнымъ кометой въ началѣ своего движенія. Подъ дѣйствіемъ этой послѣдней силы комета въ каждый моментъ стремится двигаться по прямой линіи, касающейся орбиты въ той точкѣ, гдѣ комета находится, но подъ вліяніемъ первой силы она постоянно снова приближается къ солнцу. Совмѣстное дѣйствіе обѣихъ силъ заставляетъ ее такимъ образомъ двигаться по кривой линіи, которую она въ дѣйствительности и описываетъ около солнца. Вслѣдствіе сопротивленія среды уменьшается только сила, дѣйствующая по направленію касательной, и такъ какъ въ данномъ случаѣ все зависитъ исключительно отъ отношенія обѣихъ силъ, то благодаря этому уменьшенію получается такой же результатъ, какой получился бы, если бы притягательная сила солнца увеличилась, такъ что солнце, слѣдовательно, притягиваетъ комету все ближе и ближе къ себѣ, и вслѣдствіе этого увеличивается скорость движенія кометы, и уменьшается время ея обращенія.

Впрочемъ гипотеза Энке оспаривалась многими астрономами и особенно рѣшительнымъ образомъ Бесселемъ, который, сообразно съ своей вышеизложенной (§ 146) теоріей, объяснялъ измѣненія въ эллиптическомъ движеніи кометы дѣйствіемъ истеченій на ядро, причемъ эти измѣненія должны были происходить, по его мнѣнію, неодинаковымъ образомъ при различныхъ прохожденіяхъ кометы черезъ перигелій. Это послѣднее обстоятельство подтвердилъ Астенъ, который не только пересмотрѣлъ вычисленія Энке, относящіяся къ этой кометѣ, но и продолжилъ ихъ до 1878 года. Еще опредѣленнѣе это вытекаетъ изъ обширной, исчерпывающей весь имѣющійся на лицо наблюдательный матеріалъ работы Баклунда, который нашелъ, что въ движеніи кометы Энке иногда имѣли мѣсто незамѣченныя раньше возмущенія, другими словами, — что въ случаѣ этой кометы мы имѣли дѣло скорѣе съ неправильными измѣненіями времени обращенія, чѣмъ съ систематическимъ уменьшеніемъ этого времени; поэтому въ дѣйствительности никоимъ образомъ нельзя считать доказаннымъ, что неправильности въ движеніи этого небеснаго тѣла обусловливаются вліяніемъ сопротивляющейся среды. Впрочемъ, на основаніи распространеннаго въ настоящее время, впервые установленнаго Цельнеромъ взгляда относительно природы кометъ (§ 163), а именно, что эти небесныя тѣла состоятъ изъ жидкихъ метеорныхъ массъ, которыя при приближеніи къ солнцу начинаютъ кипѣть, развитіе паровъ, какъ впервые указалъ на это Астенъ, происходитъ различнымъ образомъ, смотря по тепловому состоянію солнца, вслѣдствіе чего и могутъ появиться неправильности въ движеніи кометы.

Наконецъ, слѣдуетъ еще замѣтить, что орбита кометы Энке въ одномъ мѣстѣ распо-

ложена весьма близко къ орбитѣ Меркурія, и что уже наблюдалось нѣсколько весьма значительныхъ приближеній кометы къ этой планетѣ, и это дало въ руки астрономовъ лучшій способъ для опредѣленія массы Меркурія.

§ 149. **Комета Біэлы.** Не менѣе интересной является комета, которую открылъ австрійскій офицеръ Біэла 28 февраля 1826 года въ Іозефштадтѣ въ Богеміи. Для времени обращенія этой кометы около солнца онъ получилъ 6 лѣтъ 270 дней. Еще раньше Морштадтъ обращалъ вниманіе на возможную (впослѣдствіи доказанную) тождественность кометъ 1806 и 1772 годовъ и предсказывалъ возвращеніе этой кометы на 1826 годъ. Поэтому Біэла особенно усердно сталъ слѣдить за открытой имъ кометой, которая нѣсколько дней спустя была случайно найдена также Гамбаромъ.

Появленіе этой кометы въ концѣ 1845 и въ началѣ 1846 года представило особенный интересъ. На основаніи элементовъ и эфемериды этой кометы, вычисленныхъ астрономомъ Сантини въ Падуѣ, слѣдовало заключать, что въ концѣ 1845 г. она подойдетъ достаточно близко къ землѣ и уже будетъ доступна для наблюденій, и что кромѣ того вслѣдствіе благопріятнаго положенія ея на небесной сферѣ она будетъ видима въ теченіе довольно продолжительнаго времени. Дѣйствительно, 26 ноября 1845 г. въ Римѣ, а 28 ноября въ Берлинѣ она была найдена весьма близко отъ указаннаго астрономомъ Сантини мѣста.



Рис. 186.

Вначалѣ комета не представляла ничего замѣчательнаго. Она, какъ и раньше (въ 1772, 1806, 1826 и 1832 годахъ), имѣла видъ довольно размытаго туманнаго пятна съ небольшимъ болѣе яркимъ сгущеніемъ въ серединѣ и съ незначительнымъ хвостомъ. Однако, уже 29 декабря 1845 года Генрикъ и Брадлей на обсерваторіи Іэльскаго колледжа въ Ньюгевенѣ замѣтили еще другое слабое туманное ядро въ разстояніи приблизительно одной минуты отъ главнаго ядра (рис. 186). Немногочисленныя дальнѣйшія наблюденія, которыя до середины января постоянно прерывались то облаками, то луннымъ освѣщеніемъ, показали, что яркость второй вновь появившейся кометы увеличивалась быстрѣе, чѣмъ яркость главной кометы, и что разстояніе между обѣими кометами медленно росло. Съ середины января это явленіе сдѣлалось доступнымъ для всѣхъ, такъ что 13 января его наблюдалъ Мори въ Вашингтонѣ, 15-го Чаллисъ въ Кэмбриджѣ и Вихманъ въ Кенигсбергѣ. Вслѣдствіе продолжавшагося приближенія кометы къ землѣ это явленіе вскорѣ сдѣлалось настолько отчетливымъ, что его можно было наблюдать даже въ слабыя зрительныя трубы. Болѣе яркая комета находилась нѣсколько къ югу отъ болѣе слабой кометы и по прямому восхожденію за ней слѣдовала. У обѣихъ кометъ можно было вполнѣ ясно различить хвосты, общее направленіе которыхъ было перпендикулярно къ линіи, соединявшей головы кометъ. Неблагопріятная погода и полнолуніе въ концѣ января и въ началѣ февраля помѣшали наблюденіямъ на бо́льшей части обсерваторій. Но тѣмъ болѣе всѣ были удивлены, когда въ серединѣ февраля яркость болѣе слабой кометы увеличилась гораздо больше, чѣмъ яркость главной кометы, и когда, наконецъ, первая по блеску даже превзошла послѣднюю. 12-го февраля, по оцѣнкѣ Плантамура и Брудерера, яркость обѣихъ кометъ была одинакова и въ этотъ-то день, вѣроятно, и произошли главныя перемѣны во второмъ ядрѣ, которое раньше было болѣе слабымъ. 14-го февраля та комета, которая находилась къ югу и позади другой, была безъ всякаго сомнѣнія слабѣе этой послѣдней. Однако, это продолжалось недолго, и уже 18 февраля снова южная комета сдѣлалась болѣе яркой, причемъ въ это время въ ея ядрѣ замѣчалось го-

раздо болѣе значительное скопленіе вещества, чѣмъ прежде. Вообще, въ размѣрахъ обѣихъ кометъ все время замѣчались весьма значительныя измѣненія.

При появленіи кометы въ 1852 году наблюдались тѣ-же самыя замѣчательныя явленія. Къ сожалѣнію, положеніе кометы на небѣ было менѣе благопріятно для наблюденій, такъ какъ ее можно было видѣть лишь въ теченіе небольшого промежутка времени до наступленія утреннихъ сумерекъ. 25-го августа Секки нашелъ только одно ядро, второе же было найдено лишь 15-го сентября и притомъ, сверхъ всякаго ожиданія, въ весьма большомъ разстояніи отъ перваго. Во время этого появленія яркость обѣихъ кометъ также подвергалась постояннымъ перемѣнамъ. Обозначимъ ту комету, которая была открыта раньше, знакомъ I, а другую, которая находилась къ сѣверу отъ первой и нѣсколько впереди ея, знакомъ II. Въ такомъ случаѣ

15	сентября	I	была гораздо слабѣе, чѣмъ II.
17	»	I	» по яркости равна II.
19	»	I	» ярче, чѣмъ II.
20	»	I	» почти равна II.
23	»	I	» значительно слабѣе, чѣмъ II.
25	»	I	» гораздо слабѣе, чѣмъ II.

Въ нижеслѣдующей табличкѣ даны, на основаніи вычисленій Д'Арре, разстоянія между обѣими кометами, выраженныя въ радіусахъ земного экватора и соотвѣтствующія Берлинскому полудню:

1852 г. Авг.	27	378,7	1852 г. Сент. 16 407,7
»	31	386,4	» 20 409,7
Сент.	4	393,4	» 24 410,0
»	8	399,3	» 28 408,5
»	12	404,1	

Такимъ образомъ, въ 1852 году разстояніе между обѣими кометами было наибольшимъ около времени прохожденія ихъ черезъ перигелій (23 сентября). То же самое имѣло мѣсто также и въ 1846 году, какъ это уже раньше замѣтили Губбардъ и Д'Арре. Въ нижеслѣдующей табличкѣ даны для берлинскаго полудня разстоянія между обѣими кометами въ 1846 году, причемъ эти разстоянія опять выражены въ радіусахъ земного экватора:

1846 г. Янв.	14	44,64	1846 г. Февр. 23 48,34
»	19	45,87	» 28 48,08
»	24	47,00	Марта 5 47,78
»	29	47,81	» 10 46,31
Февр.	3	48,29	» 15 45,41
»	8	48,63	» 20 44,46
»	13	48,63	» 25 43,48
»	18	48,63	

Черезъ перигелій въ этомъ году комета прошла 11 февраля. Д'Арре съ полнымъ правомъ высказалъ убѣжденіе, что вторичное совпаденіе момента, когда разстояніе между обѣими кометами было наибольшимъ, съ моментомъ прохожденія ихъ черезъ перигелій едва ли можетъ считаться случайнымъ. Оставляя въ сторонѣ дальнѣйшія соображенія относительно отталкивательной силы между обѣими кометами, которая въ перигеліи была наибольшей, мы невольно должны обратить вниманіе на то, что въ кометахъ, обладающихъ хвостами, отталкиваніе, оказываемое ядромъ на частицы хвоста (§§ 146 и 147), достигаетъ наибольшей величины также въ перигеліи.

Распаденіе небеснаго тѣла на нѣсколько частей безъ всякой видимой причины показалось многимъ астрономамъ того времени настолько невѣроятнымъ событіемъ, что, прини-

мая во вниманіе значительныя измѣненія яркости обѣихъ кометъ, они высказали предположеніе, что и во время прежнихъ появленій комета была двойной, но только вслѣдствіе чрезвычайной слабости одного ядра она представлялась простой. Появленіе же въ 1846 и 1852 г. совпадали, по этой гипотезѣ, съ временемъ наибольшей яркости второго ядра, вслѣдствіе чего также и оно было видимо. Впрочемъ необходимо упомянуть, что до раздѣленія кометы на двѣ части Хиндъ замѣтилъ выступъ въ главномъ ядрѣ съ той стороны, гдѣ потомъ появилась вторая комета. Точно также Мори полагаетъ, что вначалѣ ему удалось замѣтить соединеніе оболочекъ обѣихъ кометъ. Еще болѣе противорѣчитъ вышеприведенной гипотезѣ весьма значительное увеличеніе разстоянія между обѣими кометами, которое произошло, какъ показываютъ данныя выше числа, между прохожденіями кометы черезъ перигелій въ 1846 и 1852 годахъ. Губбартъ, которому мы обязаны наиболѣе подробными изслѣдованіями относительно этой кометы, сдѣлалъ попытку опредѣлить на основаніи этихъ чиселъ тотъ моментъ, когда произошло раздѣленіе кометы, и нашелъ, что по всей вѣроятности оно имѣло мѣсто въ ноябрѣ 1844 года, причемъ геліоцентрическая долгота кометы равнялась $318{,}6^0$, геліоцентрическая широта $+12{,}0^0$, а радіусъ-векторъ 4,36 радіусамъ земной орбиты. На такое разстояніе удаляются отъ солнца нѣкоторые астероиды, какъ-то: Гильда, Исмена, Генріетта, Туле и т. д., такъ что причиной катастрофы могла служить одна изъ малыхъ планетъ, но, во всякомъ случаѣ, до сихъ поръ намъ еще неизвѣстная.

Впрочемъ въ настоящее время этотъ случай раздѣленія кометы на части уже не является единственнымъ: съ тѣхъ поръ отдѣленіе туманной массы отъ главнаго ядра той или другой кометы наблюдалось уже неоднократно, и между прочимъ 26 февраля 1860 г. Ліэ въ Олиндѣ (въ Бразиліи) открылъ двойную комету. Точно также Сенека говоритъ о томъ, что Эфоръ упоминаетъ о кометѣ 371 года до Р. Хр., которая раздѣлилась на двѣ части. Можетъ-быть, этому замѣчательному явленію предшествуетъ образованіе у кометы нѣсколькихъ ядеръ, что было замѣчено еще Цизатомъ и Венделиномъ въ кометѣ 1618 года, Гевеліемъ—въ кометѣ 1652 года, и что въ новѣйшее время наблюдалось довольно часто и между прочимъ въ кометѣ 1853 III.

Во время слѣдующаго появленія кометы Біэлы, которое должно было произойти въ 1859 году, условія видимости кометы были настолько неблагопріятны, что уже заранѣе астрономы не имѣли никакой надежды видѣть ее. Однако, и послѣ этого комета болѣе не была найдена ни въ 1865 году, когда условія ея видимости были весьма благопріятны, ни во время послѣдующихъ ея приближеній къ солнцу въ 1872, 1879, 1885 и 1892 годахъ. При этомъ въ дальнѣйшемъ разложеніи кометы на части не оставалось болѣе никакого сомнѣнія, такъ какъ въ 1872 и 1885 годахъ 27 ноября, т.-е. во время прохожденія земли черезъ точку пересѣченія орбиты кометы съ земной орбитой, наблюдались великолѣпные дожди падающихъ звѣздъ, связь которыхъ съ этой комстой была очевидна. Въ слѣдующей главѣ мы подробнѣе займемся этимъ вопросомъ.

§ 150. **Замѣчанія относительно столкновенія кометъ съ землею.** Орбиты планетъ, если оставить въ сторонѣ астероиды, можно разсматривать какъ концентрическія окружности, отдѣленныя одна отъ другой значительными промежутками, такъ что столкновеніе или даже просто сильное сближеніе двухъ планетъ невозможно до тѣхъ поръ, пока та или другая изъ этихъ орбитъ не подвергнется полному измѣненію. Иначе обстоитъ дѣло относительно кометъ, орбиты которыхъ, какъ мы знаемъ, безъ всякой правильности разсѣяны по всему пространству и представляютъ собою параболическія или весьма вытянутыя эллиптическія кривыя. Поэтому вполнѣ возможны весьма сильныя сближенія комстъ другъ съ другомъ, а также кометъ съ планетами нашей солнечной системы. Если дѣло идетъ о сближеніи кометъ съ планетами, то таковое можетъ имѣть мѣсто только въ томъ случаѣ, когда комета находится въ одномъ изъ своихъ узловъ, т.-е. проходитъ черезъ

плоскость эклиптики, такъ какъ планеты совершаютъ свои движенія въ плоскостяхъ, которыя наклонены къ плоскости эклиптики подъ малыми углами.

Для кометы Энке долгота восходящаго узла составляетъ 334° и, слѣдовательно, долгота нисходящаго узла равняется 154°, а такъ какъ линія апсидъ почти совпадаетъ съ линіей узловъ, именно долгота перигелія равняется 158°, то радіусъ-векторъ кометы, когда она находится въ восходящемъ узлѣ, приблизительно равняется разстоянію афелія отъ солнца, а когда она находится въ нисходящемъ узлѣ,—разстоянію перигелія. Первое равняется 4,09, а второе 0,34 радіусамъ земной орбиты; значитъ, въ первомъ случаѣ комета находится внутри пояса астероидовъ, а во второмъ подходитъ весьма близко къ орбитѣ Меркурія. Поэтому комета Энке въ обоихъ узлахъ своей орбиты можетъ приближаться къ планетамъ: въ восходящемъ узлѣ къ различнымъ астероидамъ, въ нисходящемъ къ Меркурію. Приближенія кометы къ Меркурію представили, какъ мы уже упоминали (§ 148), весьма удобный случай опредѣленія массы этой планеты.

Орбита кометы Энке пересѣкается также съ орбитой кометы Біэлы; а эта послѣдняя, въ свою очередь, въ нисходящемъ узлѣ своей орбиты встрѣчаетъ непосредственно земную орбиту.

Для лучшаго уясненія всего этого обратимся къ рисунку 187, на которомъ abc есть земная орбита, def—орбита кометы Энке и aeg—орбита кометы Біэлы въ ихъ истинномъ взаимномъ расположеніи. Общій фокусъ всѣхъ трехъ орбитъ совпадаетъ съ центромъ солнца S. Плоскости орбитъ обѣихъ кометъ въ 1846 году были наклонены къ плоскости эклиптики соотвѣтственно подъ углами въ 12°35′ и 13°15′. Плоскость эклиптики или, что то-же, плоскость земной орбиты мы предполагаемъ совпадающей съ плоскостью рисунка, и на рисункѣ изображены только тѣ части плоскостей кометныхъ орбитъ, которыя находятся надъ плоскостью эклиптики. Восходящій узелъ орбиты кометы Энке лежитъ въ точкѣ f, нисходящій—въ точкѣ d. Для кометы Біэлы восходящій узелъ лежитъ въ h, нисходящій—въ a.

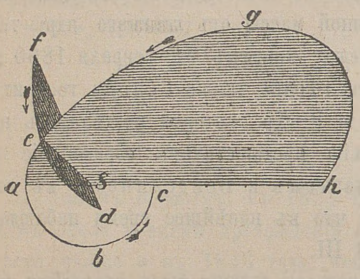


Рис. 187.

Уже при первомъ взглядѣ на этотъ рисунокъ мы замѣчаемъ, что земная орбита пересѣкаетъ орбиту кометы Біэлы въ ея нисходящемъ узлѣ a, и что поэтому, разъ только комета и земля одновременно придутъ въ точку a, должно произойти столкновеніе обоихъ небесныхъ тѣлъ. О столкновеніи же кометы съ землей въ восходящемъ узлѣ h, очевидно, не можетъ быть и рѣчи, такъ какъ эта точка отстоитъ весьма далеко отъ всѣхъ точекъ земной орбиты abc. То же самое относится къ узламъ d и f орбиты кометы Энке: одинъ изъ нихъ d лежитъ внутри земной орбиты, а другой f внѣ ея, но оба они отстоятъ весьма далеко отъ всѣхъ точекъ земной орбиты abc.

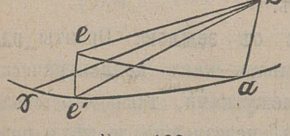


Рис. 188.

Орбиты кометы Біэлы и кометы Энке пересѣкаются въ точкѣ e. Если мы, пользуясь элементами обѣихъ орбитъ, относящимися къ 1846 году, вычислимъ положеніе этой точки e, то мы найдемъ, что линія Se, по которой пересѣкаются плоскости орбитъ этихъ кометъ, составляетъ съ линіей Sd уголъ $dSe=135°16′$ и съ линіей Sh уголъ $hSe=132°12′$.* Изъ приложенныхъ въ концѣ книги таблицъ находимъ, что долгота восходящаго узла орбиты кометы Біэлы равняется 245°54′. Слѣдовательно, долгота нисходящаго узла составляетъ 65°54′. Всѣхъ этихъ данныхъ достаточно, чтобы вычислить геліоцентрическія долготу и широту точки e. Обратимся для этого къ рисунку 188, на которомъ S есть солнце. Вообразимъ, что изъ точки S, какъ изъ центра,

произвольнымъ радіусомъ описана поверхность шара, и положимъ, что плоскости земной орбиты и орбиты кометы Біэлы пересѣкаются съ этой поверхностью по дугамъ большихъ круговъ Υa и ea. Геліоцентрическая широта точки e есть уголъ eSe', измѣряемый дугой ee', которая перпендикулярна къ дугѣ Υa. Если Υ есть точка весенняго равноденствія, то геліоцентрическая долгота точки e есть уголъ $\Upsilon Se'$, измѣряемый дугой $\Upsilon e'$. Геліоцентрическія широту и долготу точки e мы вычислимъ, рѣшая по правиламъ тригонометріи сферическій треугольникъ eae', въ которомъ дуга $ea = 180^0 - 132^0 12' = 47^0 48'$, уголъ $eae' = 12^0 35'$ и дуга $e'a = \Upsilon a - \Upsilon e' = 65^0 54' - \Upsilon e'$. Рѣшеніе этого треугольника даетъ $ee' = 9^0 17'$ и $e'a = 47^0 7'$. * Поэтому геліоцентрическая долгота точки e равняется $18{,}8^0$, а сѣверная широта ея составляетъ $9{,}3^0$. Точно также при помощи несложнаго вычисленія находимъ, что точка e отстоитъ отъ ближайшей къ ней точки земной орбиты всего только на 0,65 радіуса этой послѣдней.

Если бы послѣ 1846 и особенно послѣ 1852 года комета Біэлы не распалась окончательно, и если бы когда-нибудь произошла встрѣча обѣихъ кометъ въ точкѣ e, то наши потомки могли бы любоваться великолѣпнымъ зрѣлищемъ взаимнаго разрушенія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Согласно съ вышесказаннымъ, комета Біэлы могла бы столкнуться также съ нашей землей. Сильное сближеніе ея орбиты съ земной было замѣчено вскорѣ послѣ открытія періодичности этой кометы, и на основаніи ея элементовъ можно было заключить, что при слѣдующемъ ея возвращеніи къ перигелію, именно 29 октября 1832 года, она должна была пройти въ разстояніи только 2,3 земныхъ діаметровъ отъ земной орбиты, или, другими словами, она должна была подойти къ земной орбитѣ на разстояніе, въ 13 разъ меньшее, чѣмъ то, которое отдѣляетъ луну отъ земли. Здѣсь идетъ рѣчь о разстояніи кометы отъ земной орбиты, а не отъ самой земли, такъ какъ земля въ этотъ день отстояла отъ этой точки на 95 милліоновъ километровъ и прошла черезъ нее только 27 ноября. Въ данномъ случаѣ необходимо строго отличать ту точку земной орбиты, вблизи которой должна пройти комета, отъ положенія самой земли на орбитѣ, и уже нерѣдко смѣшеніе этихъ понятій служило поводомъ предсказанія столкновенія кометы съ землей, и катастрофа описывалась въ такихъ яркихъ краскахъ, что страхъ и ужасъ широко распространялся среди людей.

Вслѣдствіе вѣроятнаго распаденія этой кометы намъ больше не угрожаетъ столкновеніе съ ней; но не должны ли мы также опасаться столкновеній съ другими кометами? Кометъ, какъ мы знаемъ, очень много; онѣ пролетаютъ мимо земли по всевозможнымъ направленіямъ, и случаи, когда ихъ орбиты пересѣкаются съ орбитой земли, во всякомъ случаѣ не такъ рѣдки, какъ это думали до сихъ поръ, и въ настоящее время мы знаемъ цѣлый рядъ кометъ, орбиты которыхъ вслѣдствіе своего расположенія относительно земной орбиты могутъ внушать намъ не меньшее опасеніе, чѣмъ орбита кометы Біэлы. Изъ наиболѣе значительныхъ кометъ этого рода мы назовемъ слѣдующія: кометы 1861 I и II, кометы 1862 II, III и VI, комета 1866 I и т. д. Какъ легко, поэтому, могла бы одна изъ такихъ кометъ столкнуться съ землей и произвести на ея поверхности большія опустошенія и, въ концѣ концовъ, даже разрушить всю землю или унестись вмѣстѣ съ ней въ безконечное небесное пространство! Если бы столкнувшаяся съ землей комета или только ея ядро представляли твердую массу значительныхъ размѣровъ въ сравненіи съ нашей землей, то столкновеніе такой кометы съ землей имѣло бы весьма губительныя для насъ послѣдствія. И въ самомъ дѣлѣ, кто изъ насъ не знаетъ, что въ быстро ѣдущемъ экипажѣ, если лошади внезапно останавливаются, или если экипажъ наталкивается на непреодолимое препятствіе, сѣдоки отбрасываются съ своихъ мѣстъ впередъ, по направленію движенія, и этотъ точекъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше была скорость экипажа до его остановки или столкновенія. Можно себѣ послѣ этого представить, какая страшная ката-

строфа должна произойти при столкновеніи двухъ поѣздовъ. Но пойдемъ далѣе и положимъ, что наша земля, этотъ большой вагонъ, въ которомъ мы всѣ совершаемъ путешествіе вокругъ солнца со скоростью приблизительно 30 километровъ въ секунду, столкнулась съ кометой, состоящей изъ твердой массы. Какія же въ такомъ случаѣ гибельныя послѣдствія повлекло бы за собою такое столкновеніе? Мы сами и все движущееся на землѣ, воды рѣкъ и морей, наши дома, даже самыя скалы — все это ринулось бы къ тому мѣсту, гдѣ произошло столкновеніе, и, такъ сказать, упало бы впередъ, по направленію движенія, воды океановъ оставили бы свои берега и направились бы къ тому же самому мѣсту, увлекая на своемъ пути всѣхъ людей и животныхъ и ниспровергая города и лѣса, и, затопивъ всѣ лежащія на ихъ пути страны, онѣ покрыли бы своими пѣнящимися волнами даже самыя высокія мѣстности. При этомъ всѣ живыя существа погибли бы, всѣ памятники человѣческаго искусства обратились бы въ прахъ и т. п.

Эта картина достаточно мрачна, но она не преувеличена. Слѣдовательно, ужасъ, который прежде распространялся среди суевѣрныхъ людей при появленіи кометы, въ настоящее время уступилъ мѣсто, повидимому, болѣе обоснованному опасенію, что одно изъ этихъ безчисленныхъ небесныхъ тѣлъ столкнется съ землею и положитъ конецъ всей жизни на ея поверхности. Въ дѣйствительности же дѣло обстоитъ совершенно иначе. Такія ужасныя послѣдствія выводятся изъ предположенія, что столкнувшаяся съ землей комета есть плотное твердое тѣло значительныхъ размѣровъ въ сравненіи съ землей. Однако, въ предыдущемъ изложеніи мы неоднократно имѣли случай указывать на то, что кометы не имѣютъ никакого сходства съ большими твердыми тѣлами, и что, повидимому, онѣ состоятъ скорѣе изъ отдѣльныхъ маленькихъ тѣлецъ, въ промежуткахъ между которыми нѣтъ никакой среды, обладающей сколько-нибудь замѣтной плотностью. А если это такъ, то намъ нечего бояться столкновенія съ кометой, такъ какъ комета сравнима развѣ только съ самой разрѣженной атмосферой, и на паденіе любого изъ безчисленнаго множества метеоровъ мы можемъ смотрѣть какъ на столкновеніе съ кометой. И даже если бы комета обладала ядромъ, по величинѣ значительно превосходящимъ наибольшіе изъ извѣстныхъ намъ до сихъ поръ метеорныхъ камней, то и въ этомъ случаѣ при столкновеніи для цѣлой земли не представилось бы ровно никакой опасности, и могли бы произойти только мѣстныя катастрофы, подобныя тѣмъ, которыя слѣдовали за знаменитымъ изверженіемъ Кракатоа. Но если столкновеніе земли съ кометой, котораго прежде такъ боялись и которое, кстати сказать, можетъ-быть, уже неоднократно имѣло мѣсто, но оставалось незамѣченнымъ нами, вообще не имѣетъ никакихъ губительныхъ для насъ послѣдствій, то, само собой понятно, еще менѣе должно доставлять намъ заботъ простое прохожденіе кометы вблизи нашей земли.

§ 151. **Періодическая комета Фая.** Эта комета была открыта 22 ноября 1843 г. Фаемъ въ Парижѣ. Въ телескопъ она представлялась въ видѣ небольшого, слабо свѣтящагося туманнаго пятна съ весьма замѣтнымъ сгущеніемъ въ серединѣ, которое при слабомъ увеличеніи имѣло видъ планетарнаго ядра; однако, уже при увеличеніи въ 200 разъ нельзя было открыть никакого слѣда того, что собственно называется ядромъ, но туманная масса къ центру постепенно дѣлалась свѣтлѣе, причемъ самое свѣтлое мѣсто не совпадало въ точности съ центромъ пятна. Хвостъ былъ виденъ вполнѣ отчетливо; его видимая длина составляла, какъ показали измѣренія О. Струве, произведенныя 19 декабря, $16'$, откуда, имѣя въ виду разстояніе, отдѣлявшее въ то время комету отъ земли, заключаемъ, что истинная длина хвоста равнялась 750000 километровъ. Струве наблюдалъ комету до апрѣля 1844 года, причемъ въ послѣднее время онъ уже съ трудомъ могъ различать ее. Во время всего періода видимости кометы она, согласно съ его наблюденіями, имѣла видъ раскрытаго вѣера.

Уменьшеніе яркости сначала происходило медленно, а потомъ весьма быстро. Въ серединѣ декабря О. Струве по общему впечатлѣнію отнесъ комету по яркости къ звѣз-

дамъ 6 или 7 величины и даже полагалъ, что нѣкоторое время ее можно было видѣть невооруженнымъ глазомъ; въ серединѣ февраля она была уже настолько слаба, что на большей части обсерваторій пришлось прекратить ея наблюденія, и только при помощи пулковскаго 15-тидюймоваго рефрактора, который въ то время былъ наибольшимъ во всемъ мірѣ, можно было слѣдить за кометой еще въ теченіе нѣсколькихъ недѣль.

Очень скоро изъ вычисленій оказалось, что орбита кометы Фая есть эллиптическая кривая, отличающаяся отъ окружности круга меньше, чѣмъ орбита любой изъ кометъ, которыя въ то время были извѣстны, и что время обращенія этой кометы составляетъ приблизительно 7 лѣтъ. Тщательное, основанное на большомъ числѣ наблюденій, опредѣленіе орбиты этой кометы было предпринято Гольдшмидтомъ и Николаи, а возмущенія, которыя комета претерпѣла со стороны планетъ нашей солнечной системы во время періода ея видимости, были вычислены Леверье. Въ результатѣ своихъ изслѣдованій этотъ послѣдній получилъ слѣдующую эллиптическую орбиту:

Время прохожденія черезъ перигелій . . .	1843, октября 17,15435 ср. Пар. вр.
Разстояніе перигелія отъ солнца	1,69258
Большая полуось	3,8116
Эксцентриситетъ	0,55596
Долгота перигелія	49° 34′ 19″
Долгота восходящаго узла	209 29 19
Наклонность	11 22 31.

Время обращенія этой кометы около солнца на основаніи этихъ элементовъ получается равнымъ 2718 суткамъ или 7 годамъ $5^1/_2$ мѣсяцамъ. Комета Фая была наблюдаема при всѣхъ слѣдующихъ прохожденіяхъ черезъ перигелій, а именно въ 1851, 1858, 1865, 1873, 1881, 1888 и 1896 годахъ.

§ 152. **Построеніе модели кометной орбиты.** Чтобы видѣть, какъ орбита кометы располагается среди планетныхъ орбитъ, мы покажемъ, какимъ образомъ можно по извѣстнымъ элементамъ построить модель кометной орбиты, которая бы давала намъ наглядное понятіе обо всѣхъ обстоятельствахъ движенія. Съ этой цѣлью начертимъ на твердой бумагѣ земную орбиту, которую при этомъ мы съ полнымъ правомъ можемъ считать окружностью круга. Масштабъ можетъ быть выбранъ произвольный, напр., такой, при которомъ радіусъ земной орбиты равенъ 3 сантиметрамъ. Пусть окружность ABD на рис. 189 изображаетъ земную орбиту. Черезъ центръ S этой окружности или, иначе говоря, черезъ центръ солнца, проведемъ произвольную прямую линію, которая пересѣкается съ нашей окружностью въ точкахъ A и B, и положимъ, что эта линія, будучи продолжена за точку B до встрѣчи съ небесной сферой, проходитъ черезъ точку весенняго равноденствія Υ. Раздѣлимъ окружность земной орбиты на 12 равныхъ частей и противъ каждой полученной такимъ образомъ точки подпишемъ число и мѣсяцъ, когда земля бываетъ въ ней. Такъ, въ точкѣ A земля бываетъ 21 марта, такъ какъ въ этотъ день солнце усматривается съ земли въ точкѣ весенняго равноденствія. Такимъ образомъ на рис. 189 представлено въ уменьшенномъ масштабѣ движеніе земли около солнца. Подобнымъ же образомъ можно начертить кометную орбиту, для чего мы должны поступить слѣдующимъ образомъ. Проведемъ (рис. 190) прямую линію PQ и положимъ, что эта линія представляетъ большую ось эллипса. Въ такомъ случаѣ, напр., для кометы Фая длина линіи PQ въ принятомъ выше масштабѣ должна составлять $6 \times 3{,}81 = 22{,}86$ сантиметровъ. Раздѣлимъ эту линію пополамъ и отъ

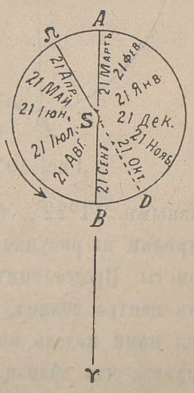


Рис. 189.

середины ея C отложимъ въ обѣ стороны до точекъ F и F' длины, равныя $11{,}43 \times 0{,}556 = 6{,}36$ сантиметрамъ, т. е. произведенію изъ большой полуоси на эксцентриситетъ. Въ такомъ случаѣ точки F и F' будутъ фокусами эллипса. Затѣмъ укрѣпимъ концы нити, длина которой равняется 22,86 сантиметрамъ, въ точкахъ F и F' и заставимъ остріе карандаша скользить по нити такъ, чтобы нить все время была натянута (часть I, § 75), такимъ образомъ мы и вычертимъ въ принятомъ масштабѣ эллипсъ, описываемый кометой Фая около солнца. Если, далѣе, положимъ, что F есть тотъ фокусъ, въ которомъ находится солнце, то точка P будетъ перигеліемъ кометы. Вычислимъ затѣмъ разстояніе перигелія отъ восходящаго узла; оно равняется долготѣ перигелія безъ долготы восходящаго узла. Въ нашемъ частномъ случаѣ получаемъ $49^0 34' - 209^0 29' = 360^0 + 49^0 34' - 209^0 29' = 409^0 34' - 209^0 29' = 200^0 5'$. Проведемъ черезъ точку F линію $F\Omega$ такъ, чтобы она составляла съ линіей FQ уголъ $QF\Omega$, равный $200^0 5' - 180^0 = 20^0 5'$. Эта линія есть ничто иное, какъ линія пересѣченія плоскости кометной орбиты съ плоскостью земной орбиты. Вмѣстѣ съ тѣмъ на рисункѣ 189 проведемъ линію ΩSD такъ, чтобы уголъ ΥSD равнялся долготѣ восходящаго узла кометной орбиты безъ 180^0, т. е. $209^0 29' - 180^0 = 29^0 29'$. Въ такомъ случаѣ точка Ω будетъ восходящимъ узломъ кометной орбиты, а линія $S\Omega$—линіей пересѣченія плоскости земной орбиты съ плоскостью кометной орбиты. Разрѣжемъ затѣмъ рисунокъ 190 по линіи $F\Omega$ отъ точки Ω до точки F, а рисунокъ 189 по линіи ΩD отъ точки D до точки S, и вставимъ одинъ рисунокъ въ другой по направленію разрѣзовъ такъ, чтобы точка F и линія $F\Omega$ рисунка 190 совпали съ точкой S и линіей $S\Omega$ рисунка 189, и чтобы часть ΩQM кометной орбиты лежала подъ плоскостью земной орбиты. Въ такомъ случаѣ, оставляя пока въ сторонѣ наклонность кометной орбиты, мы получимъ взаимное расположеніе обѣихъ орбитъ, соотвѣтствующее дѣйствительности. Если же мы, кромѣ того, уголъ между плоскостями обѣихъ орбитъ сдѣлаемъ равнымъ $11^0 22'$, то мы и будемъ имѣть вполнѣ вѣрное изображеніе кометной орбиты. Стрѣлки на рисункахъ 189 и 190 указываютъ направленіе движенія какъ земли, такъ и кометы. Представимъ себѣ, что глазъ нашъ находится на перпендикулярѣ, возставленномъ изъ центра солнца, т.-е. изъ точки S, къ плоскости эклиптики; въ такомъ случаѣ построенная нами модель кометной орбиты будетъ имѣть видъ, изображенный на рис. 191. Мы видимъ, что вблизи перигелія комета ближе всего подходила къ землѣ, и что разстояніе ея отъ земли вообще не можетъ быть меньше половины разстоянія ея отъ солнца (приблизительно). Далѣе мы видимъ, что, начиная съ января, комета быстро удалялась какъ отъ земли, такъ и отъ солнца, и, слѣдовательно, съ этого времени должна была значительно уменьшаться ея яркость. Наконецъ рисунокъ 191 дѣластъ намъ вполнѣ понятной причину того, что комета была видима въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени: земля и комета съ октября по январь двигалась по одному и тому же направленію и почти по параллельнымъ путямъ. Съ января же земля стала удаляться въ сторону отъ кометы, и наконецъ въ мартѣ и апрѣлѣ движеніе земли было почти перпендикулярно къ движенію кометы, и разстояніе между обоими тѣлами стало быстро увеличиваться, вслѣдствіе чего яркость кометы начала быстро уменьшаться, и вскорѣ комета сдѣлалась совершенно недоступной для наблюденій.

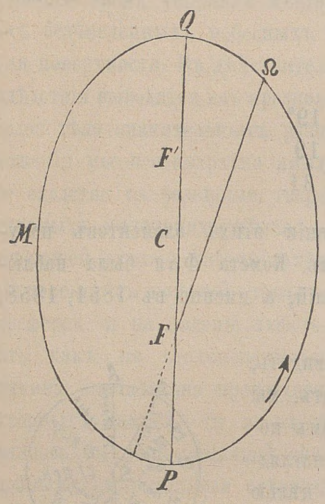


Рис. 190.

§ 153. **Комета 1844 I и 1894 IV.** 22 августа 1844 года Де-Вико, усердно и съ

большимъ успѣхомъ занимавшійся въ то время отыскиваніемъ кометъ, открылъ въ Римѣ въ созвѣздіи Кита новую комету, которая, правда, не отличалась большими размѣрами, но за то обладала яркимъ, рѣзко ограниченнымъ ядромъ. Ея яркость въ началѣ была довольно значительна, и нѣкоторые наблюдатели въ сентябрѣ видѣли ее даже невооруженнымъ глазомъ; однако съ теченіемъ времени она дѣлалась все слабѣе и слабѣе, и уже въ серединѣ декабря ее болѣе нельзя было наблюдать. Ея видимое движеніе на небесномъ сводѣ было медленное и правильное; разстояніе отъ кометы до земли, выраженное въ доляхъ средняго разстоянія отъ земли до солнца, составляло:

22 августа	0,20
1 сентября	0,19
1 октября	0,24
1 ноября	0,39
1 декабря	0,71

Слѣдовательно, наименьшее разстояніе равнялось приблизительно 30 милл. километр.

Но что у этой кометы было особенно замѣчательно, это—ея короткое время обращенія. Всѣ старанія астрономовъ вычислить параболическую орбиту кометы на основаніи ея первыхъ наблюденій не приводили ни къ какому результату, и потому не было сомнѣнія въ томъ, что истинная орбита кометы весьма сильно отличается отъ параболы. И дѣйствительно, скоро было найдено, что комета описываетъ около солнца эллипсъ, эксцентриситетъ котораго равняется 0,6, и что время ея обращенія составляетъ 5,5 лѣтъ. Это тѣмъ болѣе поразило всѣхъ астрономовъ, что до открытія кометы Фая въ 1843 году были извѣстны только двѣ кометы съ короткимъ періодомъ обращенія, а именно комета Энке и комета Біэлы, и вдругъ въ теченіе одного года прибавилось еще двѣ новыхъ кометы такого рода. Наиболѣе точные элементы этой кометы были вычислены Брюнновымъ, который принялъ во вниманіе точныя возмущенія отъ планетъ; эти элементы мы приводимъ въ нижеслѣдующей табличкѣ, и рядомъ съ ними мы даемъ, по причинамъ, изложеннымъ ниже, элементы кометы 1894 IV.

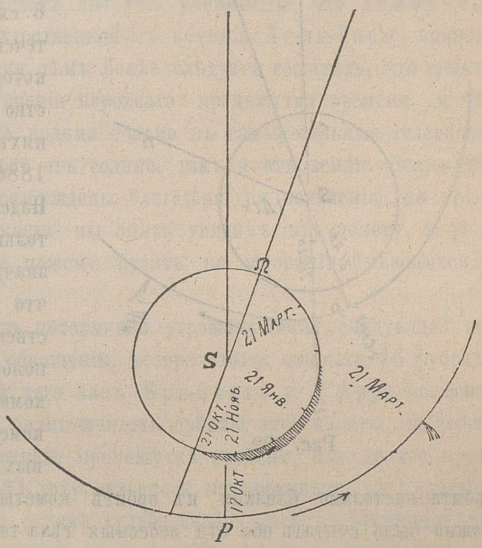


Рис. 191.

	1844 I	1894 IV
Время прохожденія черезъ перигелій	сент. 2,4805	окт. 12,169
Долгота перигелія	342°30,8′	345°20,1′
Долгота восходящаго узла	63 49,0	48 35,4
Наклонность	2 54,8	2 58,8
Разстояніе перигелія отъ солнца	1,186399	1,39104
Эксцентриситетъ	0,617654	0,56892
Время обращенія	5,45 лѣтъ	5,80 лѣтъ
Вычислитель	Брюновъ	Шульгофъ

Такъ какъ наклонность въ данномъ случаѣ весьма мала, то взаимное расположеніе кометной и земной орбитъ можно очень хорошо представить на обыкновенномъ рисункѣ,

не прибѣгая къ помощи модели. Рисунокъ 192, который, если читатель сравнитъ его съ рисункомъ 191, не требуетъ никакихъ новыхъ поясненій, вполнѣ удовлетворительно представляетъ взаимное расположеніе обѣихъ орбитъ. На этомъ рисункѣ мы непосредственно видимъ, какъ близко къ землѣ подходила комета вблизи перигелія P, и какъ быстро затѣмъ увеличивалось разстояніе между кометой и землей, начиная приблизительно съ октября мѣсяца. И въ этомъ случаѣ, совершенно подобно тому, какъ это имѣло мѣсто и для кометы Фая, земля и комета двигались нѣкоторое время, именно съ іюля по октябрь, приблизительно по параллельнымъ между собою путямъ, по одному и тому же направленію и почти съ одинаковыми скоростями, и только въ октябрѣ направленія, по которымъ двигались оба эти тѣла, начинаютъ значительно отклоняться другъ отъ друга.

Въ 1850 году комета вернулась къ перигелію при такихъ неблагопріятныхъ условіяхъ для ея видимости, что нечего было и думать отыскать ее во время этого появленія. Отысканіе кометы во время новаго ея появленія въ 1855 году, когда имѣли мѣсто приблизительно такія же условія, какъ и въ 1844 году, оказалось, однако, болѣе затруднительнымъ, или, можетъ-быть, на поиски кометы не было обращено надлежащаго вниманія: во всякомъ случаѣ въ 1855 году комета опять не была найдена, и туманное пятно, наблюдавшееся 16 мая Гольдшмидтомъ въ Парижѣ, едва-ли можно считать за эту комету. Подобнымъ же образомъ никто не видѣлъ этой кометы и во время слѣдующихъ 6 ея прохожденій черезъ перигелій. Правда, въ теченіе этого промежутка времени появлялись нѣкоторыя комсты, элементы которыхъ имѣли сходство съ элементами кометы 1844 I, и среди нихъ особеннаго вниманія заслуживаетъ комета 1886 VII, открытая Финлеемъ на мысѣ Доброй Надежды 26 сентября 1886 года; однако, какъ только наблюденія новой кометы охватили болѣе значительную дугу, тотчасъ стало очевиднымъ, что это небесное тѣло нельзя считать тождественнымъ съ кометой Де-Вико. Но когда 21 ноября 1891 года была открыта весьма слабая комета Э. Свифтомъ, сыномъ знаменитаго ловца кометъ Л. Свифта, то уже на основаніи первыхъ наблюденій новаго тѣла была опредѣлена орбита настолько близкая къ орбитѣ кометы Де-Вико, что съ большой вѣроятностью можно было считать оба эти небесныя тѣла тождественными. Дальнѣйшее движеніе кометы настолько подтвердило эту догадку, что Шульгофъ предпринялъ вычисленіе орбиты новаго тѣла по наблюденіямъ, произведеннымъ въ теченіе всего только 8 дней, и получилъ вышеприведенные элементы, благодаря которымъ догадка обратилась, повидимому, въ полную достовѣрность.

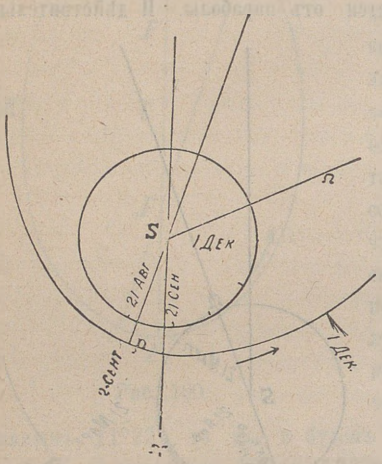


Рис. 192.

Поэтому Шульгофъ увеличилъ время обращенія новой кометы на 0,35 года сравнительно съ временемъ обращенія кометы Де-Вико, съ цѣлію удовлетворить тому обстоятельству, что возвращеніе этой кометы къ перигелію за послѣднія 8 ея прохожденій, во время которыхъ она не наблюдалась, замедлилось приблизительно на одинъ годъ. Такое замедленіе вовсе не должно насъ поражать, такъ какъ эта комета, если только она дѣйствительно тождественна съ кометой Де-Вико, въ 1885 и 1886 годахъ двигалась приблизительно параллельно Юпитеру и притомъ на такомъ близкомъ отъ него разстояніи, что онъ долженъ былъ произвести значительныя возмущенія въ ея движеніи. Точно также измѣненіе остальныхъ элементовъ произошло именно въ томъ смыслѣ, какого можно было

ожидать, причемъ весьма значительное измѣненіе въ долготѣ восходящаго узла, вслѣдствіе небольшой наклонности, имѣетъ меньше значенія, чѣмъ это можетъ показаться съ перваго взгляда.

Только въ одномъ отношеніи новая комета существеннымъ образомъ отличается отъ кометы Де-Вико. Въ то время какъ эта послѣдняя была видима даже невооруженнымъ глазомъ, комета Свифта принадлежала къ числу весьма слабыхъ телескопическихъ кометъ, несмотря на то, что условія ея видимости не были особенно неблагопріятны. Это во всякомъ случаѣ достойное вниманія различіе между кометами Шульгофъ пытается объяснить значительными измѣненіями яркости кометы, такъ какъ подобныя измѣненія неоднократно наблюдались у кометъ, причемъ особенно велики они были у кометы Хольмеса (§ 156). Шульгофъ допускаетъ, что появленіе кометы въ 1844 году совпало съ временемъ наибольшей, а послѣднее появленіе съ временемъ наименьшей ея яркости. Мы же считаемъ болѣе вѣроятнымъ, что комета за этотъ промежутокъ времени начала распадаться и превращаться въ потокъ метеоровъ, подобно тому, какъ то же самое случилось послѣ 1846 года съ кометой Біэлы.

* Новое появленіе кометы ожидалось въ началѣ 1900 года, но она найдена не была, что вполнѣ объясняется неблагопріятнымъ расположеніемъ ея орбиты, которая послѣ 1894 года претерпѣла значительныя измѣненія подъ возмущающимъ дѣйствіемъ Юпитера. Поэтому пока эту комету слѣдуетъ считать потерянной. *

Въ историческомъ отношеніи заслуживаетъ интереса упоминаніе, что Леверье и Брюнновъ считали комету Де-Вико тождественной съ кометой Де-ля-Гира, появленіе которой относится къ 1678 году. Поэтому тѣмъ болѣе слѣдуетъ сожалѣть, что комету Свифта можно было наблюдать лишь въ теченіе короткаго промежутка времени, и что она уже тотчасъ послѣ своего открытія была видима только въ самые сильные телескопы и вмѣстѣ съ тѣмъ непрерывно удалялась какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Вслѣдствіе этого интересные вопросы, которые были возбуждены благодаря ея появленію, на этотъ разъ не были окончательно разрѣшены, и когда мы опять увидимъ эту комету, и увидимъ ли ее вообще, объ этомъ мы вовсе не можемъ судить на основаніи имѣющихся у насъ свѣдѣній объ этомъ небесномъ тѣлѣ.

§ 154. **Комета Брорзена.** Участь быть потерянной угрожала также слѣдующей періодической кометѣ съ короткимъ періодомъ обращенія, которая была открыта 26 февраля 1846 года Брорзеномъ въ Килѣ. Послѣ того какъ Брюнновъ и Д'Арре на основаніи семидневныхъ наблюденій обнаружили эллиптичность орбиты этой кометы, ее можно было наблюдать еще въ теченіе такого короткаго промежутка времени, что точное предвычисленіе слѣдующаго ея появленія въ 1851 году оказалось невозможнымъ, и въ этомъ году она не была найдена. Однако въ этомъ случаѣ судьба повернулась въ благопріятную сторону, и въ 1857 году, независимо отъ всякихъ предсказаній, она была вновь открыта Брунсомъ.

Комета имѣла видъ блѣдной, круглой туманной массы грануляціоннаго строенія, которая послѣ прохожденія черезъ перигелій стала увеличиваться. Вслѣдствіе этого, вѣроятно, яркость кометы, по мѣрѣ ея удаленія отъ солнца, уменьшалась быстрѣе, чѣмъ это обыкновенно бываетъ, что, въ связи съ неблагопріятнымъ для видимости кометы положеніемъ ея орбиты, позволило слѣдить за ней лишь въ теченіе весьма короткаго промежутка времени.

То обстоятельство, что мы не видѣли этой кометы до 1846 года, несмотря на ея короткое время обращенія, равное приблизительно 5,5 годамъ, находитъ себѣ объясненіе въ весьма интересныхъ изслѣдованіяхъ Д'Арре, показавшаго, что орбита этой кометы только въ серединѣ мая 1842 года, когда комета подходила весьма близко къ Юпитеру, подверглась сильнымъ измѣненіямъ, благодаря которымъ явилась возможность видѣть комету съ земли. По той-же причинѣ она въ серединѣ текущаго столѣтія снова исчезнетъ для насъ,

если только это не произойдетъ раньше или уже не произошло по другимъ причинамъ. Въ самомъ дѣлѣ, послѣ того какъ эта комета была снова наблюдаема во время прохожденій черезъ перигелій въ 1868, 1873 и 1879 годахъ, ее болѣе не могли найти ни въ 1884, ни въ 1890 годахъ, хотя во время этого послѣдняго, сравнительно благопріятнаго ея появленія астрономы весьма энергично и систематически искали ее. На этомъ основаніи пріобрѣтаетъ особенный интересъ замѣчаніе, сдѣланное Хиндомъ по случаю вычисленія элементовъ кометы 1894 I, которая была открыта Деннингомъ 26 марта 1894 года. Оказывается, что орбита этой кометы пересѣкаетъ орбиту кометы Брорзена, и что объ кометы въ апрѣлѣ 1881 года проходили черезъ точку пересѣченія почти одновременно. Весьма обстоятельное изслѣдованіе Лампа привело къ такому же результату, съ тою лишь разницей, что Лампъ, принявъ во вниманіе значительныя возмущенія, которыя комета Деннинга претерпѣла въ началѣ 1881 года вслѣдствіе весьма сильнаго приближенія къ Юпитеру, указалъ на середину января этого года какъ на время встрѣчи кометъ. Кратчайшее разстояніе между объими орбитами составляетъ, по изслѣдованіямъ Лампа, только 0,0086 радіуса земной орбиты или 99 земныхъ діаметровъ, и кометы проходили черезъ это мѣсто лишь черезъ 6,4 дней одна послѣ другой.

* Новое появленіе кометы Брорзена ожидалось въ концѣ 1900 года. Во время этого появленія условія видимости кометы были на столько благопріятны, что ее непремѣнно нашли бы, если бы она существовала или, по крайней мѣрѣ, если бы ея яркость была приблизительно такая же, какъ и во время прежнихъ появленій. Однако, несмотря на это, комета найдена не была, такъ что очень можетъ быть, что она при столкновеніи съ кометой Деннинга въ 1881 г. распалась окончательно, и въ настоящее время, повидимому, совершенно не стоитъ заниматься предвычисленіемъ ея будущихъ появленій. *

§ 155. **Кометы 1770 I и 1889 V.** 14 іюня 1770 года Мессье открылъ телескопическую комету, которая къ концу этого мѣсяца въ теченіе короткаго времени была видима даже невооруженнымъ глазомъ и которую можно было наблюдать до 2 октября. Въ скоромъ времени эта комета пріобрѣла особенный интересъ потому, что она, какъ оказалось, 1 іюля подходила къ землѣ ближе всякой другой изъ извѣстныхъ кометъ, причемъ ея разстояніе отъ земли въ этотъ день составляло только 0,015 радіуса земной орбиты или 363 земныхъ радіуса и, слѣдовательно, было лишь въ 6 разъ больше разстоянія отъ земли до луны. При такомъ приближеніи, если бы ея масса была равна массѣ земли, возмущающее дѣйствіе кометы должно было бы измѣнить длину нашего года на цѣлыхъ $2^h\,53^m$; однако продолжительность года съ тѣхъ поръ не измѣнилась даже на 1^s. А такъ какъ 1^s круглымъ числомъ въ 10,000 разъ меньше $2^h\,53^m$, то, слѣдовательно, масса кометы не можетъ составлять даже одной десятитысячной части массы земли.

Когда наблюденія уже охватили болѣе продолжительный промежутокъ времени, всѣ старанія астрономовъ удовлетворить движенію кометы параболической орбитой не имѣли никакого успѣха, и это было тѣмъ болѣе удивительно, что въ то время кромѣ кометы Галлея не знали ни одной періодической кометы, по крайней мѣрѣ съ короткимъ періодомъ обращенія. Но такъ какъ кромѣ того въ то время астрономы еще не умѣли опредѣлять орбиту небеснаго тѣла безъ предварительнаго знанія эксцентриситета или времени обращенія (§§ 66 и 139), то только Лекселю послѣ нѣсколькихъ тщетныхъ попытокъ удалось обнаружить, что комета движется по эллиптической кривой съ временемъ обращенія, равнымъ 5,5 годамъ, вслѣдствіе чего эта комета обыкновенно называется кометой Лекселя. Этотъ результатъ, который, для того времени и безъ того казался парадоксальнымъ, поразилъ астрономовъ еще болѣе потому, что комета, несмотря на ея короткое время обращенія, раньше ни разу не наблюдалась; но въ концѣ концовъ послѣ многихъ весьма сложныхъ вычисленій было доказано, что въ 1767 году комета проходила вблизи Юпитера, и что эта могущественная планета преобразовала ея первоначальную,

по всей вѣроятности, весьма вытянутую орбиту въ эллипсъ съ такимъ короткимъ періодомъ обращенія. Но послѣ 1770 года комета снова найдена не была, и причину этого объяснилъ Лаплассъ. При движеніи кометы по орбитѣ, опредѣленной Лекселемъ, ее можно было бы снова видѣть въ мартѣ мѣсяцѣ 1776 года, если бы только она не находилась на нашемъ небосклонѣ исключительно днемъ, вслѣдствіе чего она и оставалась для насъ невидимой. При своемъ удаленіи отъ солнца комета въ 1779 году снова встрѣтилась съ Юпитеромъ, который опять произвелъ въ ея движеніи сильныя возмущенія.

Наиболѣе точныя изслѣдованія относительно орбиты этого небеснаго тѣла и относительно тѣхъ видоизмѣненій, которымъ она подвергалась какъ до, такъ и послѣ 1770 года при значительныхъ приближеніяхъ кометы къ Юпитеру, были произведены французскимъ астрономомъ Леверье. Въ 1779 году комета, какъ это съ большой вѣроятностью вытекаетъ изъ этихъ изслѣдованій, подходила къ Юпитеру такъ близко, что должна была пройти между его спутниками. Орбиту, по которой она должна была двигаться послѣ этого, нельзя было опредѣлить вслѣдствіе значительной неточности, присущей наблюденіямъ того времени; но во всякомъ случаѣ было установлено, что разстояніе перигелія отъ солнца при этомъ весьма сильно увеличилось, вслѣдствіе чего была потеряна всякая надежда снова увидѣть когда-нибудь комету на ея новой орбитѣ. И дѣйствительно, въ теченіе болѣе чѣмъ 100 лѣтъ не было найдено ни одной кометы, которую можно было бы отождествить съ кометой Лекселя. Но вотъ наконецъ 6 іюля 1889 года Бруксъ въ Женевѣ (въ Сѣверной Америкѣ) открываетъ слабую, еле видимую комету, которая въ скоромъ времени оказалась одной изъ интереснѣйшихъ когда-либо наблюдавшихся кометъ.

Уже первыя опредѣленія орбиты обнаружили, что эта комета принадлежитъ къ числу періодическихъ съ короткимъ временемъ обращенія. Но еще бо́льшій интересъ возбудила эта комета послѣ того, какъ Чендлеръ показалъ, что въ маѣ 1886 года она подходила необыкновенно близко къ Юпитеру и притомъ въ той же самой части неба, гдѣ комета Лекселя въ 1779 году подверглась сильнымъ возмущеніямъ со стороны этой планеты, и что по этому тождественность обоихъ небесныхъ тѣлъ не только возможна, но даже въ высшей степени вѣроятна. Это побудило Пура заняться болѣе точнымъ изслѣдованіемъ вопроса, причемъ онъ, вычисливъ строгимъ образомъ возмущенія, прослѣдилъ за движеніемъ кометы со времени открытія назадъ до встрѣчи ея съ Юпитеромъ. Въ результатѣ своей трудной работы Пуръ показалъ, что комета въ дѣйствительности только съ 1886 года, благодаря возмущающему дѣйствію Юпитера, стала двигаться по своей новой орбитѣ. 20 іюля 1886 года она подходила къ Юпитеру настолько близко, что почти касалась его поверхности и проходила такимъ образомъ между планетой и пятымъ спутникомъ, открытымъ Барнардомъ, причемъ въ системѣ юпитеровыхъ спутниковъ она двигалась въ теченіе 2,6 дней. Въ теченіе этого времени комета описала почти полный кругъ около Юпитера, пройдя дугу, равную 313°. Для періода обращенія кометы до 1884 года, т. е. до того времени, начиная съ котораго Юпитеръ уже сталъ оказывать замѣтное вліяніе на форму ея орбиты, Пуръ получилъ 31,4 года; разстояніе же перигелія отъ солнца въ это время, по его вычисленіямъ, равнялось 5,46 радіусамъ земной орбиты, почему комета и оставалась невидимой для насъ.

Время обращенія, равное 31,4 годамъ, собственно не говоритъ въ пользу тождественности этой кометы съ кометой Лекселя, такъ какъ оно не заключается цѣлое число разъ въ промежуткѣ между 1779 и 1884 годами, т. е. въ 105 годахъ. Однако это обстоятельство не имѣетъ такого большого значенія, какъ это можетъ показаться съ перваго взгляда, такъ какъ возможныя приближенія кометы къ Юпитеру и возмущенія, которыя эта планета производитъ въ ея движеніи, должны весьма значительно измѣнять ея элементы. Поэтому окончательное рѣшеніе вопроса о тождественности обѣихъ кометъ, было отложено до слѣдующаго появленія кометы.

* Новое появленіе кометы Брукса произошло въ 1896 году, причемъ она была открыта 20 іюня Жавелемъ въ Ниццѣ и въ послѣдній разъ была наблюдаема 25 февраля 1897 года на Ликской обсерваторіи. На основаніи подробныхъ изслѣдованій движенія этой кометы, вновь произведенныхъ Шульгофомъ и Пуромъ, тождественность этой кометы съ кометой Лекселя, вопреки прежнимъ мнѣніямъ, оказалась мало вѣроятной, и Шульгофъ между прочимъ отождествляетъ съ кометой Лекселя періодическую комету 1895 II, открытую Л. Свифтомъ 20 августа 1895 и обладающую періодомъ обращенія, равнымъ приблизительно 7 годамъ. *

Комета Брукса представляетъ высокій интересъ не только въ историческомъ отношеніи, но также вслѣдствіе тѣхъ явленій, которыя развивались въ ней.

Во время своего открытія она имѣла видъ обыкновенной, не особенно яркой телескопической кометы: это была блѣдная, круглая туманная масса, съ размытымъ ядромъ въ центрѣ и со слѣдами хвоста. Въ теченіе слѣдующихъ трехъ недѣль хвостъ увеличивался необыкновенно быстро, и въ это время неоднократно замѣчались сильныя колебанія яркости кометы. Впрочемъ эти колебанія уже нельзя было причислять къ необыкновеннымъ явленіямъ, такъ какъ они наблюдались въ кометахъ довольно часто, послѣ того какъ на нихъ стали обращать больше вниманія, благодаря весьма замѣчательному свѣтовому изверженію, имѣвшему мѣсто въ сентябрѣ 1883 года въ періодической кометѣ Понса съ періодомъ обращенія, равнымъ 72 годамъ. Не менѣе поразило всѣхъ извѣстіе, что Барнардъ утромъ 2 августа открылъ у кометы двухъ спутниковъ, а утромъ 5 августа еще двухъ но уже болѣе слабыхъ и болѣе удаленныхъ отъ кометы. Кромѣ того утромъ 3 августа Барнардъ замѣтилъ еще нѣсколько блѣдныхъ туманныхъ массъ, но только на значительномъ разстояніи отъ главной кометы, и притомъ эти массы представляли собою образованія, повидимому весьма непостоянныя, такъ какъ уже на слѣдующій день онъ болѣе не могъ отыскать ихъ.

Во время открытія спутниковъ главная комета обладала вѣерообразнымъ хвостомъ длиною въ 15′ и небольшимъ ядромъ 12-ой величины. Ближайшій къ кометѣ изъ двухъ болѣе яркихъ спутниковъ представлялъ миніатюрное изображеніе главной кометы: онъ обладалъ необыкновенно маленькимъ ядромъ, похожимъ на неподвижную звѣзду, и необыкновенно слабымъ хвостомъ. Нѣкоторое время этотъ спутникъ оставался безъ всякихъ измѣненій, но въ послѣднихъ числахъ августа онъ началъ увеличиваться и дѣлаться размытымъ, причемъ вмѣстѣ съ тѣмъ исчезло сгущеніе въ его центрѣ, и 5 сентября, когда его видѣли въ послѣдній разъ, онъ имѣлъ видъ скорѣе большого, необыкновенно блѣднаго и размытаго туманнаго пятна. Такъ какъ въ это время комета все еще приближалась какъ къ солнцу, такъ и къ землѣ, и, слѣдовательно, яркость спутниковъ должна была бы увеличиваться, а не уменьшаться, то нѣтъ никакого сомнѣнія въ томъ, что этотъ спутникъ разсѣялся въ пространствѣ и прекратилъ свое существованіе.

Наиболѣе удаленный изъ яркихъ спутниковъ вначалѣ былъ больше ближайшаго, но вмѣстѣ съ тѣмъ онъ былъ блѣднѣе его и болѣе размытъ на краяхъ; у этого спутника также были замѣтны маленькое ядро и хвостъ. Яркость его постепенно увеличивалась, очертанія дѣлались болѣе рѣзкими и въ центрѣ образовалось довольно значительное сгущеніе, такъ что 31 августа онъ въ дѣйствительности былъ ярче главной кометы, яркость которой около этого времени, повидимому, уменьшалась въ теченіе нѣсколькихъ дней. До середины сентября главная комета и спутникъ оставались приблизительно равными по яркости; но затѣмъ спутникъ сталъ—сначала медленно, а начиная съ 27 сентября весьма быстро—блѣднѣть, расширяться и дѣлаться болѣе размытымъ, и наконецъ 25 ноября исчезъ совершенно. Поэтому, и этотъ спутникъ, повидимому, подвергся тому же самому процессу распаденія, какъ и первый, и въ концѣ концовъ прекратилъ свое существованіе.

Изъ двухъ спутниковъ, открытыхъ 5 августа, одинъ наблюдали только на Ликской

обсерваторіи съ 5 по 30 августа, а другой—на Ликской обсерваторіи 5 и 29 августа и въ Вѣнѣ 5 августа и 23 октября.

Наблюденіями наиболѣе отдаленнаго изъ яркихъ спутниковъ Бредихинъ воспользовался для опредѣленія его орбиты и показалъ, что раздѣленіе кометы произошло въ плоскости ея орбиты и имѣло мѣсто вблизи афелія. Если допустить, что отдѣленіе отъ кометы другихъ частей также произошло въ плоскости ея орбиты, то на основаніи только что упомянутыхъ двухъ наблюденій, произведенныхъ въ Вѣнѣ, оказывается, что орбита слабаго спутника, къ которому относятся эти наблюденія, пересѣкаетъ орбиту главной кометы также вблизи афелія. Но въ этомъ же мѣстѣ въ 1886 году встрѣтились Юпитеръ и комета; поэтому весьма вѣроятно, что отдѣленіе спутниковъ произошло именно въ это время. Причиной этого могло быть неодинаковое дѣйствіе планеты на различныя части кометы или столкновеніе этой послѣдней со спутниками Юпитера, среди которыхъ планета находилась въ теченіе $2^1/_2$ дней.

* Во время слѣдующаго появленія въ 1896 году спутниковъ у кометы Брукса никто не наблюдалъ. Въ этомъ году комета была очень слаба, діаметръ ея достигалъ 1′, ядро имѣло видъ звѣзды 12-ой величины. *

Однако вышеизложеннымъ интересъ къ кометѣ Брукса еще не исчерпывается. Послѣ того какъ въ Вѣнѣ ее наблюдали до 19 марта, а на Ликской обсерваторіи до 20 марта 1890 г., она, послѣ соединенія съ солнцемъ, была вторично открыта 21 ноября 1890 г. Барнардомъ, который и наблюдалъ ее еще до 13 января 1891 г.; но въ это время она находилась лишь на предѣлѣ видимости для большого рефрактора Ликской обсерваторіи. Это—первый примѣръ того, что періодическая комета была наблюдаема во время противостоянія, такъ далеко отстоящаго отъ ея прохожденія черезъ перигелій: періодъ, въ теченіе котораго можно было наблюдать эту комету, не принадлежащую къ тому-же къ числу самыхъ яркихъ, составляетъ 556 дней и на 45 дней превосходитъ таковой-же періодъ для кометы 1811 года, которая была видима въ теченіе 511 дней. Годы 1890—92 навсегда останутся памятными въ астрономіи, такъ какъ за этотъ промежутокъ удалось наблюдать 4 сравнительно слабыя кометы въ теченіе необыкновенно продолжительнаго времени и прослѣдить ихъ до такихъ разстояній, на которыхъ прежде кометы вообще не были доступны оптической силѣ астрономическихъ трубъ. Телескопическую комету 1889 I, открытую 2 сентября 1888 года Барнардомъ, а однимъ днемъ позже, независимо отъ него, Бруксомъ, можно было наблюдать еще дольше, чѣмъ вышеупомянутую комету: ея наблюденія обнимаютъ промежутокъ времени съ момента открытія до 7 сентября 1890 года, и слѣдовательно она была видима въ теченіе 735 дней, т. е. дольше, чѣмъ вообще какая-либо другая изъ извѣстныхъ кометъ. Сообразно съ этимъ ея предѣльныя разстоянія отъ земли и отъ солнца, на которыхъ она еще была наблюдаема, составляли соотвѣтственно 6,37 и 6,34 радіусовъ земной орбиты: до такого большого разстоянія не удавалось прослѣдить ни одной изъ извѣстныхъ кометъ. Кромѣ того, въ этотъ же промежутокъ времени наблюдали комету 1889 II съ 31 марта 1889 до 24 августа 1890, т.-е. въ теченіе 511 дней, и комету 1890 II съ 19 марта 1890 до 4 февраля 1892, т.-е. въ теченіе 687 дней.

§ 156. **Комета Хольмеса.** Къ числу самыхъ замѣчательныхъ во многихъ отношеніяхъ кометъ послѣдняго времени, безспорно, слѣдуетъ отнести ту, которая была открыта 6 ноября 1892 года Хольмесомъ въ Лондонѣ. Уже первыя опредѣленія орбиты, основанныя на точныхъ наблюденіяхъ, привели къ удивительному результату, а именно, что комета была открыта черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ прохожденія черезъ перигелій, на необыкновенно большомъ разстояніи какъ отъ солнца, такъ и отъ земли, причемъ разстояніе до солнца составляло 2,6, а до земли 2 радіуса земной орбиты. Подробныя вычисленія привели къ еще болѣе неожиданному результату, состоящему въ томъ, что комета уже съ середины мая обладала значительной яркостью и находилась въ сѣверномъ

полушаріи неба въ довольно благопріятномъ для ея видимости положеніи; въ серединѣ августа яркость ея была такая-же, какъ во время открытія, а во второй половинѣ сентября даже значительно больше. Это поразило всѣхъ особенно потому, что въ моментъ открытія комета была ярче туманности въ созвѣздіи Андромеды, вблизи которой она находилась, и, слѣдовательно, легко могла быть видима невооруженнымъ глазомъ. 7 и 8 ноября она нѣсколькими лицами въ Англіи и Шотландіи была замѣчена невооруженнымъ глазомъ, и, можетъ быть, еще 3 ноября видѣлъ эту комету Постъ въ Ньюпортѣ, но принялъ ее за извѣстную туманность. Поэтому приходится удивляться тому, какъ она могла раньше въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ ускользать отъ вниманія наблюдателей. Удивленіе возрасло еще болѣе, когда во второй половинѣ ноября Крейцъ, Шульгофъ и Сирль почти одновременно обнаружили, что комета принадлежитъ къ числу періодическихъ, и что время ея обращенія равняется приблизительно 7 годамъ; почему-же въ такомъ случаѣ—само собою возникаетъ вопросъ—эта яркая комета ниразу не была замѣчена раньше, при прежнихъ своихъ прохожденіяхъ черезъ перигелій, изъ которыхъ нѣкоторыя были болѣе благопріятны для видимости кометы, чѣмъ ея появленіе въ 1892 году? Такъ какъ комета въ моментъ открытія находилась въ наиболѣе богатой планетами части кольца астероидовъ, то нѣкоторые астрономы и въ особенности Корриганъ полагали, что комета могла бы быть результатомъ столкновенія двухъ астероидовъ. Однако въ скоромъ времени явленія, развившіяся въ самой кометѣ, дали астрономамъ ключъ къ болѣе простому объясненію всѣхъ выше указанныхъ трудностей.

Во время своего открытія комета представляла яркую, круглую туманную массу, съ діаметромъ, равнымъ 5′, съ сильнымъ сгущеніемъ въ центрѣ, со слѣдами хвоста, но уже въ слѣдующіе дни она стала значительно расширяться во всѣ стороны. При этомъ она стала весьма быстро блѣднѣть въ своихъ центральныхъ частяхъ, такъ что уже въ концѣ ноября она имѣла видъ равномѣрно освѣщенной, блѣдной, размытой туманности, діаметръ которой составлялъ по крайней мѣрѣ 30′. Въ этой стадіи развитія кометы особенно хорошо можно было прослѣдить извѣстное явленіе, что условія видимости блѣдной туманности большихъ размѣровъ не улучшаются съ увеличеніемъ отверстія объектива зрительной трубы. Такъ, на Вѣнской обсерваторіи при наблюденіи кометы въ различныя зрительныя трубы не только ея яркость представлялась приблизительно одинаковой, но даже для большого рефрактора съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 68 сантиметровъ она находилась почти на предѣлѣ видимости, между тѣмъ какъ Пализа въ это время могъ еще замѣтить ее невооруженнымъ глазомъ, хотя и съ большимъ трудомъ.

Въ серединѣ января яркость кометы, на основаніи теоретическихъ изслѣдованій, должна была уменьшиться вдвое противъ яркости въ моментъ открытія, на самомъ же дѣлѣ даже въ большіе телескопы ее можно было наблюдать лишь съ весьма большимъ трудомъ, какъ вдругъ совершенно неожиданно она снова увеличивается въ блескѣ и принимаетъ совершенно другой видъ. Вечеромъ 16 января астрономы не мало были удивлены, замѣтивъ, что комета не имѣла болѣе вида блѣдной туманности, какъ въ предыдущія ночи, а скорѣе была похожа на неподвижную звѣзду, окруженную весьма незначительной туманной оболочкой, діаметръ которой едва достигалъ 30″; но при этомъ комета была настолько ярка, что нѣкоторые наблюдатели могли ее видѣть невооруженнымъ глазомъ. Въ теченіе слѣдующихъ дней повторились тѣ-же самыя явленія, которыя имѣли мѣсто въ ноябрѣ: яркость ядра стала быстро уменьшаться, а размѣры окружающей его оболочки снова стали увеличиваться, такъ что 23 января діаметръ кометы опять достигъ 2′, и увеличеніе размѣровъ кометы непрерывно продолжалось до 10 февраля, когда комета снова обратилась въ размытую туманность, почти совершенно лишенную ядра. Но не смотря на постоянно убывающую яркость комета могла быть наблюдаема до середины марта, и Кобольдъ въ Страссбургѣ видѣлъ ее еще 6 апрѣля; однако она была уже слишкомъ слаба, чтобы можно было опредѣлить ея положеніе на небѣ.

Вслѣдствіе всего выше изложеннаго становится весьма вѣроятнымъ, что незадолго до 6 ноября произошло увеличеніе яркости, совершенно подобное тому, какое имѣло мѣсто 16 января 1893 года, и что такимъ образомъ невидимое раньше свѣтило вдругъ сдѣлалось яркимъ. Съ этимъ вполнѣ согласуется показаніе Хольмеса, что онъ 25 октября изслѣдовалъ ту-же самую область неба въ созвѣздіи Андромеды, но не замѣтилъ тамъ ничего, похожаго на комету.

Внезапныя измѣненія яркости, а также наружнаго вида комет въ послѣднее десятилѣтіе наблюдались, какъ уже было упомянуто выше, неоднократно; однако никогда еще это явленіе не развивалось въ такой сильной степени, какъ у кометы Хольмеса. Еще болѣе значенія имѣетъ то обстоятельство, что это явленіе у кометы Хольмеса впервые развилось на такомъ разстояніи отъ солнца, на которомъ никогда ничего подобнаго не наблюдалось у другихъ кометъ. Увеличеніе размѣровъ такъ называемыхъ «волосъ» при удаленіи кометы отъ солнца также не является единственнымъ въ этомъ родѣ фактомъ; оно, напримѣръ, имѣло мѣсто при каждомъ наблюдавшемся до сихъ поръ появленіи кометы Брорзена (§ 154); но въ случаѣ кометы Хольмеса особенностью является то, что это увеличеніе повторялось нѣсколько разъ.

Особенно же замѣчателенъ былъ спектръ кометы Хольмеса, который отличался отъ всѣхъ наблюдавшихся до сихъ поръ кометныхъ спектровъ: въ началѣ видимости кометы, а также при увеличеніи ея яркости въ январѣ комета обладала непрерывнымъ спектромъ.

Не менѣе замѣчательны также видъ и расположеніе орбиты этой кометы. Ея перигелій лежитъ за орбитой Марса, а афелій по сю сторону отъ орбиты Юпитера; слѣдовательно, комета постоянно движется внутри зоны малыхъ планетъ. Точно также благодаря ея сравнительно весьма малому эксцентриситету почти совершенно исчезаетъ та разница, которая въ этомъ отношеніи существовала раньше между комстами и планетами, такъ какъ многіе астероиды обладаютъ почти такимъ же эксцентриситетомъ.

* При второмъ своемъ появленіи комета Хольмеса была открыта 10 іюня 1899 года астрономомъ Перрине на Ликской обсерваторіи на основаніи предвычисленія Цвирса. Комета представляла круглую туманность съ небольшимъ сгущеніемъ въ серединѣ. Діаметръ кометы равнялся 30″; яркость не превосходила 16-ой величины. Также и впослѣдствіи яркость кометы существеннымъ образомъ не увеличилась; наибольшая ея яркость едва достигала 14-ой величины, такъ что комета все время была доступна лишь самымъ большимъ телескопамъ.

Весьма слабая яркость кометы во время этого появленія, повидимому, говоритъ въ пользу предположенія, что комета вообще принадлежитъ къ весьма слабымъ небеснымъ тѣламъ, и что въ 1892 году яркость ея сильно увеличилась по какимъ-то неизвѣстнымъ причинамъ, такъ какъ теоретическія условія видимости кометы были одинаковы во время обоихъ ея появленій.

Перрине могъ слѣдить за этой слабой кометой до 20 января 1900 г., такъ что промежутокъ времени, въ теченіе котораго ее можно было наблюдать, равняется $7^1/_3$ мѣсяцамъ. *

§ 157. **Большая комета 1843 года.** Различныя свѣдѣнія относительно другихъ періодическихъ кометъ читатель найдетъ въ спискѣ кометъ, приложенномъ въ концѣ книги. Здѣсь же мы предпочитаемъ разсмотрѣть нѣкоторыя интересныя въ другомъ отношеніи кометы, которыя появлялись въ наше время, и благодаря которымъ мы, примѣняя къ ихъ наблюденію современныя оптическія средства, познакомились съ массой въ высшей степени замѣчательныхъ явленій. Прежде всего мы обратимъ вниманіе на одну изъ самыхъ замѣчательныхъ когда-либо появлявшихся кометъ, именно на большую комету 1843 года, которая, вѣроятно, памятна нѣкоторымъ изъ нашихъ читателей.

Въ серединѣ марта 1843 года по вечерамъ была видна на западной части неба въ созвѣздіи Эридана бѣлая, яркая полоса, которая тянулась приблизительно по направленію

экватора и въ длину простиралась отъ горизонта болѣе чѣмъ на 45° (рис. 193). Уже наблюденія невооруженнымъ глазомъ не оставляли никакого сомнѣнія въ томъ, что это былъ хвостъ большой кометы, и такой взглядъ находилъ полное подтвержденіе въ томъ, что съ помощью зрительной трубы можно было видѣть на концѣ хвоста совсѣмъ вблизи горизонта ядро, которое представляло довольно круглое, похожее на звѣзду пятно, окруженное туманной оболочкой. Въ скоромъ времени изъ южныхъ обсерваторій были получены болѣе подробныя свѣдѣнія, изъ которыхъ было видно, что яркость кометы раньше была значительно больше, и что, напр., 28 февраля во многихъ мѣстахъ Италіи ее можно было видѣть невооруженнымъ глазомъ днемъ недалеко отъ солнца. Еще позже узнали, что Кларкъ въ Портландѣ въ Америкѣ также 28 февраля наблюдалъ кульминацію кометы лишь черезъ нѣсколько минутъ послѣ кульминаціи солнца, и что Боурингъ (Bowring) въ Мексикѣ измѣрилъ видимое разстояніе кометы отъ солнца, которое составляло приблизительно 4°. При этомъ въ видѣ курьеза слѣдуетъ упомянуть, что, въ то время какъ всюду на поверхности земли на кометы смотрѣли съ ужасомъ и страхомъ какъ на предвѣстницъ несчастія, въ Мексикѣ ихъ съ радостью привѣтствовали какъ приносящія счастье свѣтила, появленіе которыхъ совпадало съ временемъ открытія золотыхъ и серебряныхъ копей. Такъ напр., комету 1811 г. ставили въ связь съ открытіемъ рудника Рефужіо, комету 1819 года — съ открытіемъ чистой серебряной жилы Мореласъ, появленіе кометы Галлея въ 1835 году—съ открытіемъ рудника Гваделупе-и-Калво, который въ то время находился среди пустыни, и т. д.

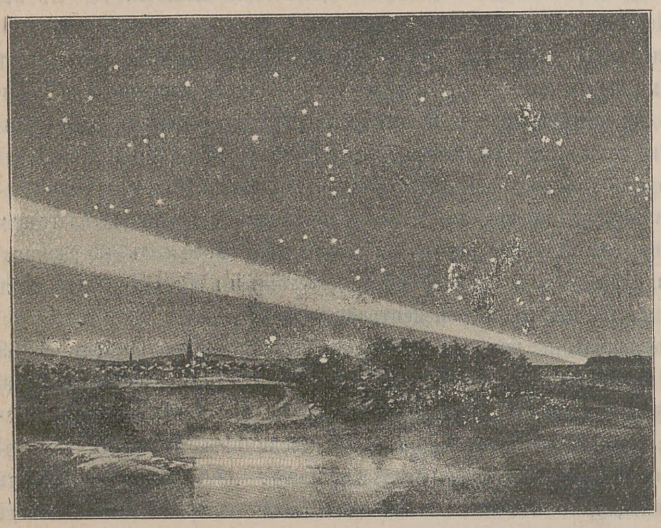


Рис. 193.

Послѣ 28 февраля комета 1843 года на нѣсколько дней исчезла совершенно, и это продолжалось до 3 марта, когда угловое разстояніе кометы отъ солнца было уже настолько велико, что въ южномъ полушаріи она была видима по вечерамъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ. Въ средней Европѣ она сдѣлалась доступной для наблюденій, какъ мы упомянули уже выше, только въ серединѣ марта, въ южной же Европѣ ее наблюдали въ Лиссабонѣ уже 8 марта, когда яркость ея ядра равнялась яркости Юпитера.

Размѣры хвоста были измѣрены различными наблюдателями, и хотя на эти измѣренія, вслѣдствіе неопредѣленности очертаній хвоста и вслѣдствіе сильнаго вліянія прозрачности неба на результаты, скорѣе надо смотрѣть какъ на простую оцѣнку, тѣмъ не менѣе изъ нихъ слѣдуетъ, что въ первое время видимости кометы хвостъ обладалъ совершенно необыкновенными размѣрами. Длина его въ первыхъ числахъ марта составляла отъ 68° до 70°, затѣмъ она стала уменьшаться, сначала, до 21 марта, очень медленно, а потомъ такъ быстро, что въ концѣ мѣсяца была вдвое меньше, чѣмъ въ началѣ. Истинная длина хвоста во время наибольшаго его развитія была лишь немного меньше діаметра земной орбиты, а именно она составляла отъ 250 до 300 милліоновъ километровъ. При этомъ вблизи ядра хвостъ былъ очень узкій, а къ другому концу онъ постепенно расширялся,

но такъ медленно, что его ширина даже въ самомъ широкомъ мѣстѣ едва достигала 3°. На самомъ концѣ хвостъ переходилъ въ остріе, очертанія котораго были весьма неопредѣленны, такъ что наблюдать это остріе было весьма трудно, и хвостъ терялся на темномъ фонѣ неба. Какъ и у большинства раньше появлявшихся кометъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, у этой кометы хвостъ по бокамъ былъ ярче, чѣмъ въ серединѣ, такъ что въ общемъ онъ имѣлъ видъ пустого внутри свѣтоваго конуса, въ вершинѣ котораго находилось ядро. Вполнѣ отчетливо выступала также кривизна хвоста, причемъ онъ былъ загнутъ къ югу.

Но самое замѣчательное и самое удивительное въ этой кометѣ было то, что при необыкновенной длинѣ хвоста ядро было почти совсѣмъ незамѣтно, такъ что получалось впечатлѣніе, будто бо́льшая часть матеріи, содержащейся въ ядрѣ, пошла на образованіе хвоста. Кромѣ того размѣры кометы, при ея удаленіи отъ земли и отъ солнца, для невооруженнаго глаза не уменьшались постепенно, но комета блѣднѣла вся сразу и благодаря этому сдѣлалась невидимой въ весьма короткое время. Такъ, Шмидтъ еще 30 марта оцѣнилъ длину хвоста въ 38°, а 2 апрѣля онъ уже ничего не могъ видѣть, чему, безъ сомнѣнія, способствовало также лунное освѣщеніе. Другую особенность этой кометы составляло необыкновенно быстрое уменьшеніе ея яркости: оно происходило такъ быстро, что уже черезъ 14 дней послѣ того, какъ комета исчезла для невооруженнаго глаза, ее болѣе нельзя было наблюдать даже при помощи самыхъ сильныхъ телескоповъ того времени.

Нѣсколько дней спустя послѣ появленія кометы было сдѣлано приближенное опредѣленіе ея орбиты, и при этомъ оказалось, что разстояніе кометы отъ солнца во время ея прохожденія черезъ перигелій было необыкновенно мало, по однимъ вычисленіемъ только 0,01, а по другимъ даже меньше 0,005 средняго разстоянія отъ земли до солнца, такъ что въ этотъ моментъ комета должна была пройти весьма близко отъ поверхности солнца. Радіусъ солнца равенъ 693 300 километрамъ: среднее разстояніе отъ земли до солнца составляетъ 148 600 000 километровъ, и, слѣдовательно, 0,01 этого разстоянія равняется 1 486 000 километровъ, а 0,005 — только 743 000 километровъ. Значитъ, при разстояніи перигелія, равномъ 0,01, комета отстояла бы отъ поверхности солнца приблизительно въ два раза дальше, чѣмъ луна отъ земли; если же для разстоянія перигелія мы примемъ 0,005, то въ моментъ прохожденія кометы черезъ перигелій она должна была отстоять отъ поверхности солнца круглымъ числомъ всего только на 4 земныхъ діаметра. Подобнымъ же образомъ всѣ позднѣйшія вычисленія давали весьма малое разстояніе перигелія, такъ что, напр., по опредѣленіямъ Губбарда, комета въ перигеліи должна была отстоять отъ поверхности солнца всего только на 10 земныхъ діаметровъ.

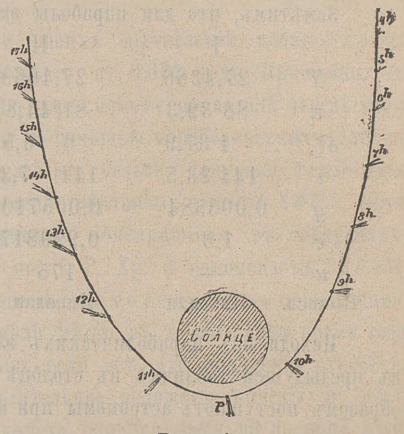


Рис. 194.

Болѣе наглядное понятіе о малости разстоянія перигелія читатель составитъ себѣ по рисунку 194, на которомъ, согласно съ дѣйствительностью, изображены солнце и прилегающая къ нему часть орбиты. Точка P есть перигелій, и масштабъ выбранъ такъ, что 100 000 километровъ равняются на рисункѣ 1 миллиметру. Среднее разстояніе отъ земли до солнца въ этомъ масштабѣ выразилось бы длиною, равною 1,5 метрамъ.

Кромѣ малаго разстоянія перигелія еще достойно упоминанія быстрое угловое движеніе кометы около солнца 27 февраля, что весьма наглядно видно на томъ же рис. 194, на которомъ нанесены положенія кометы для нѣсколькихъ моментовъ. По вычисленіямъ

Николаи въ этотъ день въ $10^h\,29^m$ средняго парижскаго времени комета находилась въ перигеліи P, а въ 11^h, 12^h, 13^h и т. д. въ тѣхъ точкахъ, при которыхъ на рис. 194 сдѣланы соотвѣтственныя обозначенія. Такимъ образомъ мы видимъ, что въ одинъ этотъ день геліоцентрическое угловое движеніе составляло болѣе $^3/_4$ окружности. Не менѣе замѣчательно быстрое уменьшеніе этого движенія: съ 28 февраля по 10 марта, слѣдовательно, въ теченіе 10 дней, угловое движеніе составляло $20^0\,58'$, съ 10 по 20 марта — только $2^0\,24'$, съ 20 по 30 марта — $1^0 11'$ и т. д. Впослѣдствіи мы еще вернемся къ этимъ замѣчательнымъ фактамъ.

Изъ многочисленныхъ опредѣленій орбиты этой кометы мы воспользуемся элементами Николаи для весьма интересныхъ изслѣдованій относительно тождественности этой кометы съ появлявшимися раньше; но для сравненія рядомъ съ этими элементами мы приводимъ еще нѣкоторыя другія. Время прохожденія черезъ перигелій (T) падаетъ на 27 февраля и относится къ парижскому меридіану. Въ нижеслѣдующей табличкѣ обозначаютъ:

π — долготу перигелія,

Ω — долготу восходящаго узла,

i — наклонность,

q — разстояніе перигелія отъ солнца,

e — эксцентриситетъ,

u — время обращенія, выраженное въ годахъ.

Замѣтимъ, что для параболы эксцентриситетъ e равенъ единицѣ.

	I	II	III	IV	V
T	27,4366	27,4069	27,3461	27,1555	27,4170
π	$88^0 39,3'$	$81^0 44,8'$	$77^0 26,6'$	$62^0 39,7'$	$83^0 49,6'$
Ω	1 37,9	0 6,5	357 52,1	350 8,9	1 14,9
i	144 23,5	144 7,3	143 39,5	141 29,4	144 19,4
q	0,005584	0,005710	0,006017	0,007077	0,005538
e	1,0	0,999817	0,999440	0,997938	0,999916
u	—	175	35	7	533
Вычисл.	Николаи	Николаи.	Ложье и Мовэ.	Клаузенъ.	Губбардъ.

Исходя изъ параболическихъ элементовъ, вычисленныхъ Николаи и приведенныхъ въ предыдущей табличкѣ въ столбцѣ I, мы покажемъ на подробномъ примѣрѣ, какимъ образомъ поступаютъ астрономы при изслѣдованіи вопроса, представляетъ ли данная комета новое тѣло, еще ни разу раньше не наблюдавшееся, или же она уже и въ прежнія времена одинъ или даже нѣсколько разъ приближалась къ солнцу.

Необыкновенная длина хвоста и чрезвычайная слабость ядра въ сравненіи съ хвостомъ наводили на мысль о сходствѣ кометы 1843 г. съ кометой 1668 года, у которой Кассини, наблюдавшій ее въ Парижѣ, не могъ замѣтить ядра. Для трехъ дней, именно для 10, 14 и 19 марта 1668 года онъ нанесъ положеніе хвоста на звѣздную карту, которая приложена къ мемуарамъ Парижской Академіи за 1702 годъ. Если съ элементами кометы 1843 года вычислить ея положенія для 1668 года, при предположеніи, что въ этомъ году прохожденіе черезъ перигелій имѣло мѣсто 29 февраля въ 7 часовъ утра средняго парижскаго времени, и затѣмъ нанести эти положенія на звѣздную карту, то они замѣчательно хорошо подходятъ къ начерченнымъ положеніямъ хвоста. Точно также въ «Giornale de' Letterati» *) помѣщено наблюденіе этой кометы, которое было произведено въ 1668 году

*) На этотъ источникъ астрономы обратили вниманіе благодаря старой картѣ, которая находилась въ рукахъ Гендерсона въ Эдинбургѣ, причемъ онъ раньше не зналъ, къ какому сочиненію она принадлежитъ. На ней дано движеніе нашей кометы, и она составляла приложеніе къ статьѣ Готтигніеса, что послѣ долгихъ изысканій было обнаружено одновременно на обсерваторіяхъ въ Вѣнѣ и въ Римѣ.

патеромъ Эстанселемъ въ Сенъ-Сальвадорѣ и которое можетъ быть весьма удовлетворительно представлено элементами кометы 1843 года. Въ статьѣ Готтигніеса, напечатанной въ томъ же журналѣ и озаглавленной: «De figuris Cometarum qui anno 1664, 1665, 1668 apparuerunt», приведены положенія кометы 1668 г., опредѣленныя этимъ іезуитомъ въ Гоа въ промежутокъ времени съ 9 по 21 марта 1668 года; также и въ этомъ случаѣ съ помощью новыхъ элементовъ получается весьма хорошее согласіе наблюденныхъ и вычисленныхъ положеній кометы, такъ что тождественность обѣихъ кометъ становится не только возможной, но даже вѣроятной. Время обращенія кометы въ такомъ случаѣ должно было равняться 175 годамъ. И дѣйствительно, въ кометографіи Пингре указаны кометы, появлявшіяся въ слѣдующихъ годахъ: 1493, 1317, 1143, 968, 442, 268. Всѣ эти появленія могутъ быть отнесены къ одной кометѣ съ періодомъ обращенія, равнымъ приблизительно 175 годамъ, причемъ между 968 и 442 годами два появленія остались незамѣченными. Но такъ какъ относительно вышеупомянутыхъ появленій кометъ у насъ нѣтъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній, то съ увѣренностью мы не можемъ рѣшить, принадлежатъ ли дѣйствительно всѣ эти появленія одной и той кометѣ, или нѣтъ; все же Николаи сдѣлалъ попытку, нельзя ли, предполагая, что время обращенія кометы составляетъ 175 лѣтъ, найти систему эллиптическихъ элементовъ, которые соотвѣтствовали бы наблюденіямъ и могли бы удовлетворительно представить движеніе кометы на небѣ. Онъ нашелъ, что это во всякомъ случаѣ возможно, и полученные имъ эллиптическіе элементы даны въ вышеприведенной таблицѣ въ столбцѣ II.

Богуславскій, напротивъ того, на основаніи своихъ вычисленій полагаетъ, что предшествующее появленіе кометы 1843 года имѣло мѣсто въ 1695 году. Принимая, что 24 октября 1695 г. есть день, когда указанная у Пингре комета проходила черезъ перигелій, мы можемъ представить движеніе этой кометы съ помощью параболическихъ элементовъ кометы 1843 года такъ точно, что лучшаго и желать нельзя. Допуская тождественность обѣихъ этихъ кометъ, мы получаемъ для времени обращенія кометы $147^1/_2$ лѣтъ. Этому времени обращенія удовлетворяютъ большія кометы, появлявшіяся въ слѣдующихъ годахъ: 1548, 1401, 1254, 1106, 367, 219 и 72 послѣ Р. Хр. и наконецъ въ 371 году до Р. Хр. Появленіе этой послѣдней кометы, описанное Аристотелемъ въ первой книгѣ его Метеорологіи, и появленіе кометы 1106 года имѣли мѣсто въ то же самое время года, какъ и появленіе кометы 1843 года, и слѣдовательно, если всѣ эти появленія относятся къ одной кометѣ, то во всѣхъ трехъ случаяхъ относительное положеніе кометы и земли должно было быть одинаковымъ. И дѣйствительно, комета появлявшаяся во времена Аристотеля, и комета 1106 года имѣютъ такое большое сходство съ кометой 1843 года, что, повидимому, не остается почти никакого сомнѣнія относительно ихъ тождественности.

Ложье и Мовэ замѣтили, что, принимая время обращенія равнымъ 35 годамъ, также легко указать цѣлый рядъ большихъ кометъ, которыя могли бы быть отождествлены съ кометой 1843 года, и среди нихъ находятся кометы 1106 и 1668 годовъ. Что касается кометы 1106 года, то названные астрономы, предположивъ, что ея прохожденіе черезъ перигелій имѣло мѣсто 3 февраля 1106 года, достаточно хорошо удовлетворили большей части ея наблюденій, произведенныхъ въ мартѣ и апрѣлѣ 1106 года, элементами кометы 1843 года; о сходствѣ же кометъ 1668 и 1843 годовъ было сказано выше. Затѣмъ Ложье и Мовэ занялись изслѣдованіемъ, не противорѣчитъ ли время обращенія, равное 35 годамъ, наблюденіямъ 1843 года, и убѣдились, что нѣтъ. Элементы, найденные ими, даны въ вышеприведенной таблицѣ въ столбцѣ III.

Однако этимъ изслѣдованія относительно интересующей насъ кометы еще не были закончены. Клаузенъ въ Дерптѣ, а также Уокеръ и Кендаль въ Филадельфіи обратили вниманіе на то, что, принимая время обращенія равнымъ $21^7/_8$ годамъ, можно появленіе кометъ 1668, 1689 и 1843 годовъ представить какъ различныя возвращенія къ

солнцу одной и той-же кометы. Уокеръ и Кендаль кромѣ того замѣтили, что $21^7/_8$ лѣтъ, повторенныя 8 разъ, составляютъ въ точности 175 лѣтъ, и, слѣдовательно, бо́льшая часть вышеупомянутыхъ кометъ также должна подойти къ новому періоду. Просматривая кометографію Пингре, они встрѣтили не менѣе, какъ 24 кометы, которыя признали тождественными съ кометой 1843 года, и сообразно съ этимъ они считали доказаннымъ, что время обращенія кометы 1843 года составляло $21^7/_8$ лѣтъ

Клаузенъ сдѣлалъ еще одинъ шагъ впередъ и уменьшилъ время обращенія до семи лѣтъ, вслѣдствіе чего онъ, естественно, могъ поставить въ связь съ кометой 1843 года весьма большое число блестящихъ кометъ предшествующихъ столѣтій. При такомъ предположеніи онъ и получилъ элементы, данные въ вышеприведенной табличкѣ въ столбцѣ IV. Эти элементы вполнѣ удовлетворительно представили наблюденія кометы 1843 года, произведенныя въ промежутокъ времени съ 20 по 28 марта.

Изъ выше изложеннаго съ достаточною очевидностью вытекаетъ, что всѣ эти трудныя и утомительныя изслѣдованія собственно не привели ни къ какимъ надежнымъ результатамъ. При всякой попыткѣ отождествить какую-нибудь комету съ одной изъ появлявшихся раньше обыкновенно трудно бываетъ получить какой-нибудь положительный результатъ главнымъ образомъ потому, что въ большинствѣ случаевъ кромѣ замѣтки, что въ такомъ-то году появлялась комета, мы не имѣемъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній о ея движеніи по небу, и даже въ томъ случаѣ, когда подобныя указанія даются, они бываютъ почти всегда весьма неточны, опредѣляя лишь приблизительно положеніе кометы среди нѣкоторыхъ извѣстныхъ неподвижныхъ звѣздъ. Поэтому, въ лучшемъ случаѣ, на основаніи такихъ наблюденій можно сдѣлать лишь весьма грубое и неточное опредѣленіе орбиты.

Въ случаѣ кометы 1843 года имѣло мѣсто кромѣ того еще другое обстоятельство, отъ котораго также зависѣла неопредѣленность въ этихъ изслѣдованіяхъ: это—необыкновенно малое разстояніе перигелія отъ солнца. Изъ сравненія между собою приведенныхъ выше элементовъ ясно вытекаетъ, что при такомъ маломъ растояніи перигелія даже при весьма короткихъ временахъ обращеніяхъ эксцентриситетъ орбиты постоянно остается весьма близкимъ къ единицѣ, и слѣдовательно эллипсъ начинаетъ замѣтнымъ образомъ отличаться отъ параболы только на такихъ разстояніяхъ отъ солнца, на которыхъ комета уже совершенно недоступна для нашихъ наблюденій; поэтому всякая болѣе или менѣе значительная величина большой оси должна удовлетворить наблюденіямъ на той небольшой части орбиты, которую комета описываетъ въ короткій промежутокъ времени, пока она доступна для нашихъ телескоповъ.

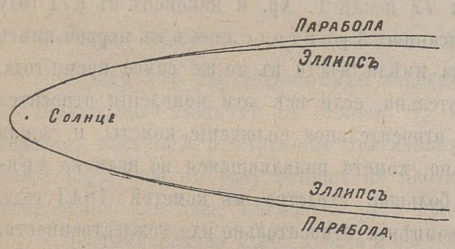


Рис. 195.

Для бо́льшей наглядности на рис. 195 представлена опредѣляемая параболическими элементами Николаи та часть орбиты, которую комета описала въ короткій промежутокъ времени, пока она была видима. Для этого рисунка масштабъ выбранъ такой, при которомъ среднее разстояніе отъ земли до солнца представилось бы длиною въ 27 сантиметровъ. Рядомъ съ этой параболой мы начертили эллипсъ, для котораго разстояніе перигелія отъ солнца такое-же, какъ и для параболы, а большая ось равна большой оси земной орбиты. Слѣдовательно, такой эллипсъ комета описала бы всего только въ одинъ годъ, между тѣмъ какъ для параболы время обращенія дѣлается безконечно большимъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ рис. 195 съ полною очевидностью показываетъ намъ, какъ ничтожно, несмотря на это, различіе между обѣими орбитами вблизи перигелія. Если бы мы попыта-

лись начертить на нашемъ рисункѣ еще второй эллипсъ, большая ось котораго превосходитъ въ десять разъ большую ось земной орбиты, и для котораго время обращенія составляло бы, слѣдовательно, приблизительно 32 года, то мы уже совсѣмъ не могли бы отличить этотъ эллипсъ отъ параболы. Такимъ образомъ мы видимъ, что время обращенія нашей кометы не можетъ быть опредѣлено съ сколько-нибудь удовлетворительною точностью на основаніи наблюденій, произведенныхъ вблизи перигелія.

Впрочемъ необходимо замѣтить, что всѣ вышеизложенныя изслѣдованія были предприняты тотчасъ послѣ появленія кометы, и потому вышеуказанныя опредѣленія орбиты были основаны не на совокупности всѣхъ наблюденій, а только на весьма незначительномъ ихъ числѣ, что, само собой разумѣется, еще болѣе увеличило и безъ того весьма значительную неточность результатовъ. Только въ 1852 году Губбардъ предпринялъ новое обширное изслѣдованіе движенія кометы, основанное на всѣхъ наблюденіяхъ, которыя были извѣстны въ то время и которыя были пригодны для этой цѣли. Въ результатѣ онъ получилъ элементы, которые даны въ вышеприведенной таблицѣ въ столбцѣ V.

На основаніи этихъ элементовъ большая полуось орбиты нашей кометы составляетъ 65,7, а разстояніе афелія отъ солнца 131 радіусовъ земной орбиты; это послѣднее разстояніе въ масштабѣ, принятомъ нами для рисунка 194, представилось бы длиною приблизительно въ 200 метровъ. Въ перигеліи комета приближается къ центру солнца на 823000 километровъ, а такъ какъ радіусъ солнца составляетъ 693300 километровъ, то во время прохожденія кометы черезъ перигелій разстояніе ея отъ поверхности солнца равняется 129700 километрамъ или 0,3 разстоянія отъ луны до земли. На такомъ незначительномъ разстояніи солнце должно было усматриваться воображаемымъ наблюдателемъ съ кометы подъ угломъ въ 115°, иначе говоря, — въ видѣ гигантскаго огненнаго шара, покрывающаго почти половину видимаго небеснаго свода, и оно должно было освѣщать и нагрѣвать комету въ 32600 разъ сильнѣе, чѣмъ освѣщаетъ и нагрѣваетъ землю. Удивительно ли въ такомъ случаѣ, что вслѣдствіе столь огромнаго нагрѣванія комета раскалилась до такой степени, что была видима даже днемъ вблизи солнца, и что весьма значительная часть кометнаго вещества испарились и послужила къ образованію необыкновенно длиннаго хвоста?

Въ афеліи же комета удаляется отъ солнца на 19500 милліоновъ километровъ, и это разстояніе превосходитъ болѣе чѣмъ въ четыре раза разстояніе отъ Нептуна до солнца. На такомъ разстояніи солнце представляется съ кометы только подъ угломъ въ 15″ и освѣщаетъ и нагрѣваетъ ее въ 17300 разъ слабѣе, чѣмъ нашу землю. Еще нагляднѣе выступаетъ значеніе этихъ чиселъ, если мы непосредственно сравнимъ между собою силу нагрѣванія и освѣщенія въ перигеліи съ таковой же въ афеліи: первая сила въ 563 милліона разъ больше второй!

Не менѣе удивительно также различіе между скоростями кометы въ различныхъ частяхъ орбиты. Въ перигеліи угловое движеніе кометы въ теченіе нѣсколькихъ часовъ составило 140° или почти половину окружности, такъ что, если бы она продолжала двигаться неизмѣнно съ тою-же самою угловою скоростью, то она въ одинъ день описала бы около солнца болѣе 10 круговъ. Въ афеліи же она въ теченіе 46 дней описываетъ такую дугу, которая съ солнца усматривается всего только подъ угломъ въ 1″, такъ что въ этой части своей орбиты она какъ бы стоитъ совершенно неподвижно въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ. То же самое относится и къ ея абсолютной скорости. Въ то время какъ земля въ своемъ движеніи около солнца въ среднемъ проходитъ 29,59 километровъ въ секунду, комета въ перигеліи движется со скоростью 562,22 километровъ, въ афеліи же эта скорость уменьшается до 0,024 кил. въ секунду *). Когда комета 19 апрѣля 1843 года,

*) Для кометы 1680 года, которая изъ всѣхъ болѣе или менѣе хорошо извѣстныхъ намъ кометъ одна обладаетъ такимъ же малымъ разстояніемъ перигелія отъ солнца, имѣютъ мѣсто по-

т. е. 50 дней спустя послѣ своего прохожденія черезъ перигелій, была въ послѣдній разъ наблюдаема на мысѣ Доброй Надежды, ея истинная аномалія равнялась 173°, т. е. комета отстояла отъ афелія только на 7°; а если бы разстояніе перигелія отъ солнца было равно среднему разстоянію отъ земли до солнца, то въ этомъ случаѣ комета достигла бы той-же самой аномаліи только въ 332 года.

При той ужасающей скорости, съ которою комета движется около солнца въ перигеліи, тѣмъ болѣе удивительно другое обстоятельство, котораго поэтому мы не можемъ здѣсь пройти молчаніемъ.

Родъ коническаго сѣченія, описываемаго небеснымъ тѣломъ около солнца, между прочимъ зависитъ главнымъ образомъ отъ скорости, которою обладаетъ это небесное тѣло въ нѣкоторой точкѣ своей орбиты, причемъ, чтобы имѣть дѣло съ опредѣленнымъ случаемъ, мы можемъ выбрать за таковую точку перигелій. Если скорость движенія составляетъ $\frac{41{,}84}{\sqrt{q}}$ километровъ, гдѣ буквой q обозначено разстояніе перигелія отъ солнца, то небесное тѣло движется по параболѣ; если скорость превосходитъ эту величину, то движеніе происходитъ по гиперболѣ, и наконецъ, если скорость меньше этой величины, то орбита есть эллиптическая кривая (часть III, § 20). Въ двухъ первыхъ случаяхъ небесное тѣло никогда болѣе не возвращается къ солнцу, но теряется въ неизмѣримомъ міровомъ пространствѣ, и только въ послѣднемъ случаѣ оно описываетъ замкнутую орбиту. Чѣмъ меньше скорость движенія, тѣмъ менѣе вытянута орбита, т. е. тѣмъ болѣе приближается она къ круговой, и въ концѣ концовъ она обращается въ окружность круга. Если бы въ нашемъ случаѣ скорость движенія кометы въ перигеліи, равная 562,22 километрамъ, увеличилась только на 0,01 кил. или на 10 метровъ, то орбита обратилась бы въ параболическую; напротивъ того, если бы скорость сдѣлалась равной 562,15 километрамъ и, слѣдовательно, уменьшилась бы только на 0,07 километра, то время обращенія было бы равно только 29 годамъ. Этотъ фактъ самымъ краснорѣчивымъ образомъ иллюстрируетъ трудность опредѣленія времени обращенія нашей кометы около солнца. Но онъ весьма поучителенъ еще и въ другомъ отношеніи. Если мы примемъ во вниманіе, что сопротивленіе нашей атмосферы, даже въ высочайшихъ, весьма разрѣженныхъ ея слояхъ, почти совершенно уничтожаетъ скорость влетающихъ въ нее метеоровъ, и что сопротивленіе среды растетъ по крайней мѣрѣ пропорціонально квадрату скорости, то какъ же мала должна быть плотность среды, наполняющей пространство, даже въ непосредственной близости съ солнцемъ, если ея сопротивленіе не измѣняетъ замѣтнымъ образомъ даже такихъ огромныхъ скоростей! И этотъ выводъ не можетъ быть подвергнутъ никакому сомнѣнію, такъ

добные же контрасты, но только еще болѣе рѣзкіе вслѣдствіе ея весьма продолжительнаго времени обращенія. По изслѣдованіямъ Энке время обращенія этой кометы составляетъ 8810 лѣтъ, и сообразно съ этимъ большая полуось равняется 426,7, а разстояніе перигелія отъ солнца 0,006222 радіусамъ земной орбиты. Это послѣднее разстояніе, будучи выражено въ километрахъ, составляетъ 925000. Такимъ образомъ въ перигеліи комета приближается къ поверхности солнца на 232000 километровъ, или приблизительно на 0,6 разстоянія отъ луны до земли; въ афеліи она удаляется на 126800 милліоновъ километровъ, или въ 28 разъ дальше, чѣмъ Нептунъ. Въ перигеліи солнце усматривается съ кометы подъ угломъ въ 97°, а въ афеліи этотъ уголъ составляетъ лишь немного болѣе 2″, и слѣдовательно солнце представляется въ видѣ диска приблизительно такой же величины, какъ Нептунъ. Въ перигеліи солнце освѣщаетъ и нагрѣваетъ комету въ 25800 разъ сильнѣе, а въ афеліи въ 182000 разъ слабѣе, чѣмъ землю; сила же нагрѣванія и освѣщенія въ перигеліи относится къ таковой же въ афеліи, какъ 4700 милліоновъ къ 1. Угловая скорость движенія кометы вокругъ солнца въ перигеліи составляетъ 118° въ часъ, въ афеліи же комета 1″ проходитъ въ 1840 дней. Сообразно съ этимъ, абсолютная скорость кометы въ перигеліи равняется 530 километрамъ въ секунду, а въ афеліи только 4 метрамъ, т. е. она приблизительно въ два раза меньше скорости обыкновеннаго желѣзнодорожнаго поѣзда.

какъ, согласно съ вышеизложеннымъ, орбита нашей кометы обратилась бы въ эллиптическую съ короткимъ періодомъ обращенія, если бы сопротивленіе среды могло замедлить скорость движенія кометы въ перигеліи хотя бы на нѣсколько метровъ.

Этотъ результатъ представляется тѣмъ болѣе неожиданнымъ, что комета при своемъ прохожденіи черезъ перигелій не только пронеслась черезъ болѣе плотныя части солнечной короны, но даже проникла въ такія области, гдѣ нерѣдко появляются протуберанцы. Въ самомъ дѣлѣ, протуберанцы, которые возвышаются надъ солнечнымъ краемъ на 4′ или круглымъ числомъ на 170000 километровъ, встрѣчаются нерѣдко; и даже 30 августа 1880 года Толлонъ наблюдалъ протуберанцъ, который поднимался на высоту 8,4′ или 364000 километровъ, а 7 октября того-же года Юнгъ замѣтилъ другой протуберанцъ, который достигалъ огромной высоты, равной 13′ или 563000 километровъ (§ 27). Согласно же съ вышеизложеннымъ, для кометы 1843 года разстояніе перигелія отъ солнечной поверхности составляетъ только 129700 километровъ.

§ 158. **Большая южная комета 1880 года.** Послѣ того какъ было опубликовано опредѣленіе орбиты большой кометы 1843 года, выполненное Губбардомъ, никакихъ новыхъ изслѣдованій относительно этого небеснаго тѣла не предпринималось до тѣхъ поръ, пока не представился къ тому совершенно неожиданно новый случай въ 1880 году.

1 февраля, а по другимъ показаніямъ даже 31 января 1880 года во многихъ мѣстахъ въ Австраліи и въ Южной Америкѣ видѣли вскорѣ послѣ захода солнца длинную яркую полосу свѣта, которая представлялась выходящей изъ той точки, гдѣ только-что зашло солнце. Эта полоса проходила черезъ созвѣздія Журавля и Южной Рыбы, была нѣсколько искривлена по направленію къ южному полюсу и своей выпуклой стороной была обращена къ звѣздѣ Фомальгаутъ. 2 февраля эта полоса, которая представляла, безъ сомнѣнія, хвостъ большой кометы, была замѣчена почти повсемѣстно; но и въ этотъ день у кометы нельзя было открыть ядра. Не удалось отыскать его и на слѣдующій день, такъ что Гиль писалъ въ Европу слѣдующее: «We have a comet by the tail, but I am sorry to say, that we only have him by the tail still» *). Только Гульду 4 февраля посчастливилось увидѣть ядро, но все еще настолько близко къ горизонту, что собственно наблюденій никакихъ нельзя было сдѣлать; первое наблюденіе онъ произвелъ лишь 5 февраля, и съ тѣхъ поръ онъ усердно слѣдилъ за кометой до 19 февраля, когда она между прочимъ сдѣлалась настолько слабой, что даже въ рефракторъ съ отверстіемъ объектива въ $28^1/_2$ сантиметровъ она представлялась въ видѣ едва замѣтнаго бѣлаго облачка. Еще болѣе короткій промежутокъ времени охватываютъ наблюденія на Мысѣ Доброй Надежды и въ Мельбурнѣ, гдѣ вслѣдствіе слабыхъ оптическихъ вспомогательныхъ средствъ этихъ обсерваторій наблюденія пришлось прекратить соотвѣтственно уже 15 и 17 февраля.

Весьма замѣчательную особенность этой кометы составляли несоразмѣрная длина хвоста въ сравненіи съ его шириной и незначительная яркость ядра. Въ первые дни послѣ появленія кометы длина хвоста составляла 40^0—45^0, а ширина повсюду была почти одинаковая и едва достигала $1^1/_2{}^0$. Ядра въ собственномъ смыслѣ этого слова не было; голова же скорѣе представлялась въ видѣ облакоподобнаго, размытаго образованія, которое казалось удлиненнымъ по направленію хвоста и яркость котораго была лишь немного больше яркости этого послѣдняго.

Наибольшей яркости хвостъ достигъ 7 и 8 февраля, когда его можно было сравнивать съ наиболѣе свѣтлыми частями млечнаго пути. Послѣ же этого онъ сталъ быстро блѣднѣть; все же еще 14 февраля его можно было прослѣдить, хотя и съ большимъ трудомъ, до 37^0 въ длину, между тѣмъ какъ пятью днями позже, какъ было выше упомянуто, уже и ядро сдѣлалось недоступнымъ даже для большихъ телескоповъ.

*) По хвосту это комета, но я къ сожалѣнію долженъ сказать, что пока мы видимъ только одинъ хвостъ.

Какъ только первыя извѣстія объ этой кометѣ распространились въ Европѣ, поражающее сходство всего явленія съ тѣмъ, что наблюдалось въ кометѣ 1843 года, навело Э. Вейса на догадку, что новая комета есть ничто иное, какъ вторичное появленіе кометы 1843 года, и это побудило его заняться изслѣдованіемъ, нельзя ли, при соотвѣтственномъ выборѣ времени прохожденія черезъ перигелій, представить наблюденія новой кометы съ помощью элементовъ кометы 1843 года. Это оказалось вполнѣ возможнымъ, если принять, что комета прошла черезъ перигелій 28 января 1880 года въ 1^h 40^m утра средняго Парижскаго времени. Почти одновременно съ этимъ были сдѣланы на основаніи имѣвшихся на лицо наблюденій непосредственныя опредѣленія орбиты Гульдомъ, Ральфомъ Копландомъ, Хиндомъ и другими, причемъ вычисленные ими элементы были очень сходны съ элементами кометы 1843 года, и такимъ образомъ, повидимому, получалось новое подтвержденіе высказаннаго выше взгляда.

Отождествленіе кометъ 1843 и 1880 годовъ противорѣчило изслѣдованіямъ Губбарда, который для времени обращенія первой изъ нихъ нашелъ 533 года, и замѣна этого періода 37-лѣтнимъ представлялось, повидимому, тѣмъ менѣе невозможной, что Губбардъ считалъ недопустимымъ даже уменьшеніе этого періода до 175 лѣтъ. Чтобы избѣгнуть этихъ затрудненій, нѣкоторые астрономы приняли предположеніе о сопротивленіи солнечной короны или окружающей солнце среды, и это предположеніе породило цѣлый рядъ интересныхъ изслѣдованій. Такъ, Клинкерфюсъ старался доказать, что комета, появлявшаяся во времена Аристотеля, въ 371 году до Р. Хр., была первымъ появленіемъ нашей кометы, и что ея параболическая прежде орбита при прохожденія кометы черезъ солнечную корону превратилась въ эллиптическую съ временемъ обращенія въ 2039 лѣтъ. Поэтому, ея второе появленіе имѣло мѣсто въ 1668 году, причемъ о сходствѣ кометы этого года съ кометой 1843 года уже было сказано выше. Во время этого второго появленія кометы ея періодъ обращенія снова уменьшился и сдѣлался равнымъ 175 годамъ, такъ что въ третій разъ комета прошла черезъ перигелій въ 1843 году, когда произошло новое уменьшеніе времени обращенія до 37 лѣтъ. На основаніи этихъ данныхъ, принимая во вниманіе сопротивленіе солнечной атмосферы, новаго появленія кометы можно было ожидать черезъ 17 или 18 лѣтъ, т. е. въ 1897 или 1898 году. * Однако и до сихъ поръ не пришлось наблюдать ни одной кометы, которая бы представляла хотя бы малѣйшее сходство съ кометами 1843 и 1880 годовъ. * Мартъ, Хиндъ и другіе пришли приблизительно къ такимъ же результатамъ, какъ и Клинкерфюсъ. Гульдъ же, напротивъ того, думаетъ, что вслѣдствіе тренія кометы о поверхность солнца или по крайней мѣрѣ о болѣе плотныя части солнечной атмосферы могло произойти скорѣе удлиненіе времени обращенія: кометы 1668 и 1702 годовъ, между появленіями которыхъ протекло 34 года, онъ считаетъ тождественными съ кометами 1843 и 1880 годовъ, и въ такомъ случаѣ за этотъ промежутокъ времени періодъ обращенія увеличился съ 34 лѣтъ до 37.

Но при всѣхъ этихъ изслѣдованіяхъ не обратили вниманія на то, что наблюденія кометы 1843 года, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, за исключеніемъ одного неточнаго наблюденія, произведеннаго Кларкомъ въ день прохожденія кометы черезъ перегелій, относятся къ тому времени, когда комета уже удалилась за орбиту Меркурія, и когда, слѣдовательно, сопротивляющаяся среда уже давно должна была измѣнить орбиту въ эллиптическую съ короткимъ періодомъ обращенія. Поэтому можно было бы уже заранѣе предвидѣть, что введеніе вліянія сопротивляющейся среды вовсе не могло способствовать лучшему представленію наблюденій кометы 1843 года при ея движеніи по эллиптической орбитѣ съ 37-лѣтнимъ періодомъ обращенія, и даже элементы, вычисленные Губбардомъ гораздо раньше показали, что комета при своемъ прохожденіи черезъ перигелій вообще не испытала никакого сопротивленія. Подобныя размышленія для нѣкоторыхъ астрономовъ послужили поводомъ тотчасъ же совершенно отбросить предположеніе о тождественности кометъ

1843 и 1880 годовъ. Однако Э. Вейсъ показалъ, что изслѣдованія Губбарда никоимъ образомъ не противорѣчатъ короткому времени обращенія кометы 1843 года въ той степени, какъ это полагали прежде, такъ какъ при такихъ малыхъ разстояніяхъ перигелія отъ солнца непримѣнимъ тотъ общеупотребительный способъ, которымъ Губбардъ воспользовался также и въ этомъ частномъ случаѣ, и на основаніи котораго, исходя изъ какой-нибудь опредѣленной орбиты, вычисляютъ ошибки для орбитъ съ другимъ временемъ обращенія по линейнымъ (дифференціальнымъ) формуламъ. Въ дѣйствительности же, чтобы въ этомъ случаѣ получить истинное понятіе объ остающихся ошибкахъ наблюденій, необходимо сначала предварительное опредѣленіе орбиты подогнать къ желаемому времени обращенія, и только полученную такимъ образомъ орбиту можно улучшать черезъ сравненіе ея съ имѣющимися на лицо наблюденіями. Ниже приведены полученные такимъ образомъ элементы кометы 1843 года, рядомъ съ которыми даны для сравненія вѣроятнѣйшіе элементы кометы 1880 года, вычисленные В. Мейеромъ изъ всѣхъ наблюденій этой кометы при предположеніи, что время ея обращенія составляетъ 37 лѣтъ.

	1843 I.	1880 I.
Время прохожденія черезъ перигелій . .	февр. 27,3475	янв. 27,4507
Долгота перигелія	78° 10,6′	74° 14,0′
Долгота восходящаго узла	358 13,3	356 18,6
Наклонность	143 42,0	143 7,8
Разстояніе перигелія отъ солнца . . .	0,006129	0,005907
Эксцентриситетъ	0,999447	0,999468
Время обращенія	36,92 лѣтъ	37 лѣтъ
Вычислитель	Вейсъ	Мейеръ.

Только-что приведенные элементы кометы 1843 года представляютъ ея наблюденія этого года, правда, не такъ хорошо, какъ элементы, вычисленные Губбардомъ, но все же остающіяся ошибки не слишкомъ велики; если же за время прохожденія черезъ перигелій принять 27,4489 января 1880 года по среднему Парижскому времени, то эти элементы удовлетворяютъ наблюденіямъ 1843 года въ предѣлахъ нѣсколькихъ минутъ дуги. Необходимо замѣтить, что въ настоящее время мы знаемъ нѣсколько такихъ кометъ, которыя, не будучи тождественны другъ съ другомъ, совершаютъ движенія по весьма сходнымъ орбитамъ; но чтобы двѣ различныя кометы, прошедшія въ непосредственной близости отъ солнца всего черезъ нѣсколько десятковъ лѣтъ одна послѣ другой, описывали столь сходныя орбиты, и чтобы наблюденія одной изъ нихъ представлялись элементами другой съ точностью до нѣсколькихъ минутъ дуги, это во всякомъ случаѣ мало вѣроятно. Кромѣ того, если мы, принимая время обращенія равнымъ 36,9 годамъ, сдѣлаемъ разсчеты для прошедшихъ столѣтій, то мы натолкнемся на двѣ кометы, которыя были весьма похожи на кометы 1843 и 1880 годовъ и движеніе которыхъ довольно точно представляется элементами этихъ кометъ: это кометы 1695 и 1106 годовъ, о которыхъ мы уже говорили выше. Далѣе, съ большою вѣроятностью можно сюда отнести дневное наблюденіе кометы 1 августа 1179 года, а также съ нѣкоторою, хотя уже меньшею степенью вѣроятности дневныя наблюденія кометъ 1363 и 1511 годовъ. Заключая для отличія эти послѣднія наблюденія въ скобки, мы получаемъ слѣдующую таблицу:

Число оборотовъ до 1880 г.	Время прохожденія черезъ перигелій.	Средняя продолжительность одного оборота.
21	1106 февр. 4	36,75 лѣтъ
11	1179 авг. 1	36,76 »
14	(1363 мая 27)	37,62 »
10	(1511 середина года)	36,86 »

Число оборотовъ до 1880 г.	Время прохожденія черезъ перигелій.	Средняя продолжительность одного оборота.
5	1695 окт. 24	36,83 лѣтъ
1	1843 февр. 27	36,91 »
0	1880 янв. 7	

Точно также комета Аристотеля, которая появлялась въ 371 году до Р. Хр., можетъ быть отождествлена съ разсматриваемой здѣсь кометой, причемъ со времени ея появленія до 1880 года комета сдѣлала 61 оборотъ около солнца, и, слѣдовательно, средняя продолжительность одного оборота за весь этотъ промежутокъ времени составляетъ 36,90 лѣтъ.

Но, вѣроятно, уже многимъ читателямъ пришла въ голову мысль, какимъ образомъ могло случиться, что комета 1843 года, если она дѣйствительно обладаетъ такимъ короткимъ періодомъ обращенія, несмотря на свои огромные размѣры, наблюдалась такъ рѣдко и, напротивъ того, гораздо чаще оставалась незамѣченной. Довольно удовлетворительное объясненіе этого, дѣйствительно весьма замѣчательнаго факта можно было бы искать въ особенномъ расположеніи орбиты, вслѣдствіе чего комета въ сѣверномъ полушаріи земли, о которомъ, имѣя въ виду старыя появленія, только и можетъ идти рѣчь, бываетъ доступна для невооруженнаго глаза лишь въ теченіе весьма короткаго времени и по вечерамъ бываетъ видима исключительно тогда, когда прохожденіе черезъ перигелій падаетъ на февраль или мартъ. Такъ какъ время обращенія кометы весьма близко къ 36 годамъ 11 мѣсяцамъ, то послѣ одного благопріятнаго для наблюденій появленія кометы она въ теченіе цѣлаго ряда слѣдующихъ появленій обыкновенно бываетъ невидима.

§ 159. **Большая комета 1882 года.** Эти изслѣдованія въ теченіе нѣкотораго времени оставались безъ дальнѣйшаго развитія, пока наконецъ въ 1882 году въ первыхъ числахъ сентября не появилась внезапно въ южномъ полушаріи опять яркая комета, которая 18 сентября, въ день своего прохожденія черезъ перигелій, многими лицами была замѣчена невооруженнымъ глазомъ въ непосредственной близости отъ солнца, и которая въ концѣ названнаго мѣсяца, выйдя снова изъ лучей солнца, была видима также и въ сѣверномъ полушаріи незадолго до солнечнаго восхода и послѣ большой іюльской кометы 1861 года развилась въ самую блестящую комету.

Но прежде чѣмъ подробно описывать въ высшей степени замѣчательныя явленія, которыя наблюдались въ этой кометѣ, мы, чтобы не разрывать связи съ предыдущимъ, разсмотримъ сначала движеніе этой кометы.

Уже первыя опредѣленія орбиты дали для новой кометы опять необыкновенно малое разстояніе перигелія отъ солнца, и кромѣ того другіе элементы получились настолько сходными съ элементами кометъ 1843 и 1880 годовъ, что многіе астрономы не преминули тотчасъ же признать ее тождественной съ этими двумя, причемъ происшедшее сокращеніе періода обращенія съ 37 лѣтъ до $2^1/_2$ объяснили вліяніемъ сопротивляющейся среды. Однако, когда наблюденія охватили болѣе значительную дугу, то тотчасъ же оказалось, что элементы новой кометы, хотя и были сходны съ элементами кометы 1843 года, но во всякомъ случаѣ не были совершенно одинаковы съ ними; точно также очень скоро замѣтили еще другое весьма значительное различіе между этими кометами. Въ то время какъ яркость кометъ 1843 и 1880 годовъ послѣ ихъ прохожденія черезъ перигелій стала необыкновенно быстро уменьшаться, и кометы въ скоромъ времени совершенно исчезли, яркость новой кометы, наоборотъ, уменьшалась настолько медленно, что еще въ началѣ 1883 года ее можно было легко наблюдать невооруженнымъ глазомъ.

Большое сходство элементовъ кометы 1882 года съ элементами кометъ 1880 и 1843 годовъ въ высшей степени интересно уже потому, что оно доказываетъ существованіе нѣсколькихъ кометъ съ необыкновенно малымъ разстояніемъ перигелія отъ солнца, которыя движутся вокругъ этого послѣдняго по весьма сходнымъ орбитамъ. Однако этотъ фактъ

не имѣетъ никакого вліянія на тѣ доказательства, которыя мы приводили въ пользу тождественности кометъ 1843 и 1880 годовъ, основываясь только на этихъ двухъ появленіяхъ; всѣ же тѣ разсужденія, при помощи которыхъ мы старались установить тождественность ранѣе появлявшихся кометъ съ этими двумя, почти совершенно теряютъ свою доказательность. Въ самомъ дѣлѣ, можно заранѣе, не производя даже вычисленій, утверждать съ достаточною опредѣленностью, что тѣмъ грубымъ наблюденіямъ прошлыхъ столѣтій (напр, наблюденіямъ 1106 года), которымъ удовлетворяютъ элементы кометъ 1843 и 1880 годовъ, должны удовлетворить также и элементы кометы 1882 года.

Самую замѣчательную отличительную особенность кометы 1882 года составляла ея огромная яркость, которою она обладала во время прохожденія черезъ перигелій и которую она сохраняла довольно долгое время. Еще 16 сентября, т.-е. за день до прохожденія кометы черезъ перигелій, Гульдъ на обсерваторіи въ Кордовѣ въ искатель рефрактора могъ слѣдить за ней въ теченіе цѣлаго дня, и въ этотъ же день ее видѣли невооруженнымъ глазомъ въ Монтевидео. Въ слѣдующіе дни, отъ 17 до 20 сентября, комета, несмотря на свою близость къ солнцу, представляла собою весьма замѣчательный небесный объектъ, и многочисленныя свѣдѣнія о ней были получены почти изъ всѣхъ частей земной поверхности. Такъ, между прочимъ Эллакотъ могъ слѣдить за ней 18 сентября невооруженнымъ глазомъ съ полудня до захода солнца, и въ это время она описала около солнца дугу въ 90°. Далѣе, Маллэ 22 сентября, когда онъ по предложенію Де-Фонвіеля поднялся надъ Парижемъ на воздушномъ шарѣ выше облаковъ, видѣлъ комету невооруженнымъ глазомъ около солнца, а Милозевичъ въ Римѣ наблюдалъ ее при помощи зрительной трубы въ теченіе цѣлаго дня еще 23 сентября. Какъ велика должна была быть яркость кометы при ея прохожденіи черезъ перигелій, это лучше всего слѣдуетъ изъ того, что Гульдъ въ Кордовѣ, Тебутъ въ Виндзорѣ (въ Новомъ Южномъ Уэльсѣ) и Коммонъ въ Элингъ (въ Англіи) видѣли 17 сентября комету въ полѣ зрѣнія трубы одновременно съ солнцемъ, а астрономамъ Финлею и Элькину на мысѣ Доброй Надежды посчастливилось прослѣдить комету до самаго ея исчезновенія около солнечнаго края. Это — единственное въ своемъ родѣ наблюденіе! По согласнымъ между собою показаніямъ обоихъ наблюдателей комета при этомъ имѣла полное сходство съ звѣздой и обладала такою-же яркостью, какъ и солнце, отъ котораго она отличалась только своимъ бѣлымъ цвѣтомъ, такъ что прикосновеніе кометы съ солнечнымъ краемъ было вполнѣ подобно соприкосновенію звѣзды со свѣтлымъ краемъ луны во время покрытія и могло быть замѣчено совершенно съ такою же точностью. На солнечномъ дискѣ наблюдатели не замѣтили никакихъ слѣдовъ кометы, вслѣдствіе чего вначалѣ они полагали, что они наблюдали покрытіе кометы солнцемъ, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности, какъ это впослѣдствіи оказалось изъ элементовъ кометы, имѣло мѣсто ея прохожденіе передъ солнечнымъ дискомъ. Выступленіе кометы съ солнечнаго диска на Мысѣ Доброй Надежды было невидимо, такъ какъ тамъ солнце въ это время уже зашло.

Приходится очень сожалѣть, что въ Египтѣ, вслѣдствіе войны, которая тамъ велась, были задержаны двѣ телеграммы, посланныя Гилемъ, когда онъ замѣтилъ необыкновенно быстрое увеличеніе яркости кометы, въ Европу, съ цѣлію обратить вниманіе астрономовъ сѣвернаго полушарія на возможность наблюдать комету въ слѣдующіе дни при полномъ дневномъ освѣщеніи и съ цѣлію побудить ихъ этимъ слѣдить за кометой въ близкомъ сосѣдствѣ съ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, иначе также во многихъ другихъ мѣстахъ можно было бы наблюдать прохожденіе кометы передъ солнцемъ, и именно эти наблюденія имѣли бы неоцѣнимое значеніе какъ для изслѣдованій относительно сопротивленія, которое комета испытала при прохожденіи черезъ солнечную корону, такъ и вообще для точнаго опредѣленія ея орбиты.

Особенно интересно прослѣдить здѣсь, какимъ образомъ измѣнялась яркость кометы

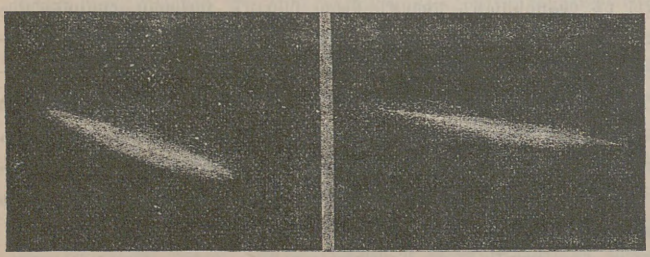
во все время, пока она была видима. Насколько въ настоящее время извѣстно, впервые она была замѣчена на Ауклэндѣ и въ Аргентинской республикѣ въ первыхъ числахъ сентября, вѣроятно, 3-го числа, т.-е. за 14 дней до прохожденія черезъ перигелій. Мы уже выше видѣли, что во время прохожденія черезъ перигелій она отличалась въ полномъ смыслѣ слова небывалою яркостью. Но и послѣ прохожденія черезъ перигелій, даже еще въ декабрѣ, комета производила на наблюдателей сильное впечатлѣніе, такъ какъ яркость кометы вообще уменьшалась весьма медленно и большинство наблюдателей могло слѣдить за ней невооруженнымъ глазомъ до середины февраля. Томэ на обсерваторіи въ Кордовѣ могъ наблюдать ее невооруженнымъ глазомъ даже до 7 марта, но въ этотъ день для такихъ наблюденій она находилась уже на предѣлѣ видимости; наблюденія же при помощи зрительныхъ трубъ, конечно, можно было продолжать еще на нѣсколько дней позже. На обсерваторіи въ Кордовѣ за кометой слѣдили до 1 іюня, и затѣмъ она исчезла не столько вслѣдствіе своей слабости, сколько вслѣдствіе своего низкаго положенія около горизонта. Въ это время разстояніе кометы отъ земли составляло 5,05 радіусовъ земной орбиты; до такого разстоянія раньше могли прослѣдить лишь знаменитую комету 1729 года и то только вслѣдствіе необыкновенно большого разстоянія ея перигелія отъ солнца. Начиная съ 7 сентября 1882 года когда комета была въ первый разъ наблюдаема на Мысѣ Доброй Надежды, и до послѣдняго, вышеупомянутаго наблюденія въ Кордовѣ, комета описала на своей орбитѣ дугу, заключающую болѣе 340°. Впрочемъ въ августѣ и сентябрѣ, когда комета для сѣвернаго полушарія снова появилась на утреннемъ небѣ, ее вѣроятно еще разъ можно было бы видѣть при помощи могущественныхъ телескоповъ, которые теперь установлены на различныхъ обсерваторіяхъ, если бы только ея положеніе было болѣе благопріятное.



9 октября 1882 года.



21 ноября 1882 года.



1 февраля 1883 года. 3 марта 1883 года.

Рис. 196.

Не меньшій интересъ представляютъ также тѣ перемѣны, которыя постепенно про-

исходили въ самой кометѣ. Что касается ядра, то оно какъ до прохожденія черезъ перигелій, такъ и послѣ прохожденія до 22 сентября вообще имѣло круглую форму; между 24 и 28 сентября оно мало-по-малу стало принимать веретенообразную форму, и между 30 сентября и 2 октября въ ядрѣ образовались два свѣтовыхъ узла, отдѣленныхъ весьма тонкой, болѣе темной линіей, вслѣдствіе чего получалось впечатлѣніе, какъ будто ядро раздѣлилось на двѣ части. При дальнѣйшемъ развитіи этого явленія, ядро все болѣе и болѣе удлинялось; мало-по-малу въ ядрѣ выступали новые центры сгущенія, такъ что въ концѣ октября оно имѣло видъ нити съ нанизанными на нее жемчугами. Вмѣстѣ съ удлиненіемъ ядра уменьшалась рѣзкость его очертаній, и вмѣстѣ съ уменьшеніемъ яркости кометы число видимыхъ свѣтовыхъ узловъ дѣлалось все меньше и меньше, и въ концѣ февраля ихъ снова было только два, но они уже не находились одинъ около другого, а отстояли другъ отъ друга, по измѣреніямъ Шмидта, на 1,5′, причемъ длина всего ядра, по изслѣдованіямъ Риккo, достигала 3′. Такимъ образомъ, здѣсь, повидимому, дѣйствительно произошелъ разрывъ ядра и имѣло мѣсто постоянное удаленіе отдѣльныхъ частей другъ отъ друга, и это въ концѣ концовъ должно было привести комету къ раздѣленію на два или болѣе самостоятельныхъ небесныхъ тѣла. Съ другой стороны проф. Петерсъ, указалъ на другое, также довольно вѣроятное объясненіе этого явленія. Именно, въ концѣ октября, когда комета для нашего полушарія стала все болѣе и болѣе подниматься изъ густого тумана, плавающаго вблизи горизонта, онъ замѣтилъ въ головѣ кометы вѣерообразныя истеченія, подобныя тѣмъ, которыя имѣли мѣсто въ кометѣ Галлея, въ кометѣ

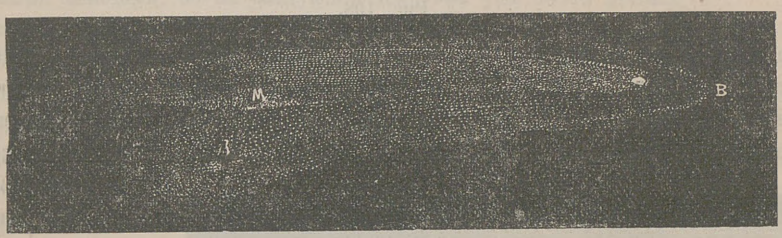


Рис. 197.

1862 III, а также въ кометѣ Донати (§ 160). Онъ полагаетъ, что у кометы 1882 года одно истеченіе исходило изъ ядра по направленію къ солнцу, а другое по направленію оси хвоста, какъ это, хотя и рѣдко, но все же уже не одинъ разъ наблюдалось у этихъ небесныхъ тѣлъ, напр., у большой кометы 1861 года, и этимъ-то онъ и объясняетъ вышеуказанное явленіе. Этому взгляду, повидимому, соотвѣтствуетъ то обстоятельство, что ось вытянутаго ядра сначала почти совпадала съ продольною осью хвоста, но затѣмъ принимала все болѣе и болѣе наклонное положеніе, такъ что въ концѣ ноября, по наблюденіямъ Тебута, обѣ эти оси составляли другъ съ другомъ уголъ въ 45°.

* На рис. 196 изображено ядро нашей кометы для четырехъ моментовъ, а именно: для 9 октября и 21 ноября 1882 года и для 1 февраля и 3 марта 1883 года. *

Также и хвостъ этой кометы представлялъ весьма замѣчательное образованіе. Во время своего наибольшаго развитія, т.-е. почти въ теченіе всего октября, хвостъ имѣлъ такой видъ, какъ будто-бы онъ состоялъ изъ трехъ различныхъ частей, что наглядно представлено на рис. 197, изображающемъ хвостъ согласно съ наблюденіями Шмидта, произведенными при помощи кометоискателя, слѣдовательно, при слабомъ увеличеніи. Рядомъ съ узкимъ главнымъ хвостомъ кометы находился еще другой болѣе широкій, но болѣе короткій и менѣе яркій, который, повидимому, не лежалъ въ одной плоскости съ главнымъ хвостомъ; кромѣ того, Шмидтъ, внимательно слѣдившій за всѣми явленіями въ этой кометѣ, замѣтилъ еще узкую, довольно рѣзко ограниченную туманную массу зна-

чительной длины, которую онъ назвалъ «туманной трубой», такъ какъ получалось впечатлѣніе, будто вся комета помѣщалась въ этой трубѣ.

При разсматриваніи кометы при помощи трубы съ большимъ увеличеніемъ, отдѣльныя части, изъ которыхъ комета состояла, представлялась еще болѣе отчетливо, какъ это наглядно изображено на рис. 198, на которомъ внѣшняя оболочка $A\alpha\gamma B$ представляетъ

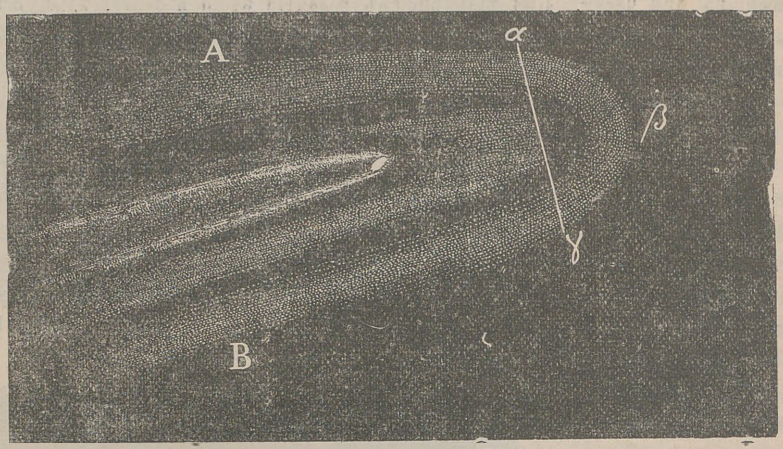


Рис. 198.

вышеупомянутую «туманную трубу» Шмидта. Тѣ же самыя явленія наблюдалъ также Скіапарелли, причемъ 19 октября, при весьма благопріятныхъ атмосферическихъ условіяхъ, онъ могъ замѣтить еще закругленную часть $\alpha\beta\gamma$ «туманной трубы», вслѣдствіе чего въ этой послѣдней можно было узнать третій хвостъ, окружающій ядро на большомъ протяженіи.

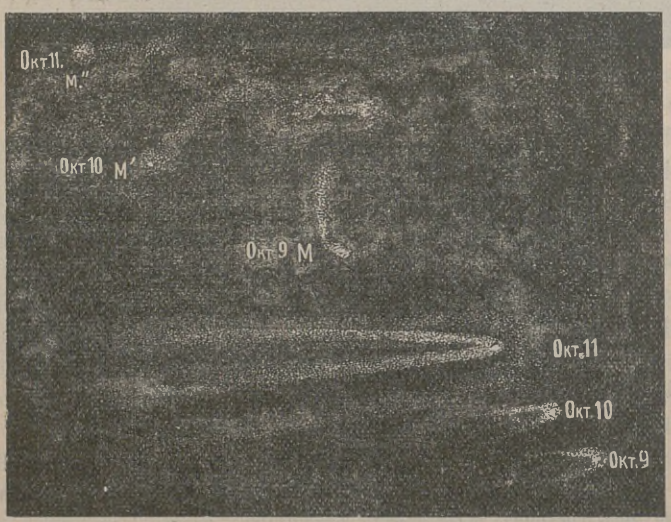


Рис. 199.

Еще большаго вниманія заслуживаютъ различныя, быстро исчезавшія отдѣльныя туманныя массы, которыя многіе наблюдатели видѣли вблизи кометы. Самую замѣчательную изъ нихъ открылъ Шмидтъ въ Аѳинахъ въ ночь съ 9 на 10 октября, и онъ могъ наблюдать ее также втеченіе слѣдующихъ двухъ ночей. Положеніе этой туманности для только что указанныхъ трехъ дней изображено на рисункѣ 199.

Въ первую ночь, когда Шмидтъ открылъ ее около $4^1/_2$ часовъ утра, ея яркость была настолько значительна, что ее можно было видѣть въ небольшой кометоискатель; она находилась приблизительно въ 3^0 къ юго-западу отъ ядра кометы и имѣла видъ серпа, общее протяженіе котораго составляло $0{,}8^0$, причемъ въ вершинѣ серпа находился свѣтовой узелъ, и два такихъ же, но только болѣе слабыхъ узла находились на южномъ концѣ.

Въ слѣдующую ночь, съ 10 на 11 октября, эта туманность удалилась отъ главной кометы еще на 1^0, и ея видъ совершенно измѣнился, причемъ она скорѣе была похожа на перевернутую корону съ 4 или 5 свѣтовыми узлами въ ея вершинѣ. При этомъ размѣры этого образованія существеннымъ образомъ увеличились, а сама туманность вообще сдѣлалась значительно блѣднѣе.

Въ слѣдующую ночь туманность удалилась отъ головы кометы еще на 1^0, сдѣлалась гораздо блѣднѣе, и видъ ея еще разъ совершенно измѣнился, причемъ она въ эту ночь была похожа на слегка искривленную дугу съ свѣтовыми узлами на концахъ и по серединѣ. Въ ночь съ 12 на 13 октября, правда при невполнѣ чистомъ воздухѣ, Шмидтъ не могъ замѣтить никакихъ слѣдовъ этого явленія; не могъ онъ ее найти также и въ слѣдующіе дни.

Телеграмма, въ которой Шмидтъ сообщалъ о своемъ открытіи, попала въ руки астрономовъ, къ сожалѣнію, только 12 октября, такъ что это интересное образованіе кромѣ него никѣмъ въ Европѣ не наблюдалось; замѣтилъ же его еще Гартвигъ 9 октября на морѣ во время переѣзда на островъ Бахію Бланка для наблюденія прохожденія Венеры, и его наблюденія согласуются съ наблюденіями Шмидта.

Черезъ нѣсколько дней послѣ исчезновенія этой туманности, именно 14 октября, Барнардъ опять замѣтилъ въ 6^0 къ юго-западу отъ кометы 6 туманностей, изъ которыхъ самая яркая имѣла въ діаметрѣ приблизительно $15'$. Во всѣхъ этихъ туманностяхъ въ центрѣ можно было замѣтить сгущенія, такъ что онѣ имѣли полное сходство съ телескопическими кометами, но на слѣдующій день онѣ уже опять исчезли.

Наконецъ 21 октября Бруксъ опять замѣтилъ туманность, размѣры которой достигали 2^0, но на этотъ разъ туманность находилась въ 8^0 къ востоку отъ кометы; ему удалось видѣть эту туманность также и въ слѣдующую ночь, но яркость ея уже значительно уменьшилась.

Въ извѣстной связи съ этими туманностями, можетъ-быть, находятся яркія облака, которыя Шмидтъ замѣтилъ въ хвостѣ кометы недалеко отъ его конца, и изъ которыхъ наиболѣе яркія (M и β на рис. 197) съ 5 октября до 11 ноября выдѣлялись настолько отчетливо и ясно, что онъ могъ произвести цѣлый рядъ довольно точныхъ опредѣленій ихъ положенія. Изъ этихъ положеній Бредихинъ вывелъ, 1) что солнце дѣйствовало на эти туманныя облака съ силою, которая составляетъ соотвѣтственно только 0,25 и 0,4 обыкновенной притягательной силы (силы всемірнаго тяготѣнія), 2) что эти туманныя массы отдѣлились отъ кометы 18 сентября соотвѣтственно въ 8 часовъ вечера и въ 5 часовъ утра средняго Парижскаго времени, и 3) что онѣ описывали около солнца гиперболическія орбиты.

Изъ трехъ наблюденій туманности, за которой Шмидтъ слѣдилъ отъ 10 до 12 октября, многіе астрономы, допуская, что три свѣтовые узла M, M', M'' (рис. 199) тождественны между собою, вычислили орбиты, имѣющія извѣстное сходство съ орбитой главной кометы, напр., обладающія тоже весьма малымъ разстояніемъ перигелія отъ солнца, но во всякомъ случаѣ не пересѣкающіяся съ ней и даже, напротивъ того, нигдѣ значительно къ ней не приближающіяся. Но такъ какъ связь этой туманности съ главной кометой не подлежала никакому сомнѣнію, то Цельбръ вычислилъ, при различныхъ допущеніяхъ относительно разстоянія туманности отъ земли, еще рядъ другихъ орбитъ, съ цѣлію посмотрѣть, нельзя-ли такимъ образомъ найти такую орбиту, которая бы пересѣкала орбиту главной кометы, но онъ пришелъ къ результату, что это невозможно. Это побудило Геппергера заняться изслѣдованіемъ, нельзя-ли прійти къ удовлетворительному результату, если сдѣлать допущеніе, что солнце дѣйствовало на туманность съ силою, отличною отъ силы всемірнаго тяготѣнія,—допущеніе, которое, какъ мы ниже (§ 163) увидимъ, даетъ возможность объяснить образованіе кометныхъ хвостовъ, и которое, согласно

съ вышесказаннымъ, уже было сдѣлано Бредихинымъ при вычисленіи орбиты свѣтовыхъ облаковъ въ хвостѣ. Положивъ въ основаніе своихъ вычисленій эту мысль, Гепперперъ нашелъ, что движеніе туманности, открытой Шмидтомъ, правда, можетъ быть представлено съ достаточною точностью, но только все же при весьма смѣломъ допущеніи, что, послѣ того какъ все это образованіе въ ночь съ 7 на 8 октября отдѣлилось отъ кометы, отдѣльныя части его подверглись дѣйствію различныхъ силъ. Особенно удивительно, что въ то время какъ находившіеся къ западу свѣтовые узлы M, M' M'' (рис. 199) двигались такъ, какъ будто бы на нихъ дѣйствовала со стороны солнца отталкивательная сила, представленіе движенія восточныхъ массъ требовало гипотезы объ увеличенной притягательной силѣ.

Высокій теоретическій интересъ имѣютъ также спектральныя наблюденія этой кометы. Эти наблюденія начинаются 18 сентября, когда Толлонъ и Гуи (Gouy) въ Ниццѣ въ полдень, желая изслѣдовать яркость неба вблизи солнца, къ своему изумленію замѣтили въ 3^0 къ западу отъ солнца яркую комету съ хвостомъ длиною въ $20'$. Спектръ этотъ, какъ показываетъ цвѣтная таблица, приложенная къ § 178, состоялъ изъ ряда свѣтлыхъ линій, изъ которыхъ особенно выдѣлялись линіи натрія, и изъ наложеннаго на эти линіи, также довольно яркаго непрерывнаго спектра, простирающагося весьма далеко со стороны фіолетоваго конца. Кромѣ того, можно было ясно замѣтить также обыкновенный атмосферный спектръ съ его фраунгоферовыми линіями, и вслѣдствіе этого тотчасъ же бросилось въ глаза, что яркія линіи натрія были смѣщены относительно атмосферныхъ натріевыхъ линій къ красному концу спектра на $^1/_5$ или $^1/_4$ ихъ взаимнаго разстоянія. Толлонъ и Гуи отсюда заключили, что комета удалялась отъ земли со скоростью 61—76 километровъ въ секунду, такъ какъ, сообразно съ длинами волнъ по Ангстрему, скорость, соотвѣтствующая смѣщенію на цѣлый промежутокъ между линіями D_1 и D_2, составляетъ 305 километровъ. Это предсказаніе вполнѣ подтвердилось впослѣдствіи, когда была вычислена орбита кометы, такъ какъ, согласно съ этими вычисленіями, комета удалялась отъ земли 18 сентября въ 1 часъ пополудни средняго Ниццскаго времени со скоростью 76,4 километровъ. Смѣщеніе свѣтлыхъ натріевыхъ линій кометнаго спектра относительно натріевыхъ линій атмосфернаго спектра 28 сентября замѣтилъ также Готтардъ на своей частной обсерваторіи въ Херени (Herény).

Съ результатами, полученными Толлономъ и Гуи, согласуются также спектральныя наблюденіи, произведенныя Лозе въ Дунехтѣ тоже 18 сентября; только онъ замѣтилъ въ спектрѣ кометы больше свѣтлыхъ линій, чѣмъ Толлонъ и между прочимъ нѣкоторыя болѣе интенсивныя желѣзныя линіи, такъ какъ онъ пользовался спектроскопомъ съ болѣе значительнымъ свѣторазсѣяніемъ. Также и въ слѣдующіе дни характеръ спектра оставался прежнимъ, и еще 22 сентября свѣтлыя натріевыя линіи по яркости настолько превосходили весь остальной спектръ, что Рикко, расширивъ щель спектроскопа, видѣлъ голову кометы въ формѣ шара, совершенно такъ, какъ будто бы комета испускала только монохроматическій свѣтъ. Къ концу мѣсяца яркость какъ натріевыхъ и другихъ свѣтлыхъ линій, такъ и всего непрерывнаго спектра стала быстро уменьшаться; зато все яснѣе и яснѣе выступалъ обыкновенный, состоящій изъ полосъ, спектръ углеводородныхъ соединеній, такъ что проф. Фогель могъ сравнить его со спектромъ свѣтящагося газа, причемъ оба эти спектра оказались совершенно тождественными.

Эти наблюденія весьма важны для пополненія нашихъ свѣдѣній о томъ, что происходитъ внутри кометы при значительномъ приближеніи къ солнцу, такъ какъ они прекрасно дополняютъ наблюденія, произведенныя незадолго передъ тѣмъ надъ кометой Уэльса (1882 I).

Начиная съ 1864 г., когда Донати въ первый разъ воспользовался спектроскопомъ для изслѣдованія кометнаго свѣта, во всѣхъ кометахъ, на которыя направлялся спектро-

скопъ, до 1882 г. наблюдался постоянно одинъ и тотъ же спектръ, состоящій изъ трехъ свѣтлыхъ полосъ, размытыхъ съ одной стороны, и вполнѣ тождественный со спектромъ углеводородныхъ соединеній; поэтому астрономы не мало были удивлены, когда спектръ кометы Уэльса, имѣвшій вначалѣ обыкновенный видъ кометнаго спектра, при приближеніи кометы къ перигелію совершенно измѣнилъ свой характеръ, причемъ натріевыя линіи сдѣлались свѣтлыми, и вмѣстѣ съ тѣмъ спектръ, состоящій изъ полосъ сталъ ослабѣвать до полнаго исчезновенія, а вмѣсто него появился непрерывный спектръ. Перемѣны въ спектрѣ послѣ прохожденія кометы черезъ перигелій въ кометѣ Уэльса не могли быть изучены, такъ какъ въ это время комета находилась слишкомъ близко къ солнцу. Зато это вполнѣ удалось относительно вышеупомянутой кометы. Изъ сопоставленія наблюденій надъ обѣими этими кометами мы въ настоящее время знаемъ, что при сильномъ приближеніи кометы къ солнцу обыкновенный спектръ, состоящій изъ полосъ, исчезаетъ и уступаетъ мѣсто спектру, состоящему изъ свѣтлыхъ линій, среди которыхъ въ обоихъ наблюдавшихся до сихъ поръ случаяхъ наиболѣе яркими были натріевыя линіи. Послѣ прохожденія кометы черезъ перигелій этотъ спектръ постепенно снова исчезаетъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ мало-по-малу все яснѣе и яснѣе выступаетъ опять обыкновенный спектръ, состоящій изъ полосъ, пока наконецъ онъ снова не останется одинъ. Эти явленія, по изслѣдованіямъ Гасселльберга и Фогеля, вполнѣ согласуются съ явленіями, которыя можно наблюдать въ Гейслеровыхъ трубкахъ, заключающихъ газы и металлы. При электрическихъ разрядахъ незначительнаго напряженія такія трубки даютъ только спектръ газовъ, въ нихъ заключающихся; если же посредствомъ болѣе сильнаго электрическаго тока или посредствомъ нагрѣванія заставить металлы испаряться, то появляются спектры металлическихъ паровъ, а спектры всѣхъ находящихся въ трубкѣ газовъ блѣднѣютъ, и ихъ яркость уменьшается по мѣрѣ того, какъ яркость металлическихъ спектровъ увеличивается. Поэтому спектральныя наблюденія обѣихъ вышеупомянутыхъ кометъ 1882 года пріобрѣтаютъ большое значеніе въ ряду тѣхъ основаній, которыя можно привести, по крайней мѣрѣ отчасти, въ пользу электрическаго происхожденія свѣтовыхъ явленій въ кометахъ. На этой причинѣ заслуживаетъ большого вниманія взглядъ Боса, который полагаетъ, что значительныя измѣненія яркости, наблюдаемыя въ нѣкоторыхъ большихъ кометахъ, суть также электрическія явленія, подобныя нашимъ сѣвернымъ сіяніямъ.

§ 160. **Комета Донати**. Эта комета была одной изъ красивѣйшихъ, и мы считаемъ своимъ долгомъ сдѣлать точное описаніе явленій, происходившихъ въ ней, заимствуя всѣ данныя изъ классической монографіи, составленной Бондомъ, директоромъ обсерваторіи при Гарвардскомъ Колледжѣ (въ Соед. Штатахъ).

Комета была открыта астрономомъ Донати во Флоренціи 2 іюня 1858 года около звѣзды λ въ созвѣздіи Большого Льва и въ день открытія представляла слабую, доступную лишь для большихъ телескоповъ туманность; когда же лунное освѣщеніе болѣе не мѣшало наблюденіямъ, она совершенно независимо была найдена—28 іюня Тутлемъ въ Кэмбриджѣ (въ Соед. Штатахъ), 29 іюня Пакхёрстомъ въ Пертъ Амбой и 1 іюля мисъ Митчель въ Нантукетѣ. Такъ какъ во время своего открытія комета двигалась прямо на нашу землю и вслѣдствіе этого казалась почти неподвижной на небесномъ сводѣ, то первыя опредѣленія ея орбиты оказались очень неточными; но все-же въ скоромъ времени астрономы убѣдились, что въ концѣ сентября и въ началѣ октября можно ожидать весьма значительнаго развитія кометы.

29 августа комета имѣла видъ туманной звѣзды 6-й величины и была видима невооруженнымъ глазомъ, между тѣмъ какъ при помощи трубы уже 20 августа можно было замѣтить у нея первые слѣды хвоста, который 6 сентября нѣсколько искривился, причемъ это искривленіе не лежало въ плоскости кометной орбиты.

Съ начала сентября какъ яркость кометы, такъ и длина хвоста стали быстро уве-

личиваться, и уже 12 сентября голова кометы по яркости равнялась звѣздѣ 3-ей величины, а длина хвоста составляла 6°. Такъ какъ въ это время комета восходила до солнца, а заходила послѣ него, такъ что ее можно было видѣть какъ утромъ, такъ и вечеромъ, то многія неопытныя лица были введены въ заблужденіе и полагали, что это были двѣ различныя кометы.

Между 29 и 30 сентября комета прошла черезъ перигелій въ разстояніи 76,5 милліоновъ километровъ отъ солнца и приблизительно 106 милліоновъ километровъ отъ земли. Но такъ какъ она все еще быстро приближалась къ послѣдней, то 5 октября она достигла наибольшей яркости: въ этотъ день вечеромъ она прошла весьма близко около Арктура и по яркости была лишь немного слабѣе его. Хвостъ проходилъ черезъ звѣзды Бенетнашъ и Мицаръ и въ длину простирался на 35°, а въ ширину на 5° или 6°. При нѣкоторомъ вниманіи можно было замѣтить съ боку хвоста еще двѣ полосы, изъ которыхъ одна простиралась въ длину на 50° или 60° и была слегка искривлена.

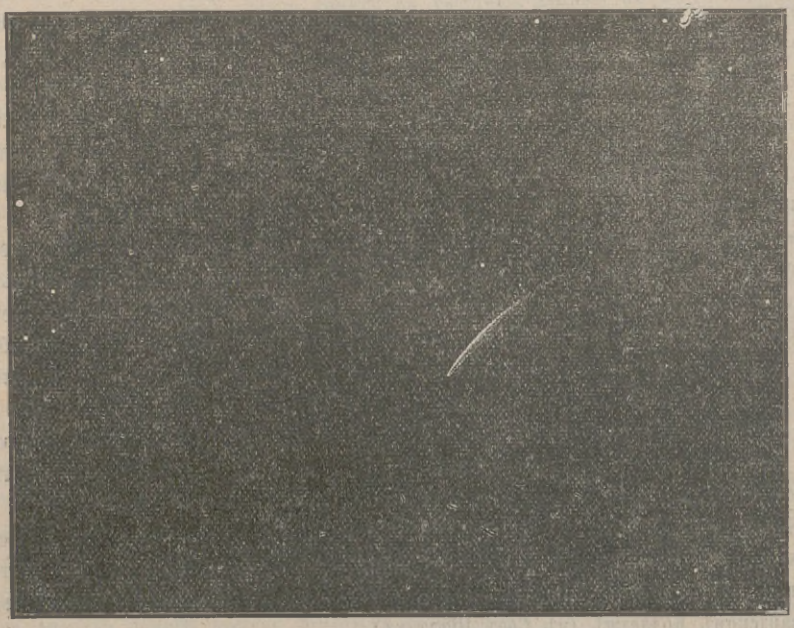


Рис. 200.

* На рис. 200 изображена комета Донати, какъ она представлялась наблюдателямъ 3 октября, а приложенная при семъ таблица даетъ понятіе о той-же кометѣ во время ея наибольшаго развитія. *

10 октября комета находилась въ наименьшемъ разстояніи отъ земли, но она въ это время уже стала уменьшаться. 20 октября она скрылась подъ горизонтомъ для обсерваторій сѣвернаго полушарія, въ южномъ полушаріи она исчезла для невооруженнаго глаза въ началѣ декабря; Мэклиръ же на Мысѣ Доброй Надежды при помощи телескопа могъ слѣдить за ней до 4 марта 1859 года. Время обращенія этой кометы, согласно съ окончательными вычисленіями Астена и Гиля, составляетъ 1900 лѣтъ; но это число, само собой понятно, можетъ быть невѣрно на нѣсколько десятковъ лѣтъ. Во всякомъ случаѣ установлено, что эта комета до своего появленія въ 1858 году проходила черезъ перигелій въ началѣ нашего лѣтосчисленія, и что въ началѣ X столѣтія она находилась въ афеліи, который отстоитъ отъ солнца на 310 радіусовъ земной орбиты или на 46000 милл. килом.

Переходя послѣ этихъ общихъ замѣчаній къ болѣе подробному описанію тѣхъ явле-



КОМЕТА ДОНАТИ.

ній, которыя происходили въ этой кометѣ, мы должны упомянуть, что важнѣйшія и наиболѣе интересныя изъ нихъ были замѣчены 12 сентября, когда въ ядрѣ въ первый разъ показалось одно изъ замѣчательнѣйшихъ истеченій. Между 17 и 23 сентября стали образовываться вокругъ ядра свѣтовыя оболочки, вершины которыхъ были обращены къ солнцу и которыя постепенно переходили въ хвостъ.

Начиная съ 17 сентября, въ теченіе нѣкотораго времени южная сторона хвоста была значительно ярче сѣверной; но затѣмъ это различіе постепенно исчезло, и въ началѣ октября, наоборотъ, сѣверная сторона хвоста сдѣлалась болѣе яркой. 20 сентября хвостъ раздѣлился на двѣ части, такъ что изъ головы исходили два неравныхъ по величинѣ истеченія, между которыми оставалось темное, каналообразное пространство. Этотъ каналъ оставался темнымъ и довольно рѣзко ограниченнымъ до начала октября, когда онъ началъ постепенно терять отчетливость своихъ очертаній, какъ будто онъ мало-по-малу наполнялся разсѣяннымъ свѣтомъ, и 11 октября его уже еле можно было замѣтить.

23 сентября, почти во время полнолунія, комета представлялась невооруженному глазу въ видѣ звѣзды первой величины съ хвостомъ длиною отъ 6^0 до 8^0. Въ телескопъ комета имѣла по истинѣ необыкновенный видъ: ея ядро весьма интенсивное и болѣе сконцентрированное, чѣмъ 20 сентября, въ этотъ день, т.-е. за недѣлю до прохожденія черезъ перигелій, обладало наибольшею яркостью; оно было окружено простиравшеюся на $15''$ свѣтлою оболочкою, вершина которой была направлена къ солнцу и внѣшнія очертанія которой были ограничены темной дугой. Вершина второй, менѣе яркой оболочки отстояла отъ ядра на $30''$; ея внѣшнія очертанія также ограничивались темной дугой, которую можно было прослѣдить на протяженіи 220^0, эта оболочка на восточной сторонѣ уходила въ хвостъ гораздо дальше, чѣмъ на западной.

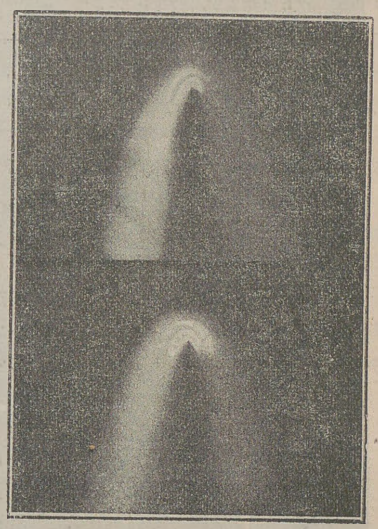


Рис. 201.

25 сентября ядро стало выбрасывать изъ себя новую оболочку; это былъ первый наблюдавшійся случай такого эмбріональнаго развитія, впослѣдствіи же такіе случаи наблюдались неоднократно. Темная ось хвоста состояла изъ узкой, хорошо ограниченной полосы, которая доходила до самаго ядра. Изъ этого послѣдняго исходили два небольшихъ истеченія свѣтящейся матеріи, по одному съ каждой стороны, и такимъ образомъ, безъ сомнѣнія матерія переходила въ быстро увеличивавшійся въ это время хвостъ. Вокругъ ядра и туманности, очевидно принадлежавшей къ нему, находилось сравнительно темное пространство, далѣе слѣдовали оболочки, и наконецъ на всемъ этомъ лежало какъ бы тонкое покрывало разсѣяннаго свѣта. Имѣя въ виду темную ось хвоста и фонъ неба, въ кометѣ можно было насчитать 9 различныхъ оттѣнковъ свѣта и тѣни.

27 сентября можно было ясно замѣтить очертанія еще новой оболочки, которая по формѣ и по положенію представляла миніатюрное изображеніе послѣдней изъ прежнихъ оболочекъ и, подобно ей, занимала наклонное къ оси положеніе. Кромѣ того появился новый хвостъ въ видѣ длиннаго узкаго луча, выходящаго со стороны выпуклаго главнаго хвоста; притомъ новый хвостъ не былъ искривленъ, а тянулся отъ солнца по прямой линіи.

28 сентября ядро оказывало дѣйствіе на фотографическую пластинку, оболочки же такого дѣйствія не оказывали. Темная полоса, тянувшаяся вдоль оси хвоста, занимала на разстояніи 1^0 отъ ядра приблизительно $^1/_{12}$ часть ширины всего хвоста, и ее можно было

хорошо прослѣдить въ длину на 1° или даже на 2°. Наименьшая оболочка, имѣвшая видъ полукруга и наканунѣ почти прикасавшаяся къ ядру, отдѣлилась отъ него и при наблюденіи въ трубу представляла наиболѣе бросающуюся въ глаза часть кометы, причемъ наибольшей яркости она достигала на внѣшнемъ краѣ; это служило признакомъ, что она должна была тотчасъ же отдѣлиться отъ центральной туманности. Вмѣстѣ съ тѣмъ по общему перевороту въ кометѣ можно было судить о внутреннихъ возмущеніяхъ. Второй хвостъ былъ виденъ также, какъ и наканунѣ.

2 октября новой оболочки не образовалось, но ядро было необыкновенно ярко. Во внутренней оболочкѣ можно было замѣтить три темныхъ отверстія, между которыми находились свѣтлые лучи. На рис. 201 нижняя фигура представляетъ видъ кометы Донати въ этотъ день; на верхней фигурѣ изображенъ видъ кометы 30 сентября. Обѣ фигуры основаны на наблюденіяхъ Бонда.

5 октября, въ день своего наибольшаго блеска, комета въ телескопъ представляла совершенно необыкновенный видъ. Ядро и внутренняя оболочка были видимы при полномъ солнечномъ свѣтѣ; голову кометы черезъ 20 минутъ послѣ захода солнца можно было наблюдать невооруженнымъ глазомъ, а съ помощью трубы въ это время была видна даже вторая оболочка. Темное пятно на этой оболочкѣ увеличилось въ такой-же степени, какъ и самая оболочка. Но замѣчательно, что ядро, хотя оно и сдѣлалось ярче и интенсивнѣе, тѣмъ не менѣе уменьшилось въ діаметрѣ приблизительно на 1″,5 (630 километровъ), и вообще въ этотъ день его размѣры были наименьшіе въ теченіе всего періода видимости кометы. Въ этотъ день, такъ же, какъ и въ предыдущій и послѣдующій дни, второй хвостъ выступалъ опять весьма отчетливо; 4 октября онъ тянулся въ длину на 35°, а 5 и 6 октября приблизительно на 55°, и дѣйствительная длина хвоста въ эти дни составляла 53,5, 83,1 и 78,7 милліоновъ километровъ. 6 октября можно было замѣтить другой, менѣе развитой придатокъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ грубо мѣнялась кривизна главнаго хвоста. 8 октября появились въ хвостѣ 5 или 6 полосъ, шириною въ 0,5° или меньше, рѣзко очерченныя и вполнѣ подобныя лучамъ сѣвернаго сіянія.

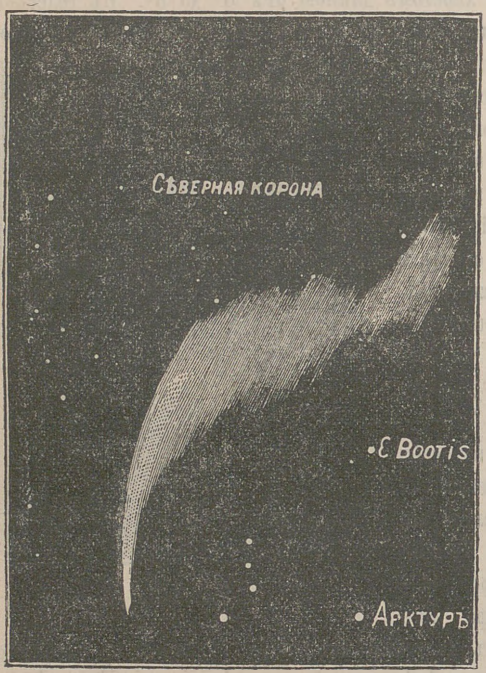


Рис. 202.

10 октября можно было видѣть всецѣло, или отчасти, 5 оболочекъ, считая въ томъ числѣ и внѣшнюю туманность. Хвостъ, повидимому, обладалъ наибольшею яркостью, но былъ блѣднѣе, чѣмъ въ предыдущіе дни, особенно бросалось въ глаза распредѣленіе свѣта, на разстояніи 20° или 30° отъ хвоста, параллельными или немного расходящимися полосами, раздѣленными темными промежутками (рис. 202). Полосы въ длину достигали 5°, а въ ширину 20′ или 30′, и ихъ можно было сравнить опять съ лучами, которые часто пересѣкаютъ дугу сѣвернаго сіянія. Эти полосы были видимы еще въ теченіе 2 вечеровъ, а затѣмъ вслѣдствіе луннаго освѣщенія ихъ нельзя было болѣе наблюдать. Съ этого мо-

мента, вслѣдствіе удаленія кометы отъ земли, вслѣдствіе ея быстраго приближенія къ горизонту и вслѣдствіе увеличенія луннаго освѣщенія, яркость кометы уменьшалась такъ быстро, что уже въ первой половинѣ октября, прежде чѣмъ она сдѣлалась недоступной для наблюдателей сѣвернаго полушарія, она обратилась въ невидимое небесное тѣло.

Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ явленій, которое въ этой кометѣ развилось съ такою отчетливостью, какъ до сихъ поръ этого никогда еще не наблюдали, состояло въ правильномъ образованіи оболочекъ и непрерывномъ ихъ отдѣленіи отъ ядра. Въ общемъ было обнаружено семь различныхъ оболочекъ, которыя появлялись одна послѣ другой черезъ промежутки времени отъ 4 дней 16 часовъ до 8 дней 8 часовъ. Переходъ этихъ оболочекъ въ хвостъ вполнѣ объясняетъ раздвоеніе этого послѣдняго на двѣ вѣтви, которыя представляютъ просто продолженіе прежнихъ оболочекъ и которыя дальше отъ ядра соединяются другъ съ другомъ. Темное пространство оси хвоста, очевидно, не заполнено оболочками. Оболочка, прежде чѣмъ перейти въ хвостъ, нѣкоторое болѣе или менѣе продолжительное время (иногда до 18 дней) остается вблизи ядра, отсюда мы заключаемъ что частицы вещества, входящаго въ составъ оболочки, не сразу, а лишь постепенно пріобрѣтаютъ свойство подчиняться отталкивательной силѣ солнца. Постоянство вышеупомянутыхъ свѣтлыхъ и темныхъ пятенъ въ головѣ кометы указываетъ на извѣстную устойчивость въ распредѣленіи вещества въ оболочкахъ и противорѣчитъ предположенію о вращеніи этихъ послѣднихъ. Отсюда точно также слѣдуетъ, что въ кометѣ Донати не было колебаній, подобныхъ тѣмъ, которыя Бессель замѣтилъ въ кометѣ Галлея, а другіе наблюдатели въ кометахъ 1844 III, 1853 III и т. д.

Чтобы дать понятіе читателямъ о поступательномъ движеніи оболочекъ послѣ ихъ образованія, въ нижеслѣдующей табличкѣ приведены разстоянія ихъ вершинъ отъ ядра n, считая эти разстоянія по линіи, соединяющей ядро съ солнцемъ. Въ этой табличкѣ буквами a, b, c, d, e, f обозначены вершины оболочекъ, которыя впервые были замѣчены соотвѣтственно 20, 23, 27 сентября, 4, 9 и 15 октября; седьмая же оболочка выдѣлилась изъ ядра только 20 октября, и потому относительно нея нѣтъ никакихъ болѣе подробныхъ свѣдѣній.

Разстоянія въ километрахъ.

	$n-a$	$n-b$	$n-c$	$n-d$	$n-e$	$n-f$
Сентября 23 . . .	20 500*	10 100	—	—	—	—
» 24 . . .	21 100	9 100	—	—	—	—
» 25 . . .	28 300*	11 200	—	—	—	—
» 27 . . .	—	13 200	5 500	—	—	—
» 29 . . .	—	16 500	9 400	—	—	—
Октября 2 . . .	—	20 800	11 800	—	—	—
» 4 . . .	—	—	14 000	4 800	—	—
» 5 . . .	—	22 300	15 100	6 600	—	—
» 6 . . .	—	—	15 900	6 700	—	—
» 8 . . .	—	—	19 500	11 300	—	—
» 9 . . .	—	—	20 800	13 600	3 000	—
» 10 . . .	—	—	22 200	13 800	4 300	—
» 11 . . .	—	—	—	16 000*	6 600*	—
» 15 . . .	—	—	—	17 900*	12 800	5 050
» 18 . . .	—	—	—	22 800*	15 700	6 900
» 19 . . .	—	—	—	—	17 600	8 700

Звѣздочка, поставленная рядомъ съ числомъ, означаетъ, что это число заслуживаетъ меньшаго довѣрія сравнительно съ остальными.

Яркость и размѣры ядра нѣсколько разъ подвергались колебаніямъ, и замѣчательно, что эти колебанія находились въ тѣсной связи съ выдѣленіемъ оболочекъ. Увеличеніе яркости ядра всегда являлось предвѣстникомъ новаго извержения изъ ядра, такъ какъ до извержения оно всегда дѣлалось болѣе яркимъ, а послѣ извержения блѣднѣло.

По яркости и интенсивности съ кометой Донати могутъ сравниться лишь весьма немногія кометы. Но несмотря на это, ея ядро никогда не было рѣзко ограничено, какъ это мы замѣчаемъ, напр., у планетнаго диска, и это между прочимъ доказывается тѣмъ обстоятельствомъ, что діаметръ ядра въ слабыя трубы всегда казался больше, чѣмъ въ сильные телескопы, и что во время сумерекъ онъ часто уменьшался, повидимому, до половины своей величины. Вслѣдствіе этого, а также вслѣдствіе неоднократно наблюдавшихся измѣненій въ размѣрахъ ядра, оно не можетъ быть твердымъ тѣломъ, подобнымъ планетѣ, но представляетъ собою только сгущенную свѣтовую матерію, которая во всякомъ случаѣ должна обладать довольно значительною плотностью, такъ какъ, безъ всякаго сомнѣнія, вещество для туманныхъ оболочекъ и для хвоста во время каждаго появленія кометы доставляется именно ядромъ. Поэтому, вмѣсто того, чтобы удерживать за кометами названіе «des riens visibles», которое имъ далъ Бабине, ихъ слѣдовало бы скорѣе назвать «des réalités invisibles».

Діаметръ «волосъ», окружавшихъ ядро кометы Донати, былъ необыкновенно малъ, круглымъ числомъ не болѣе 150000 километровъ, между тѣмъ какъ, напр., у кометы 1811 года діаметръ туманности, окружавшей ея ядро, былъ болѣе милліона километровъ, что приблизительно въ семь разъ больше только-что приведеннаго числа.

Понятіе о фигурѣ и размѣрахъ главнаго хвоста даютъ числа, приведенныя въ нижеслѣдующей табличкѣ, въ которой весьма значительныя неправильности въ измѣненіи этихъ чиселъ должны быть приписаны непрозрачности неба въ нѣкоторые дни, оказывающей весьма вредное вліяніе на результаты. Длина хвоста дана въ градусахъ и въ милліонахъ километровъ, но при этомъ не принята во вниманіе его кривизна.

1858 г.	Длина хвоста.	Ширина хвоста въ концѣ.	1858 г.	Длина хвоста.	Ширина хвоста въ концѣ.
авг. 29	2^0 = 22,3 милл. кил.	—	сент. 30	22^0 = 41,0 милл. кил.	$4,5^0$
сент. 8 и 9	4 = 25,2 » »	—	окт. 2	25 = 42,3 » »	8,2
» 12	6 = 29,7 » »	—	» 5	35 = 51,9 » »	8,2
» 17	4 = 15,6 » »	—	» 6	50 = 70,5 » »	—
» 23	7 = 18,5 » »	—	» 8	50 = 67,5 » »	11,1
» 24	7 = 18,5 » »	—	» 10	60 = 80,2 » »	15,6
» 25	11 = 26,7 » »	$2,4^0$	» 12	45 = 61,6 » »	—
» 27	13 = 28,2 » »	—	» 15	15 = 22,3 » »	—
» 28	19 = 40,8 » »	—			

Надо имѣть въ виду, что 17, 23 и 24 сентября и 15 октября наблюденіямъ мѣшала луна, чѣмъ и слѣдуетъ объяснить уменьшеніе длины хвоста въ промежутки съ 12 до 17 сентября и съ 12 до 15 октября, хотя въ этомъ послѣднемъ случаѣ, по всей вѣроятности, имѣло мѣсто вмѣстѣ съ тѣмъ значительное уменьшеніе яркости кометы. Изъ измѣреній Виннеке и Пане слѣдуетъ, что поперечное сѣченіе хвоста, перпендикулярное къ его оси, вблизи ядра представляло окружность круга, на болѣе же значительныхъ разстояніяхъ это были овальныя кривыя, наибольшій діаметръ которыхъ лежалъ, по всей вѣроятности, въ плоскости орбиты кометы. Но согласно съ вышесказаннымъ особеннаго вниманія заслуживаетъ ясно выразившееся въ октябрѣ стремленіе хвоста къ раздѣленію на отдѣльныя массы, а въ каждой изъ этихъ послѣднихъ — стремленіе къ сгущенію во-

кругъ оси. Это распредѣленіе матеріи вокругъ осей, а не вокругъ центра, а также расхожденіе осей, дѣйствительно, являются въ высшей степени замѣчательными фактами.

Весьма нѣжные, побочные хвосты съ такою же опредѣленностью наблюдались только у кометы 1807 года, но ихъ можно было видѣть, хотя и менѣе отчетливо, также у кометъ 1577, 1680, 1811 I, 1843 I, 1845 III и др

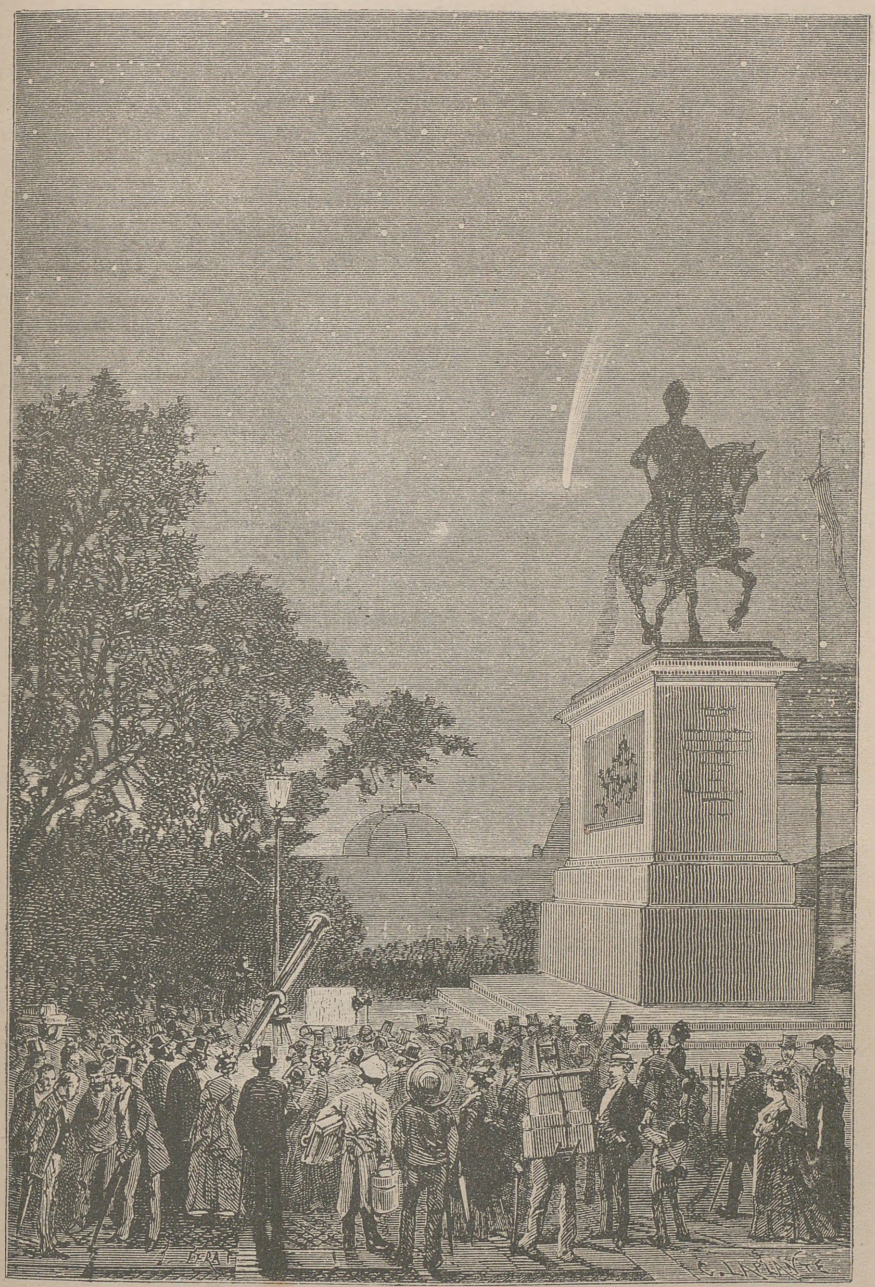
Хотя комета Донати по величинѣ была меньше многихъ другихъ, однако почти ни одна изъ кометъ не можетъ съ ней сравняться по красотѣ и великолѣпію. Раннее открытіе кометы сдѣлало возможнымъ предсказаніе блестящаго ея развитія; прохожденіе кометы черезъ перигелій пришлось на благопріятное время года, когда можно было разсчитывать на ясную погоду; благодаря благопріятному положенію кометы въ послѣднее время можно было наблюдать хвостъ и его искривленіе по всей его длинѣ; луна, къ счастію, не свѣтила въ первыхъ числахъ октября. При полнолуніи размѣры кометы сократились бы, можетъ быть, на двѣ трети, и яркость кометы сильно уменьшилась бы; побочные хвосты и чередующіяся другъ съ другомъ свѣтлыя и темныя полосы, которыхъ раньше, кажется, еще никогда не наблюдали, при лунномъ освѣщеніи исчезли бы, и черезъ это все явленіе потеряло бы значительную часть своей красоты и не представляло бы такого интереса.

§ 161. **Большая комета 1861 года.** Вторая комета 1861 года, вѣроятно, еще памятна бо́льшей части нашихъ читателей. Впечатлѣніе, вообще произведенное прекраснымъ зрѣлищемъ, въ Европѣ было значительно увеличено, благодаря внезапному появленію блестящаго небеснаго тѣла. Въ южномъ полушаріи первымъ замѣтилъ комету, кажется, Теббутъ 13 мая въ Сиднеѣ (въ Новомъ Южномъ Валлисѣ); тогда она была видима невооруженнымъ глазомъ. 7 іюня обращенный къ югу хвостъ въ длину простирался на 30°; 8 іюня ядро по яркости равнялось звѣздѣ 4-ой величины и могло быть видимо безъ помощи трубы еще за 40 минутъ до восхода солнца. 24 іюня ядро уже сравнялось со звѣздой 1-ой величины, и длина хвоста составляла 40°. Но всѣ эти свѣдѣнія о кометѣ дошли до Европы уже только послѣ того, какъ комета, вслѣдствіе весьма быстраго движенія ядра къ сѣверу и вслѣдствіе быстраго поворота хвоста въ томъ же направленіи, 30 іюня внезапно поднялась надъ горизонтомъ обсерваторій, лежащихъ въ сѣверномъ полушаріи, и вечеромъ тотчасъ послѣ захода солнца, явилась передъ глазами удивленныхъ наблюдателей — сразу во всемъ своемъ великолѣпіи.

Впослѣдствіи вычисленія показали, что еще 29 іюня въ нашихъ широтахъ ядро не было видимо, но что можно было видѣть только часть хвоста, и то только въ теченіе нѣсколькихъ часовъ въ видѣ слабаго сіянія, и, повидимому, Гольдшмидту въ Парижѣ дѣйствительно удалось замѣтить хвостъ именно въ этотъ день. 30 іюня въ Аѳинахъ голова кометы представлялась величиною съ луну, хвостъ простирался въ длину на 120° и отбрасывалъ тѣнь. Насколько видимость хвоста обусловливается различнаго рода обстоятельствами, это, напримѣръ, слѣдуетъ изъ того, что Гольдшмидтъ въ тотъ же вечеръ могъ прослѣдить его только на разстояніи 35°. 1 іюля комета въ Аѳинахъ была наблюдаема еще послѣ восхода солнца. Первый вечеръ, когда погода позволила сдѣлать наблюденіе въ Вѣнѣ, былъ 2 іюля. При наблюденіи невооруженнымъ глазомъ ядро въ этотъ день въ 11 часовъ превосходило всѣ звѣзды первой величины, но діаметръ ядра, даже если оно разсматривалось въ трубы съ сильнымъ увеличеніемъ, достигалъ всего нѣсколькихъ секундъ. Наибольшее протяженіе ядра и «волосъ» вмѣстѣ составляло приблизительно одинъ градусъ. Ось хвоста представлялась въ видѣ рѣзко очерченной темной линіи; истеченія изъ головы кометы, которыя, быстро загнувшись, образовали двѣ вѣтви хвоста, зарождались въ точкѣ, находившейся не на продолженіи оси, а значительно къ востоку отъ нея. Западная вѣтвь хвоста, въ которой рѣзко бросалась въ глаза яркая дуга, не имѣвшая, повидимому, непосредственной связи съ ядромъ, была развита гораздо больше, чѣмъ восточная. Вся туманная масса, окружавшая голову, отличалась удивительной не-

равномѣрностью распредѣленія матеріи въ ней, такъ что свѣтлыя и темныя части всюду были перемѣшаны между собою. Хвостъ простирался въ длину на 67°. Ширина хвоста составляла лишь нѣсколько градусовъ и оставалась почти на всей длинѣ приблизительно одинаковой; только вблизи ядра, на разстояніи, не превышающемъ 25°, на восточной сторонѣ замѣчалось расширеніе съ размытыми очертаніями, между тѣмъ какъ западный край по всей длинѣ хвоста былъ рѣзко ограниченъ. Въ началѣ хвоста можно было замѣтить слабый загибъ къ востоку, который яснѣе всего обнаруживался въ вышеупомянутомъ расширеніи. Въ слѣдующіе дни вѣерообразное вначалѣ распредѣленіе матеріи вокругъ ядра все болѣе и болѣе теряло свой прежній характеръ. Свѣтлая дуга, наблюдавшаяся 2 іюля, почти совершенно исчезла; рѣзко ограниченная прежде темная линія въ серединѣ хвоста такъ сказать расплылась въ окружающей ее свѣтлой туманности. Подобнымъ же образомъ и другія подробности мало-по-малу дѣлались все менѣе и менѣе доступными для наблюденій. Но еще 12 іюля можно было замѣтить въ головѣ кометы вѣерообразное очертаніе, скорѣе похожее на перпендикулярное сѣченіе шапки гриба, и, вѣроятно, при помощи болѣе сильнаго телескопа было возможно изслѣдованіе подробностей. Бондъ въ общемъ наблюдалъ одиннадцать оболочекъ, которыя образовывались черезъ два или три дня одна послѣ другой. Истеченіе матеріи изъ головы кометы было гораздо отчетливѣе, чѣмъ въ большой кометѣ Донати, и въ ихъ положеніи нельзя было замѣтить никакихъ колебаній. Весьма замѣчательны были различныя подробности, которыя можно было разсмотрѣть въ хвостѣ при совершенно ясномъ небѣ. Впервые 4 іюля вполнѣ ясно замѣтили, что расширеніе хвоста въ первой его трети, считая отъ ядра, принадлежитъ второму хвосту, который, будучи сильно скривленъ влѣво, для невооруженнаго глаза проектировался на первый, болѣе длинный и прямой хвостъ. Тамъ, гдѣ правый край прямого хвоста пересѣкался съ краемъ кривого, образовался кажущійся изгибъ общаго контура, и при поверхностномъ разсматриваніи хвостъ казался въ этомъ мѣстѣ вогнутымъ; только къ Вѣнѣ и въ Римѣ удалось тотчасъ же дать истинное объясненіе этого явленія. На другой, лѣвой сторонѣ болѣе длиннаго хвоста можно было очень хорошо различить темный фонъ неба между обоими хвостами. 4 іюля прямой хвостъ въ длину простирался на 82°, а кривой — на 30°, причемъ ширина этого послѣдняго составляла 8°. 5 іюля длина прямого хвоста уменьшилась до 63°, а длина кривого оставалась по прежнему равною 30°. 6 іюля длина прямого хвоста составляла 59°, кривой же сохранилъ приблизительно прежнюю величину, но только сдѣлался менѣе яркимъ. 12 іюля прямой хвостъ въ длину имѣлъ 30°, а въ ширину 4°; длина же кривого уменьшилась до 21°. 13 іюля длина перваго хвоста составляла 27°, а второй сдѣлался весьма блѣднымъ, но въ общемъ не измѣнилъ своихъ очертаній. 15 іюля длина прямого хвоста уменьшилась до 18°, кривой хвостъ въ этотъ день можно было замѣтить еще довольно хорошо. Но послѣ этого уже луна стала мѣшать наблюденіямъ этого слабаго объекта. 29 іюля, когда луна перестала мѣшать, наблюдателямъ представился простой хвостъ, который въ длину имѣлъ 2°, а въ ширину 40′, но и теперь верхняя граница хвоста была болѣе рѣзко очерчена, чѣмъ нижняя. Послѣ этого комета быстро сдѣлалась недоступной для невооруженнаго глаза, но при помощи сильныхъ телескоповъ ее можно было видѣть даже еще на слѣдующую весну, правда, въ видѣ весьма слабой туманности.

Уже 6 іюля Мурманъ, ассистентъ Вѣнской обсерваторіи, на основаніи немногихъ европейскихъ наблюденій, которыя въ то время были извѣстны, предпринялъ опредѣленіе орбиты кометы и нашелъ, что она принадлежитъ къ числу неповявлявшихся ранѣе, и что въ то время, когда она у насъ была невидима, она должна была представлять блестящую картину для южнаго полушарія, и мы уже изъ предыдущаго знаемъ, что это въ скоромъ времени подтвердилось. День внезаннаго появленія кометы въ Европѣ, именно 30 іюня, былъ вмѣстѣ съ тѣмъ днемъ ея наибольшей яркости; въ это время она отстояла



КОМЕТА КОДЖІА.

отъ земли на 15 милліоновъ километровъ. Съ этого времени она стала удаляться не только отъ солнца, отъ котораго она удалялась уже съ 11 іюня, но также и отъ земли. Ея внезапное появленіе на нашемъ ночномъ небѣ объясняется почти перпендикулярнымъ положеніемъ плоскости ея орбиты относительно плоскости эклиптики. Въ ночь съ 28 на 29 іюня комета находилась приблизительно между солнцемъ и землею, но съ земли она все-таки усматривалась въ нѣсколькихъ градусахъ къ западу отъ солнца, такъ что прохожденіе кометы передъ солнечнымъ дискомъ, о которомъ въ данномъ случаѣ мечтали нѣкоторые астрономы, въ дѣйствительности не имѣло мѣста. 30 іюня Теббутъ въ Сиднеѣ наблюдалъ замѣчательное расширеніе вѣтвей хвоста. 2 іюля истинная длина хвоста составляла 35 милліоновъ километровъ, и слѣдовательно хвостъ этой кометы былъ приблизительно въ два раза меньше хвоста кометы Донати, несмотря на то, что хвостъ этой послѣдней кометы усматривали только подъ угломъ въ 60°. Это обстоятельство объясняется различными разстояніями кометъ отъ земли: въ то время какъ комета Донати никогда не подходила къ землѣ ближе, чѣмъ на 79 милліоновъ километровъ, разстояніе кометы 1861 г. еще 2 іюля составляло только 2 милліона. Діаметръ поперечнаго сѣченія хвоста въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ во время прохожденія кометы черезъ плоскость эклиптики пересѣкалъ земную орбиту, равнялся $8^1/_2$ милліонамъ километровъ; но такъ какъ въ это время земля находилась на разстояніи 49 милліоновъ километровъ отъ того мѣста своей орбиты, въ которомъ хвостъ ее пересѣкалъ, то вступленіе земли въ главный хвостъ было невозможно, но зато являлась допустимой встрѣча земли со вторымъ, кривымъ хвостомъ. Такъ какъ оцѣнка размѣровъ такихъ небесныхъ тѣлъ представляетъ значительныя трудности, и такъ какъ кометы мы можемъ представить себѣ, какъ было уже выше упомянуто, въ видѣ собранія отдѣльныхъ маленькихъ тѣлецъ, то нельзя считать неправдоподобной догадку, что особенное освѣщеніе вечерняго неба, замѣченное 29 іюня Хиндомъ и другими, а также сравнительно большое число падающихъ звѣздъ (глава XIV), наблюдавшееся въ тотъ вечеръ Элферн, Вейсомъ и другими, находились въ извѣстной связи съ кометой; дѣйствительную встрѣчу земли съ кометой едва ли бы мы могли почувствовать какимъ-нибудь другимъ образомъ.



Рис.. 203.

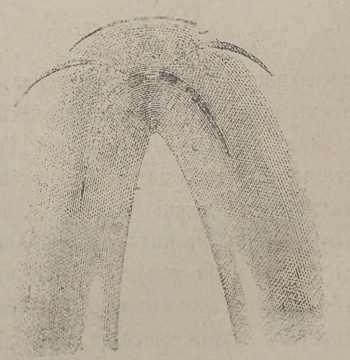


Рис. 204.

§ 162. **Комета Коджіа.** Въ заключеніе этого описанія отдѣльныхъ кометъ скажемъ еще нѣсколько словъ о кометѣ, открытой 17 апрѣля 1874 года астрономомъ Коджіа въ Марсели. Съ середины іюня эта комета была видима невооруженнымъ глазомъ, и хотя во время своего появленія въ сѣверномъ полушаріи она не достигла полнаго развитія, тѣмъ не менѣе въ серединѣ іюля въ Европѣ наблюдали у нея хвостъ, видимая длина котораго составляла 45°, что соотвѣтствуетъ дѣйствительному протяженію по крайней мѣрѣ въ 45 милліоновъ километровъ. Извѣстное вѣерообразное распредѣленіе матеріи въ головѣ кометы выступало весьма отчетливо; но кромѣ оболочекъ, концентрическихъ съ ядромъ, въ этой кометѣ наблюдались еще боковые

свѣтлые сегменты, которые имѣли видъ ушей, приставленныхъ къ головѣ. Вмѣсто подробныхъ описаній мы дасмъ здѣсь два рисунка, изъ которыхъ одинъ (рис. 203) изображаетъ комету по наблюденіямъ Бонда 13 іюля, а другой (рис. 204)—по наблюденіямъ Плуммера 14 іюля.

Хвостъ можно было видѣть еще нѣкоторое время послѣ исчезновенія ядра подъ горизонтомъ, но въ концѣ концовъ въ нашихъ широтахъ при наступленіи ночи былъ виденъ только конецъ хвоста. Въ это время Вильсонъ и Сиброкъ въ Англіи наблюдали интересное явленіе, которое во всякомъ случаѣ заслуживаетъ вниманія. Рано утромъ 22 іюля они замѣтили въ сѣверной части горизонта въ томъ мѣстѣ, гдѣ долженъ былъ находиться конецъ кометнаго хвоста, замѣчательно свѣтлую и рѣзко ограниченную, довольно обширную площадку неба между Кассіопеей и Большой Медвѣдицей, имѣвшую форму рыбьяго хвоста и нѣсколько выше раздѣлявшуюся на двѣ несимметричныхъ вѣтви. Эта свѣтлая часть проектировалась на освѣщенный сегментъ лѣтняго ночного неба около горизонта, и весь вопросъ состоитъ въ томъ, не было ли это сіяніе частью кометнаго хвоста, къ которому земля подошла настолько близко, что онъ по необходимости долженъ былъ принять огромные видимые размѣры. Судя по длинѣ, которую хвостъ имѣлъ 15 іюля, когда комета еще всецѣло была видима въ Европѣ, и принимая во вниманіе, что 22 іюля хвостъ приблизительно совпадалъ съ направленіемъ на землю, мы можемъ считать эту догадку до нѣкоторой степени вѣроятной.



Рис. 205.

* § 162, а. **Фотографированіе кометъ.** Въ послѣдніе годы къ изученію кометныхъ формъ была примѣнена небесная фотографія. Правда, съ тѣхъ поръ, какъ услугами фотографіи астрономы стали пользоваться въ весьма широкихъ предѣлахъ, не представилось ни одного случая сфотографировать большую, развившуюся до пышныхъ формъ комету. Но тѣмъ не менѣе полученные до сихъ поръ фотограммы небольшихъ кометъ ясно показали преимущество фотографическаго способа наблюденія этихъ небесныхъ тѣлъ передъ обыкновенными. Первый успѣшный снимокъ кометы былъ сдѣланъ въ 1881 году, когда Дреперъ въ Нью-Іоркѣ сфотографировалъ комету 1881 III, открытую Теббутомъ. При экспозиціи въ 2 часа и 42 минуты онъ получилъ негативъ, на которомъ можно было ясно видѣть ядро, хвостъ длиною въ 10^0 и большое количество слѣдовъ мелкихъ звѣздъ. Систематическое пользованіе фотографической камерой съ цѣлію изученія явленій, происходящихъ въ кометахъ, начинается съ 1892 года. 6 марта 1892 года Свифтомъ въ Рочестерѣ (въ Сосд. Штатахъ) была открыта комета, которая въ концѣ марта достигла такой яркости, что была видима невооруженнымъ глазомъ. Эта комета, получившая названіе кометы 1892 I, была сфотографирована Барнардомъ на Ликской обсерваторіи (рис. 205). 12 октября 1892 г. Барнардъ, фотографируя часть неба около созвѣздія Орла, открылъ новую комету, которая была настолько слаба, что если бы въ этомъ случаѣ не была примѣнена фотографія, то она навсегда осталась бы для насъ неизвѣстной. 1892-й годъ былъ вообще очень богатъ открытіями кометъ. Комета, найденная Бруксомъ 28 августа этого года, была сфотографирована Архенхольдомъ, который 30 ноября сдѣлалъ съ нея 3 снимка при экспозиціи по 30 минутъ. Изъ этихъ



Комета Рордама, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи.

снимковъ оказалось, что хвостъ кометы, видимая длина котораго при наблюденіи въ кометоискатель достигала только $^1/_2{}^0$, на фотографической пластинкѣ простирался въ длину на 5^0. 8 ноября 1892 года Барнардъ сфотографировалъ комету Хольмеса, о которой мы уже говорили раньше (§ 156). Рис. 206 представляетъ эту фотографію: на верху въ лѣвомъ углу, находится овальная туманность въ созвѣздіи Андромеды, а въ средней части рисунка, недалеко отъ праваго края—комета Хольмеса, которая имѣла форму шара.

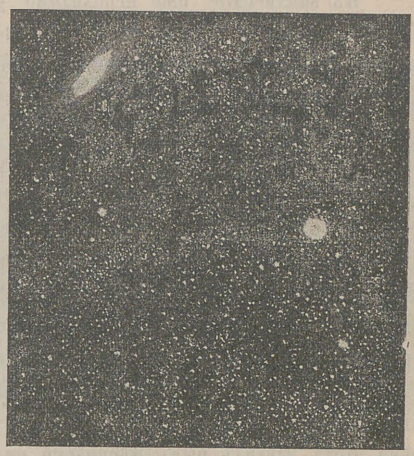


Рис. 206.

Комета, открытая Бруксомъ 16 октября 1893 года, была сфотографирована Барнардомъ нѣсколько разъ, но наибольшаго интереса заслуживаетъ фотографія, полученная 21 октября (рис. 207). Въ этотъ день хвостъ былъ искривленъ и въ одномъ мѣстѣ даже какъ бы сломанъ такъ что можно было думать, что комета имѣла столкновеніе съ метеорнымъ потокомъ.

Цѣлый рядъ снимковъ былъ полученъ въ 1893 году на Ликской обсерваторіи съ кометы Рордама. Одинъ изъ этихъ снимковъ представленъ на приложенной при семъ таблицѣ. При этомъ кстати замѣтимъ, что при фотографированіи кометъ часовой механизмъ, приводящій въ движеніе тотъ инструментъ, при помощи котораго производится фотографированіе, регулируется по движенію самой кометы. Но въ виду того, что комета перемѣщается среди неподвижныхъ звѣздъ, инструментъ уже не можетъ слѣдить за движеніемъ этихъ послѣднихъ, и потому изображенія звѣздъ получаются на фотографической пластинкѣ не въ видѣ точекъ или кружечковъ, а въ видѣ небольшихъ черточекъ. Чѣмъ больше время экспозиціи, тѣмъ длиннѣе эти черточки; кромѣ того направленіемъ этихъ черточекъ указывается направленіе движенія кометы.

Комета Рордама фотографировалась 11, 12, 13, 14, 15, 16 и 18 іюля между 9 и $10^1/_2$ часами вечера. Уже на первой изъ этихъ фотограммъ ясно обнаружилось раздѣленіе хвоста на четыре вѣтви, которыя выходили непосредственно изъ ядра; видимая длина хвоста достигла 6^0. На основаніи всѣхъ этихъ фотограммъ можно было судить о тѣхъ видоизмѣненіяхъ, которымъ подвергалась комета изо дня въ день. Снимокъ, сдѣланный 13 іюля, имѣлъ большое сходство съ снимкомъ кометы Свифта, представленнымъ на рис. 205. На снимкѣ 15 іюля ясно были замѣтны искривленія хвоста.



Рис. 207.

30 ноября 1894 года была открыта фотографическимъ путемъ весьма слабая комета Энке, положеніе которой на небѣ для этого появленія было предвычислено Бакхаузомъ.

Примѣненіе фотографіи къ изученію кометныхъ формъ показало, что ядро, «волоса» и хвостъ, словомъ—всѣ составныя части кометы подвергаются гораздо бо́льшимъ измѣне-

ніямъ, чѣмъ это полагали раньше, когда довольствовались обыкновенными, такъ называемыми визуальными наблюденіями. Кромѣ того, фотографія всегда въ точности воспроизводитъ то, что происходитъ въ кометѣ, между тѣмъ какъ рисунки, дѣлаемые отъ руки, всегда носятъ на себѣ значительную долю субъективности. Наконецъ при большомъ времени экспозиціи могутъ быть сфотографированы такія кометы, которыя по своей слабости не могутъ быть наблюдаемы обыкновеннымъ способомъ.

Въ заключеніе еще необходимо упомянуть о слѣдующемъ весьма замѣчательномъ наблюденіи. Шеберле, изслѣдуя фотографическую пластинку, полученную въ Чили во время экспедиціи, предпринятой Ликской обсерваторіей съ цѣлію наблюденія полнаго солнечнаго затменія 16 апрѣля 1893 года, нашелъ комету среди корональныхъ лучей. Эта комета послѣ того была найдена также на фотографическихъ пластинкахъ, полученныхъ англичанами въ Африкѣ. Изъ сравненія американскихъ снимковъ съ англійскими оказалось, что суточное движеніе кометы при прохожденіи ея черезъ перигелій составляетъ $3^1/_4{}^0$. *

§ 163. **Природа кометъ.** Изъ всего сказаннаго до сихъ поръ относительно кометныхъ формъ ясно, что въ этой области есть много загадочнаго, и мы сдѣлали едва только первые шаги въ дѣлѣ познанія явленій, происходящихъ въ комстахъ. Но, несмотря на это, никогда не было недостатка въ попыткахъ объясненія происхожденія кометъ, и мы приведемъ здѣсь нѣкоторыя изъ попытокъ, относящихся къ древнимъ временамъ.

Аристотель считалъ кометы за испаренія, которыя поднимаются изъ нашей земли въ воздухъ, нѣкоторое время держатся въ немъ и затѣмъ снова исчезаютъ. Въ средніе вѣка этотъ взглядъ былъ нѣсколько видоизмѣненъ, и на кометы смотрѣли какъ на дурные туманы, которые собираются въ міровомъ пространствѣ и затѣмъ притягиваются солнцемъ, послѣ чего они, какъ бы вскипяченные въ котлѣ, очищаются и блестятъ на небѣ, какъ планеты. Клодій Комирсъ, напротивъ того, полагалъ, что мѣсто происхожденія кометъ—это солнце, съ котораго онѣ подымаются въ высоту, подобно мыльнымъ пузырямъ, и затѣмъ сохраняются въ пространствѣ до тѣхъ поръ, пока не лопнутъ. Нѣкоторые греческіе философы считали кометы за результатъ соединенія неподвижныхъ звѣздъ, которыя, случайно столкнувшись, сливаются другъ съ другомъ, подобно сгущенному молоку. Плутархъ же и другіе пошли такъ далеко, что даже утверждали, будто кометы не представляютъ ничего реальнаго, а лишь являются отраженіемъ солнечнаго свѣта, отбрасываемаго другими небесными тѣлами.

Прежде чѣмъ входить въ подробное изложеніе современныхъ намъ попытокъ объясненія замѣчательныхъ кометныхъ формъ, мы въ общихъ чертахъ нарисуемъ картину тѣхъ явленій, которыя, согласно съ наблюденіями, происходятъ во всякой большой кометѣ, при ея приближеніи къ солнцу, съ тѣмъ, чтобы отсюда можно было сдѣлать заключеніе о дѣйствующихъ въ этомъ случаѣ силахъ.

Если комета открывается на значительномъ разстояніи отъ солнца, то глазамъ наблюдателей представляется ядро, болѣе или менѣе похожее на звѣзду и окруженное туманною оболочкой, которая въ теченіе всего періода видимости кометы остается почти неизмѣнной и которую поэтому Ольберсъ назвалъ атмосферой кометы. Въ это время хвостъ кометы вообще вовсе не бываетъ видимъ. Первые слѣды хвоста обнаруживаются нѣсколько позже, и послѣ этого обыкновенно наступаетъ довольно быстрое увеличеніе хвоста. Еще нѣсколько позже въ той части кометы, которая обращена къ солнцу, начинаютъ образовываться вѣерообразныя излученія, исходящія изъ ядра; затѣмъ эти излученія закругляются назадъ на подобіе фонтана и переходятъ въ хвостъ. Поэтому не подлежитъ никакому сомнѣнію, что продукты излученія представляютъ тѣ элементы кометы, изъ которыхъ образуется хвостъ, хотя эти излученія обыкновенно наблюдаются только послѣ того, какъ хвостъ уже былъ видимъ въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Распознать очертанія этихъ излученій и хвоста гораздо легче, чѣмъ ихъ строеніе.

Послѣ прохожденія кометы черезъ перигелій хвостъ снова теряетъ свою пышную форму и мало-по-малу исчезаетъ. Различныя стадіи развитія хвоста представлены на рис. 208, гдѣ направленіе движенія кометы указано стрѣлкой.

Упомянутыя выше излученія только вслѣдствіе перспективы представляются въ видѣ вѣера, въ дѣйствительности же они имѣютъ форму конуса, ось котораго лежитъ въ плоскости кометной орбиты и обыкновенно почти совпадаетъ съ радіусомъ-векторомъ, т.-е. съ линіей, соединяющей комету съ солнцемъ. Сообразно съ этимъ, хвостъ кометы во время своего полнаго развитія имѣетъ форму полаго коноида, пустое пространство котораго представляется наблюдателямъ въ видѣ темнаго канала, направленнаго по оси хвоста (рис. 209). Иногда уголъ, образуемый осью конуса истеченій съ радіусомъ-векторомъ, составляетъ нѣсколько градусовъ, и кромѣ того онъ иногда мѣняется съ теченіемъ времени. Въ такихъ случаяхъ темный каналъ бываетъ отчетливо виденъ только вблизи ядра, и его можно прослѣдить лишь на короткомъ протяженіи.

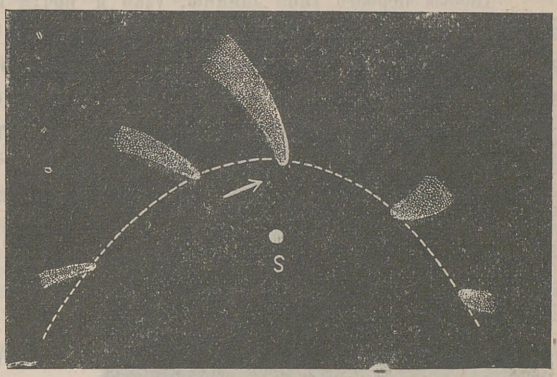


Рис. 208.

Явленіе истеченій показываетъ, что частицы матеріи, изъ которой образуется хвостъ, выбрасываются изъ ядра, а съ точки зрѣнія механики это сводится къ тому, что солнце дѣйствуетъ на эти частицы не съ силою всемірнаго тяготѣнія, а съ нѣкоторою другою видоизмѣненною силой и, слѣдовательно, съ нѣкоторымъ другимъ напряженіемъ.

Что при образованіи кометныхъ хвостовъ дѣйствуютъ отталкивательныя силы, это подозрѣвали уже давно; но въ вполнѣ опредѣленной формѣ высказалъ это впервые Бессель по случаю своихъ наблюденій надъ кометой Галлея въ 1835 году (§ 146), и онъ даже развилъ формулы, по которымъ при извѣстномъ предположеніи относительно напряженія отталкивательной силы, можно вычислять фигуру хвоста. Такого рода изслѣдованія послѣ того повторялись неоднократно, и между прочимъ Папе произвелъ подобныя вычисленія относительно большой кометы Донати (§ 160); но во всѣхъ такихъ вычисленіяхъ постоянно имѣлся въ виду какой-нибудь опредѣленный частный случай; только Бредихину принадлежитъ заслуга систематическаго распространенія этихъ изслѣдованій на большое число кометъ. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, что формы кометныхъ хвостовъ сводятся къ тремъ типамъ:

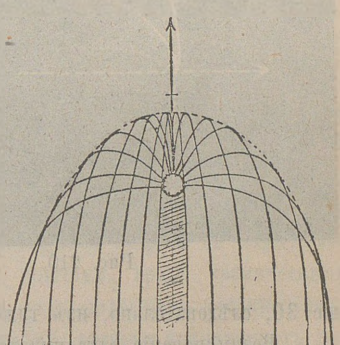


Рис. 209.

1) хвосты, состоящіе изъ частицъ, подверженныхъ со стороны солнца дѣйствію весьма значительной отталкивательной силы, напряженіе которой превосходитъ приблизительно въ 12 разъ напряженіе силы всемірнаго тяготѣнія;

2) хвосты, состоящіе изъ частицъ, на которыя солнце вовсе не дѣйствуетъ, иначе говоря,—изъ частицъ, которыя, по отношенію къ солнцу, могутъ быть разсматриваемы какъ невѣсомыя, и которыя, слѣдовательно, движутся по прямымъ линіямъ, соотвѣтствующимъ начальнымъ скоростямъ этихъ частицъ.

3) хвосты, состоящіе изъ частицъ, на которыя солнце дѣйствуетъ еще притягательнымъ образомъ, но уже съ силою, въ среднемъ въ три раза меньшею, чѣмъ сила всемірнаго тяготѣнія.

Изъ изслѣдованій Бредихина еще вытекаетъ, что скорость, съ которой частицы выбрасываются изъ ядра, находится въ тѣсной связи съ типомъ кометнаго хвоста, а именно эта скорость для трехъ выше названныхъ типовъ по порядку составляетъ 4500, 900 и 300 метровъ въ секунду.

Хвосты перваго типа длинны, узки и почти прямолинейны; хвосты третьяго типа очень широки и размыты, и можно допустить, что они состоятъ изъ нѣсколькихъ, подобныхъ другъ другу химическихъ элементовъ. Впрочемъ у кометъ, богатыхъ различными химическими элементами, очень часто встрѣчаются сложные хвосты, состоящіе изъ хвостовъ нѣсколькихъ, по большей части даже всѣхъ трехъ типовъ. Замѣчательно, что хвостъ 1-го типа всегда рѣзко отдѣляется отъ хвостовъ остальныхъ типовъ. * Хвосты всѣхъ трехъ типовъ изображены на рисункѣ 210. *

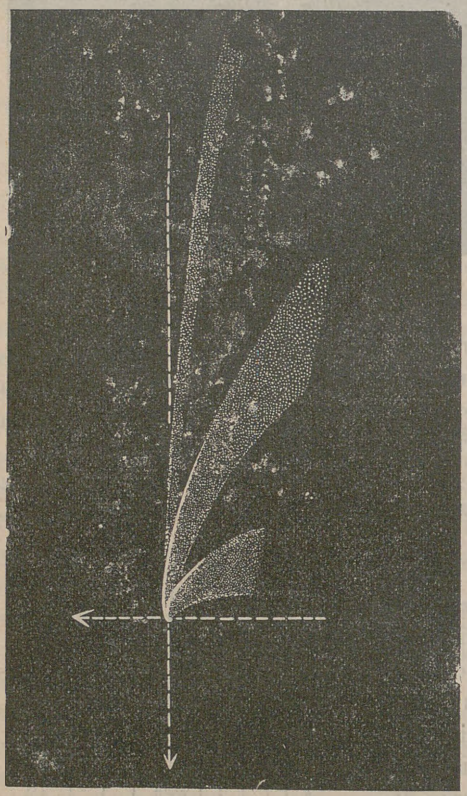


Рис. 210.

Мы не можемъ здѣсь входить въ дальнѣйшія подробности изслѣдованій Бредихина, при помощи которыхъ ему удалось удовлетворительнымъ образомъ объяснить цѣлый рядъ явленій, считавшихся прежде загадочными; прибавимъ только, что причину раздѣленія хвостовъ на три типа онъ ищетъ въ различіи физико-химическихъ свойствъ той матеріи, изъ которой образуется хвостъ. Если, слѣдуя Цельнеру, допустить, что отталкивательная сила, дѣйствующая на различные элементы, обратно пропорціональна ихъ атомнымъ вѣсамъ, то хвосты перваго типа должны состоять исключительно изъ водорода, хвосты второго типа—преимущественно изъ углерода и отчасти изъ другихъ элементовъ, атомный вѣсъ которыхъ меньше 30, и наконецъ хвосты третьяго типа—изъ такихъ элементовъ, атомный вѣсъ которыхъ больше 30, слѣдовательно, изъ тяжелыхъ металловъ, каковы: желѣзо, никкель и т. д.

Возникновеніе отталкивательныхъ силъ во всякомъ случаѣ обусловливается измѣненіями, вызываемыми въ матеріи кометнаго ядра дѣйствіемъ солнца. Такъ называемые продукты истеченія, находятся, по всей вѣроятности, въ газообразномъ состояніи, въ которое они приводятся электрическими процессами. Электрическіе заряды, сообщаемые такими процессами частицамъ кометнаго вещества, опредѣляютъ ихъ отношеніе къ силѣ всемірнаго тяготѣнія. Какихъ-нибудь болѣе опредѣленныхъ данныхъ относительно природы той силы, которая вызываетъ измѣненія въ ядрѣ кометы, и относительно физическаго состоянія, въ которомъ находятся при этомъ частицы комстнаго вещества, пока мы не имѣемъ, и именно гипотезами, опредѣляющими природу этой силы и физическое состояніе частицъ, различаются между собою лучшія теоріи образованія хвостовъ, предложенныя различными учеными, какъ-то: Цельнеромъ, Рошемъ, Фаемъ, Скіапарелли и другими. Но такъ какъ

никакая изъ этихъ теорій не можетъ вполнѣ удовлетворительно объяснить всѣ наблюдаемыя явленія, то мы ограничимся подробнымъ изложеніемъ только одной изъ нихъ, именно теоріи Цельнера.

Цельнеръ считаетъ кометы за образованія, состоящія изъ жидкихъ метеорныхъ массъ, и въ развитіи свѣтовыхъ явленій, а также въ образованіи комстныхъ хвостовъ видитъ электрическіе процессы, вызываемые дѣйствіемъ солнца. Способность обращаться въ паръ слѣдуетъ считать общимъ свойствомъ матеріи; если масса тѣла, предоставленнаго самому себѣ въ міровомъ пространствѣ, не достаточно велика, чтобы притягивать частицы окружающей его атмосферы съ силою, равною силѣ упругости газовъ, входящихъ въ составъ атмосферы, при господствующей тамъ температурѣ, то тѣло современемъ вполнѣ превращается въ парообразную массу. Если подобная масса находится въ такомъ мѣстѣ мірового пространства, гдѣ излученіе ни одной изъ неподвижныхъ звѣздъ не имѣетъ преобладающаго вліянія, то эта масса должна принять такъ называемую температуру мірового пространства, которая по изслѣдованіямъ Пулье равна—142° по стоградусному термометру. Если-же разсматриваемая масса вслѣдствіе притягательнаго дѣйствія какой-нибудь болѣе значительной звѣзды приблизится къ источнику, излучающему теплоту, то сначала нагрѣется, конечно, та сторона, которая обращена къ источнику теплоты. Поэтому, процессы парообразованія и кипѣнія происходятъ преимущественно на этой обращенной къ источнику теплоты сторонѣ, между тѣмъ какъ частицы, находящіяся на противоположной сторонѣ, защищены отъ источника теплоты самимъ тѣломъ и потому могутъ нагрѣваться лишь непрямымъ путемъ, благодаря возникающимъ въ тѣлѣ теченіямъ. Если вся жидкая масса обращается въ паръ, то при ея удаленіи отъ источника теплоты, вслѣдствіе происходящаго при этомъ пониженія температуры, или снова образуется въ ней жидкое ядро, или же, если пониженіе температуры было для этого недостаточно, то вся масса медленно исчезаетъ въ пространствѣ. Сообразно съ этимъ, если жидкія метеорныя массы приближаются къ солнцу, то онѣ должны намъ представляться въ видѣ тѣлъ, окруженныхъ оболочкой, состоящей изъ паровъ. Чѣмъ меньше эти массы, тѣмъ на бо́льшемъ разстояніи отъ солнца онѣ вполнѣ обращаются въ пары, и вслѣдствіе прозрачности всей массы не обнаруживается никакой существенной разницы между явленіями, происходящими на сторонѣ, обращенной къ солнцу, и на противоположной сторонѣ, какъ это мы видимъ въ малыхъ кометахъ. Чтобы объяснить также развитіе собственнаго свѣта, доказываемое спектральнымъ анализомъ, и образованіе хвостовъ, Цельнеръ прежде всего указываетъ на то, что происходящій постоянно процессъ парообразованія и кипѣнія долженъ необходимо возбуждать постоянное электрическое напряженіе, которое находитъ весьма обильный источникъ въ механическомъ разрываніи частицъ жидкости. Спектръ происшедшаго такимъ образомъ свѣта подобенъ спектру электрической искры, проходящей черезъ тѣ пары, которые развиваются въ кометѣ. Если, согласно съ нашими опытами, среди космическихъ жидкостей должна быть отведена выдающаяся роль водѣ и углеводороднымъ соединеніямъ, то комсты могутъ обладать преимущественно такими спектрами, которые принадлежатъ парамъ этихъ веществъ, какъ это и въ дѣйствительности подтверждается наблюденіями. Если, далѣе, мы допустимъ существованіе у солнца наэлектризованной атмосферы, что, повидимому возможно, то необходимо еще сдѣлать предположеніе, что электричество солнца и электричество кометъ одноименны, такъ какъ только въ этомъ случаѣ будутъ понятны выбрасываніе изъ ядра частицъ кометнаго вещества и образованіе хвоста, направленнаго вообще въ сторону, противоположную солнцу. Если же въ силу какихъ-нибудь обстоятельствъ измѣнится знакъ электричества комстныхъ паровъ, то долженъ образоваться хвостъ, обращенный къ солнцу, какъ это иногда и бываетъ. Цельнеръ доказываетъ, что совершенно достаточно приписать солнечной поверхности такія-же электрическія свойства, какія мы на основаніи непосредственныхъ наблюденій знаемъ у насъ на землѣ, чтобы объяснить огром-

ные размѣры хвостовъ. Теорія Цельнера, которой нельзя отказать въ рѣдкомъ остроуміи, была самимъ творцомъ ея примѣнена къ объясненію отдѣльныхъ явленій, наблюдаемыхъ въ кометахъ (кривизны хвоста, большого числа туманныхъ оболочекъ, колебательнаго движенія истеченій и т. д.), чего мы здѣсь, къ сожалѣнію, не можемъ подробно разсматривать, и во всякомъ случаѣ, если она оставляетъ еще кое-чего желать, то все-же обѣщаетъ больше успѣха, чѣмъ всякая другая гипотеза. Впрочемъ Цельнеръ не забылъ указать также на то, что подобныя идеи высказывались уже раньше Кеплеромъ, Ольберсомъ, Бесселемъ, Ламономъ и другими, но это были не болѣе, какъ незрѣлые зачатки новой теоріи, которая заслуживаетъ довѣрія уже потому, что она основывается на неподлежащемъ сомнѣнію родствѣ метеоритовъ съ кометами, родствѣ, получившемъ новое подтвержденіе въ опытахъ Райта (Wright) съ газами, содержащимися въ метеоритахъ и характеризующимися спектрами, почти тождественными со спектрами кометъ.

Сообщивъ самое существенное изъ того, что намъ извѣстно относительно физическихъ свойствъ кометъ, мы сохраняемъ за собой право въ другомъ мѣстѣ (§ 171) вернуться къ вопросу о томъ, гдѣ и какъ зарождаются кометы.

§ 164. **Значеніе и вліяніе, которыя прежде приписывались кометамъ.** Ради историческаго интереса мы здѣсь вкратцѣ упомянемъ о томъ значеніи, которое приписывали кометамъ наши предки, на что мы имѣли случай указывать уже и раньше. Фромондъ видѣлъ въ большихъ кометахъ, которыя появлялись въ его время, предвѣстницъ гибели-Аристотелевой философіи, находившейся въ то время, въ концѣ XVI столѣтія, такъ сказать, при послѣднемъ издыханіи. Лицетъ держался того мнѣнія, что огненная колонна, которая провела іудеевъ черезъ Красное море, была комета, данная израильскому народу въ качествѣ путеводителя, освѣщающаго дорогу при помощи факела. Дамасценъ полагалъ, что кометы созданы Богомъ, и что ангелы двигаютъ ихъ, куда пожелаютъ, для устрашенія людей; это мнѣніе Таннеръ назвалъ мнѣніемъ, весьма достойнымъ христіанскаго философа. Подобнымъ же образомъ испанскій монахъ Вальдерама полагалъ, что кометы извлекаются злыми духами изъ ада, чтобы наводить на грѣшный родъ человѣческій страхъ, который бы удерживалъ людей отъ дурныхъ поступковъ и т. п.

Большинство мнѣній о значеніи кометъ сводится къ признанію ихъ предвѣстницами несчастія, и такое представленіе о нихъ, повидимому, такъ-же старо, какъ самый родъ человѣческій. Гдѣ имѣли мѣсто война, болѣзни, землетрясенія, наводненія и т. д., тамъ всегда вину сваливали на кометы, появлявшіяся около того времени. Въ этомъ отношеніи особенно суевѣрны были римляне. Такъ, Цицеронъ, который во всякомъ случаѣ былъ умнымъ человѣкомъ, совершенно серьезно утверждалъ, что всѣ кометы предвозвѣщаютъ войны или междуусобія. Плиній насчитываетъ 12 видовъ кометъ, при чемъ каждый видъ имѣетъ свои особенныя свойства: кометы похожія на гриву, должны обладать весьма быстрымъ движеніемъ; копьеобразныя кометы отличаются значительною блѣдностью; кометы, имѣющія видъ волосъ, бываютъ видимы въ теченіе весьма продолжительнаго промежутка времени и т. д. Однако онъ ихъ всѣхъ называлъ свѣтилами, наводящими ужасъ, и полагалъ, что особенно треугольныя кометы ни на что не годны и весьма вредоносны. Сенека, который въ одномъ мѣстѣ (Nat. Hist. Lib. VII, 13) высказываетъ о кометахъ весьма правильныя и для его времени прямо удивительныя идеи, въ другомъ мѣстѣ съ недостойной его лестью говоритъ, что всѣ кометы суть коварныя существа, такъ какъ даже та, которая появилась въ веселое царствованіе Нерона и которая при такомъ добромъ и прекрасномъ правителѣ должна была-бы служить предвѣстницей только счастья, не могла снять съ кометъ ихъ стараго позора. Еще болѣе замѣчательныя мѣста мы находимъ у римскихъ поэтовъ Виргилія, Клодіана, Тибулла и другихъ, которые стараются по возможности убѣдительно описать зловредность кометъ. Но мы должны остерегаться произносить слишкомъ строгое сужденіе о тѣхъ отдаленныхъ временахъ, такъ какъ еще

Мильтонъ, современникъ Ньютона, въ своемъ «Потерянномъ раѣ» о кометѣ 1680 г. писалъ слѣдующее:

From its horrid hair
Shakes pestilence and war, *)

и такъ какъ даже наши современники еще не могутъ совершенно освободиться отъ перешедшаго къ намъ отъ нашихъ предковъ предубѣжденія относительно значенія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Далѣе, весьма распространено суевѣріе, что кометы оказываютъ вліяніе на болѣзни людей и животныхъ и даже на растительный міръ. Но относительно этого вопроса за разъясненіемъ собственно надо обратиться къ врачамъ, и, дѣйствительно, одинъ изъ нихъ, Форстеръ, въ своемъ сочиненіи: «Illustration of the atmospherical origin of epidemical diseases», Chilmsford, 1829, занялся изслѣдованіемъ вопроса о связи кометъ съ большими эпидеміями; свое сочиненіе онъ заключаетъ слѣдующими словами: «Поэтому вполнѣ ясно, что съ начала нашего лѣтосчисленія наиболѣе нездоровыя времена вмѣстѣ съ тѣмъ были наиболѣе богаты появленіями кометъ, и что появленія этихъ небесныхъ тѣлъ всегда сопровождались землетрясеніями, вулканическими изверженіями и атмосферными переворотами, между тѣмъ какъ, наоборотъ, въ здоровыя времена никогда не видѣли ни одной большой кометы».

Какимъ же образомъ Форстеръ доказываетъ свой выводъ? Онъ просматриваетъ всѣ хроники, начиная съ Рождества Христова и до послѣдняго времени, и годъ за годомъ наноситъ на безконечный листъ всѣ болѣзни и несчастія, которымъ въ теченіе этого долгого времени подвергался бѣдный родъ человѣческій. Подобнымъ же образомъ онъ прослѣдилъ за всѣми кометами, которыя появлялись, начиная съ той эпохи, и всего собралъ до 500 кометъ, причемъ всѣ онѣ оказались нанесенными на упомянутомъ листѣ бумаги противъ болѣзней. Такимъ образомъ получился прекрасный и для склоннаго къ суевѣріямъ читателя дѣйствительно назидательный списокъ бѣдствій и кометъ, которыя должны были служить ихъ причиной

Но эта работа, повидимому, не служила для него предметомъ серьезнаго размышленія. Мы только-что видѣли, что кометъ на небѣ появляется много; всякихъ же бѣдствій, которыя приходится переносить людямъ, еще больше. Но такъ какъ на небѣ нѣтъ недостатка въ кометахъ, а на землѣ—въ бѣдствіяхъ, то, очевидно, нетрудно для всякаго бѣдствія отыскать комету, виновную въ этомъ бѣдствіи. Но какая намъ польза въ томъ, если мы по поводу кометы 1665 года читаемъ: «Большая комета и чума въ Лондонѣ». Если, дѣйствительно, чума, то почему же только въ Лондонѣ? Развѣ въ другихъ мѣстахъ земного шара комета не была видима такъ-же хорошо, какъ въ Лондонѣ? Почему эта комета, послужившая причиной чумы въ Лондонѣ, не породила этой болѣзни также въ Парижѣ, Вѣнѣ или наконецъ въ Шотландіи и въ Ирландіи? Поэтому вполнѣ права была та дама, которая, услыхавъ, что въ 1832 году въ Парижѣ ожидали комету Біэлы (§ 150), наводившую на всѣхъ сильный страхъ, возразила, что это ее мало огорчаетъ, такъ какъ она въ этомъ году будетъ не въ Парижѣ, а уѣдетъ къ своимъ родственникамъ въ Неаполь. Далѣе, какое значеніе имѣютъ слѣдующія сопоставленія: «въ 1668 году появилась комета, и въ Вестфаліи былъ большой моръ среди кошекъ»; «въ такомъ-то году появилась комета, и въ Тюрингіи была страшная буря, во время которой въ полѣ было убито много крестьянъ»; «въ такомъ-то году появилась комета, и въ восточной Фрисландіи была повальная чума на рогатый скотъ» и т. д.

Но если эти небесныя тѣла не имѣютъ ничего общаго ни съ войнами, ни съ наводненіями, ни съ болѣзнями, то, можетъ-быть, они оказываютъ вліяніе на нашу погоду

*) Ея ужасные волосы предвѣщаютъ чуму и войну.

и, слѣдовательно, на температуру и плодородіе земли? Дѣйствительно, и это мнѣніе также весьма сильно распространено среди людей, но тщательныя статистическія сопоставленія показываютъ, что оно ни на чемъ не основано; впрочемъ предположеніе, что эти небесныя тѣла оказываютъ вліяніе на земныя явленія, вообще не выдерживаетъ никакой критики съ тѣхъ поръ, какъ не проходитъ болѣе ни одного года безъ того, чтобы не было открыто нѣсколько телескопическихъ кометъ.

§ 165. **Обитатели кометъ.** Такъ какъ все въ природѣ, насколько мы знаемъ, населено живыми существами, то мы не можемъ допустить, чтобы кометы, эти огромныя небесныя тѣла, число которыхъ, какъ мы видѣли, необыкновенно велико, были совершенно лишены органической жизни. Но такъ какъ кометы, какъ по своему наружному виду, такъ, вѣроятно, и по внутреннему строенію, весьма сильно отличаются отъ всѣхъ другихъ небесныхъ тѣлъ, то, безъ сомнѣнія, должна существовать огромная разница между тѣми организмами, которыми населены кометы, и тѣми, которые живутъ на землѣ и другихъ планетахъ. Однако, какими же свойствами мы должны надѣлить эти организмы, живущіе на кометахъ?

Кто изъ насъ могъ бы перенести тѣ крайніе переходы отъ свѣта къ мраку и отъ жара къ холоду, которымъ подвергаются комсты при ихъ движеніи по огромнымъ орбитамъ? Комета 1680 года, какъ мы выше упоминали, подходила такъ близко къ солнцу, что жара, которой она подвергалась, въ 26000 разъ превосходила наивысшую жару у насъ на землѣ, и та-же самая комета при прохожденіи черезъ афелій находилась на такомъ большомъ разстояніи отъ солнца, что господствовавшій тамъ холодъ могъ даже нашу атмосферу превратить въ твердое тѣло, подобное льду. Какой же организаціей должны обладать живущія на кометахъ существа, если они могутъ переносить такіе контрасты, и если такія рѣзкія перемѣны доставляютъ имъ, можетъ-быть, даже удовольствіе, подобно тому, какъ для насъ, пріятны смѣны дней и ночей и временъ года? Впрочемъ, можетъ-быть, всѣ эти крайности только кажущіяся, и природа, въ распоряженіи которой имѣется неисчерпаемое богатство способовъ достиженія своей цѣли, можетъ-быть, и тамъ нашла пути преодолѣть эти препятствія и противодѣйствовать имъ, давъ соотвѣтственную организацію существамъ, живущимъ на кометахъ.

ГЛАВА XIV.

Падающія звѣзды.

§ 166. **Общія свѣдѣнія о падающихъ звѣздахъ.** Къ числу самыхъ замѣчательныхъ явленій, которыя приковываютъ къ себѣ лицъ, любующихся ночнымъ небомъ, принадлежатъ, безспорно, такъ называемыя падающія звѣзды. Это явленіе привлекаетъ къ себѣ вниманіе наблюдателей отчасти своей красотой, особенно когда число падающихъ звѣздъ велико, отчасти тѣмъ, что паденіе каждой отдѣльной звѣзды постоянно происходитъ совершенно неожиданно для зрителя: вдругъ вырвется одна звѣздочка изъ роя другихъ, пролетитъ съ огромною скоростью по небосклону и черезъ нѣсколько мгновеній снова исчезнетъ. Необходимо указать на то, что упоминаніе объ этомъ красивомъ явленіи мы находимъ въ самыхъ древнихъ сагахъ и поэтическихъ произведеніяхъ. Такъ, напр., въ «Иліадѣ» (IV, 74) скорость, съ которою боги спускаются на землю съ ихъ небесныхъ высотъ, сравнивается со скоростью падающихъ звѣздъ. Точно также сѣверный миѳъ не менѣе поэтично соединяетъ судьбу людей съ падающими звѣздами. Прядильщица Верпея начи-

наетъ прясть нить судьбы новорожденнаго дитяти на небѣ, и каждая нить однимъ своимъ концомъ прикрѣплена къ звѣздѣ. Когда приближается смерть человѣка, нить обрывается, и его звѣзда, блѣднѣя, падаетъ на землю.

Видимая величина или, точнѣе говоря, яркость падающихъ звѣздъ бываетъ весьма различна. Приходится наблюдать падающія звѣзды всевозможныхъ яркостей отъ самыхъ слабыхъ, которыя только еще могутъ быть видимы невооруженнымъ глазомъ, до такихъ, которыя по блеску равняются Юпитеру и Венерѣ, красивѣйшимъ свѣтиламъ нашего неба, а иногда силою своего свѣта даже затмѣваютъ всѣ звѣзды. Впрочемъ только болѣе слабыя падающія звѣзды носятъ названіе собственно «падающихъ звѣздъ» или «метеоровъ», и онѣ по своей яркости, какъ и неподвижныя звѣзды, раздѣляются на шесть величинъ, отъ шестой до первой. Болѣе же яркія падающія звѣзды, по блеску равныя Юпитеру и Венерѣ или даже превосходящія ихъ, называются «огненными шарами» или «болидами». Впрочемъ падающія звѣзды, которыя находятся на предѣлѣ видимости для невооруженнаго глаза, далеко не являются слабѣйшими изъ всѣхъ существующихъ. Въ зрительныя трубы нерѣдко приходилось наблюдать, какъ черезъ поле зрѣнія трубы пролетали метеоры, по яркости равные звѣздамъ 9-й или 10-й величины или даже еще болѣе слабые.

Путь метеора обыкновенно представляется въ видѣ небольшой части дуги большого круга, и это обстоятельство указываетъ на то, что наблюдаемая нами часть пути метеора не отличается замѣтнымъ образомъ отъ прямой линіи. Впрочемъ иногда пути метеоровъ обладаютъ довольно замѣтной кривизной; точно также изрѣдка метеоры совершаютъ движеніе по волнообразнымъ и змѣевиднымъ кривымъ. Всѣ эти и имъ подобныя явленія легко могутъ быть объяснены, если только мы будемъ имѣть въ виду, что падающія звѣзды совершаютъ движеніе въ нашей атмосферѣ, т.-е. въ сопротивляющейся средѣ, и если мы сдѣлаемъ весьма вѣроятное само по себѣ предположеніе, что метеоры не всегда имѣютъ сферическую форму; въ самомъ дѣлѣ въ этомъ случаѣ при движеніи въ нашемъ воздухѣ они должны описывать тѣ особенныя кривыя, которыя описываетъ, напр., бумерангъ *).

Время полета метеоровъ постоянно бываетъ весьма мало и въ большинствѣ случаевъ составляетъ лишь дробную часть секунды, въ видѣ же исключенія оно можетъ достигать, а иногда даже превосходить 3 или 4 секунды. Очень часто исчезновеніемъ метеора или болида явленіе еще не оканчивается; нерѣдко болѣе яркіе метеоры оставляютъ послѣ себя огненный слѣдъ въ видѣ хвоста, который вообще исчезаетъ черезъ нѣсколько секундъ послѣ метеора, иногда же остается видимымъ въ теченіе одной или двухъ минутъ и въ исключительныхъ случаяхъ даже въ теченіе четверти или получаса. Замѣчательный примѣръ этого рода представилъ огненный шаръ, наблюдавшійся 17 іюня 1873 года. Онъ загорѣлся въ 8 часовъ 44 минуты Вѣнскаго времени въ Венгріи къ югу отъ Рааба на высотѣ 160 километровъ надъ поверхностью земли и, пролетѣвъ надъ Нижней Австріей, Моравіей и Богеміей, слѣлалъ 460 километровъ въ теченіе 4 или 5 секундъ, послѣ чего потухъ въ области Циттау и Хернхутъ на высотѣ 33 километровъ. Блестящій, бѣлый, зигзагообразный хвостъ этого, во всякомъ случаѣ не черезчуръ яркаго метеора (по яркости онъ лишь немного превосходилъ Венеру) въ нижнихъ своихъ частяхъ оставался видимымъ для невооруженнаго глаза до $9^1/_4$ часовъ.

Въ хвостѣ метеора иногда наблюдаются въ высшей степени интересныя явленія. Цвѣтъ хвоста обыкновенно, но не всегда, бываетъ такой-же, какъ и цвѣтъ метеора, которому хвостъ обязанъ своимъ происхожденіемъ. Форма хвостовъ бываетъ въ высшей степени разнообразна, края по большей части рѣзко ограничены и производятъ такое впечатлѣніе, какъ будто они образуютъ полый цилиндръ, который внутри, т.-е. тамъ, гдѣ проле-

*) Бумерангомъ называется особаго рода метательное оружіе австралійскихъ дикарей. *Переводчикъ.*

тѣлъ огненный шаръ, не заполненъ свѣтящейся матеріей. Яркость хвоста обыкновенно уменьшается постепенно до полнаго исчезновенія; но иногда случается, что яркость отдѣльныхъ частей хвоста по временамъ опять увеличивается. Если хвостъ остается видимымъ болѣе или менѣе продолжительное время, то онъ иногда искривляется, и кромѣ того въ немъ наблюдаются другія движенія, связанныя съ неожиданными измѣненіями формы хвоста, причемъ вся масса нерѣдко разрывается и образуетъ отдѣльныя свѣтлыя пятна. На эти загадочныя, до сихъ поръ мало наблюдавшіяся явленія особенное вниманіе обратилъ директоръ Аѳинской обсерваторіи Шмидтъ, и ему неоднократно удавалось, послѣ того какъ хвостъ исчезалъ для невооруженнаго глаза, слѣдить за нимъ дальше при помощи свѣтосильной зрительной трубы съ большимъ полемъ зрѣнія (при помощи кометоискателя или бинокля). Согласно съ его опытами, можно допустить, что хвостъ, который для невооруженнаго глаза остается видимымъ въ теченіе 5 или 10 секундъ, въ комстоискатель можетъ быть наблюдаемъ въ теченіе 3 или 4 минутъ.

Въ нашихъ странахъ изъ метеоровъ первой величины и болѣе яркихъ приблизительно половина, изъ метеоровъ второй величины только одна шестая и изъ болѣе слабыхъ метеоровъ еще меньшая часть ихъ оставляютъ послѣ себя хвосты. Это, повидимому, указываетъ на то, что въ дѣйствительности бо́льшая часть, если только не всѣ метеоры, оставляютъ послѣ себя хвосты, но мы ихъ часто не видимъ вслѣдствіе чрезвычайной ихъ слабости. Это заключеніе находитъ себѣ поддержку также въ томъ, что Гумбольдтъ въ прозрачной атмосферѣ тропическихъ странъ чаще наблюдалъ у метеоровъ длинные, блестящіе хвосты, чѣмъ это возможно у насъ.

Цвѣтъ метеоровъ въ огромномъ большинствѣ случаевъ бываетъ бѣлый или желтый, рѣже желтокрасный; но въ болѣе яркихъ метеорахъ и особенно въ болидахъ наблюдаются также и другіе оттѣнки, причемъ особенною интенсивностью отличается зеленый цвѣтъ. На основаніи многолѣтнихъ наблюденій Шмидта на 100 метеоровъ въ среднемъ приходится 62 бѣлыхъ, 15 желтыхъ, 6 желтокрасныхъ, 3 зеленыхъ и 14 туманныхъ. Послѣдняя категорія метеоровъ впервые была наблюдаема Шмидтомъ; это — довольно слабые метеоры, яркость которыхъ едва достигаетъ яркости звѣздъ третьей величины, но они обладаютъ значительнымъ діаметромъ и всегда имѣютъ видъ туманности пепельнаго цвѣта, такъ что бываютъ подобны маленькому, быстро летящему туманному облаку.

Эти метеоры должны составлять переходъ къ тѣмъ замѣчательнымъ небеснымъ тѣламъ, которыя по своей природѣ занимаютъ среднее мѣсто между кометами и метеорами, и на которыя только въ новѣйшее время обратилъ вниманіе Скіапарелли. Это—туманныя тѣла часто довольно значительныхъ размѣровъ, которыя въ теченіе нѣсколькихъ минутъ блуждаютъ по небесному своду съ большею или меньшею скоростью и затѣмъ постепенно блѣднѣютъ до полнаго исчезновенія. Скіапарелли отыскалъ нѣсколько такихъ наблюденій, произведенныхъ въ 1252, 1348, 1672 и другихъ годахъ; однако и въ новѣйшее время также извѣстно нѣсколько случаевъ подобнаго рода. Наиболѣе интересными изъ этихъ небесныхъ тѣлъ является то, которое Янъ наблюдалъ 3 іюля 1845 года, и то, которое 17 ноября 1882 года пролетѣло надъ Голландіей и Англіей.

§ 167. **Паденіе аэролитовъ**. Во время полета метеоры по бо́льшей части не измѣняютъ своей яркости и исчезаютъ опять также внезапно, какъ и появились. Только болѣе значительные метеоры, особенно огненные шары, иногда при потуханіи разбрасываютъ во всѣ стороны искры и разрываются на части, причемъ иной разъ можно видѣть, какъ отдѣльные, менѣе свѣтящіеся куски падаютъ по направленію къ землѣ, а черезъ нѣсколько минутъ послѣ этого можно слышать болѣе или менѣе сильный, а иногда даже оглушительный шумъ. * На рис. 211 изображенъ одинъ такой метеоръ, который наблюдался въ Мадридѣ 10 февраля 1896 года. * Такіе, издающіе шумъ метеоры иногда служатъ причиной замѣчательныхъ паденій аэролитовъ или камней на землю.

Звуковыя явленія, сопровождающія паденіе аэролита, обыкновенно описываются слѣдующимъ образомъ. Сначала мы слышимъ нѣсколько сильныхъ, рѣзкихъ ударовъ, подобныхъ выстрѣламъ изъ пушекъ. Между этими ударами и послѣ нихъ слышится болѣе слабый шумъ, который можно сравнить иногда съ барабанною дробью, иногда съ шумомъ, производимымъ тяжело нагруженной телѣгой, иногда съ ружейнымъ залпомъ. Продолжительность этого шума бываетъ весьма различна и можетъ доходить до нѣсколькихъ минутъ; при нѣкоторыхъ паденіяхъ камней рѣчь шла о шумѣ, продолжавшемся даже нѣсколько часовъ, съ другой же стороны, нерѣдко также при паденіи болида наблюдатели слышали только одинъ рѣзкій звукъ. Послѣ шума въ воздухѣ раздается шипѣніе, во время котораго на землю падаютъ камни.



Рис. 211.

Наиболѣе сильный шумъ происходитъ вслѣдствіе разрыва метеора на части и вслѣдствіе проникания воздуха въ образовавшуюся такимъ образомъ пустоту; болѣе же слабые раскаты, напротивъ того, объясняются тѣмъ, что воздухъ снова соединяется въ образовавшемся сзади метеора пространствѣ. Но такъ какъ скорость движенія метеора больше скорости звука, то этотъ послѣдній, какъ и при громѣ, достигаетъ насъ съ различныхъ частей орбиты метеора лишь постепенно, чѣмъ и объясняется значительная продолжительность шума. Иногда сила главнаго шума бываетъ поистинѣ ужасающей. Такъ, напр., при паденіи камня въ Эглѣ шумъ былъ слышенъ на большомъ пространствѣ внутри окружности, радіусъ которой составлялъ 150 километровъ; въ самомъ Эглѣ, надъ ко-

торымъ произошелъ взрывъ метеора, почва задрожала, какъ при землетрясеніи, и даже обрушились нѣкоторые дома.

Падающія съ неба массы по содержанію въ нихъ чистаго желѣза раздѣляются на метеорные камни и метеорное желѣзо. Первые почти всегда имѣютъ форму неравносторонней четырехгранной пирамиды съ затупленной вершиной. Основная поверхность, которая при движеніи въ пространствѣ идетъ впереди, по бо́льшей части бываетъ равномѣрно закруглена и окружена стекловидной, блестящей, тонкой, какъ бумага, корою темнокоричневаго цвѣта, а иногда темной, какъ смола; на этой корѣ выступаетъ сѣть выпуклыхъ жилъ, въ видѣ лучей, выходящихъ изъ одной точки. На боковыхъ поверхностяхъ и особенно на задней (по отношенію къ движенію) эта кора имѣетъ матовый оттѣнокъ и очень часто бываетъ похожа на бархатъ.

Кора это есть расплавленная поверхность метеорнаго камня, что впервые было доказано Шрейберомъ и Шереромъ непосредственнымъ плавленіемъ камней, упавшихъ въ Станнернѣ. Но плавленіе, какъ это подозрѣвалъ также Прустъ, происходитъ такъ быстро, что внутреннія части камня не успѣваютъ при этомъ значительно нагрѣться, такъ какъ иначе вся масса сплавилась бы и имѣла бы видъ темнокоричневаго стекла. Что внутреннія части дѣйствительно не нагрѣваются, это доказывается интереснымъ паденіемъ камня, имѣвшимъ мѣсто 27 декабря 1857 года въ Квенгукѣ (въ Остъ-Индіи): непосредственно послѣ паденія, кусокъ, взятый извнутри камня, былъ такъ холоденъ, что пальцы при прикосновеніи къ нему теряли чувствительность.

Въ минералогическомъ и химическомъ отношеніяхъ метеоры также бываютъ весьма различны. Поэтому достаточно только упомянуть, что въ нихъ не было найдено ни одного новаго, неизвѣстнаго на землѣ элемента. Первенствующими составными частями являются соединенія, заключающія четное число частицъ кислорода, а именно кремнеземъ и талькъ, и затѣмъ желѣзо, которое встрѣчается какъ въ чистомъ состояніи, такъ и въ видѣ различныхъ окисловъ; но удивительно, что металлическое желѣзо всегда сопровождается никкелемъ. Интересно также то, что въ новѣйшее время были найдены нѣкоторые метеорные камни съ большимъ содержаніемъ углерода, и въ нихъ, повидимому, находятся органическія вещества, которыя болѣе точнымъ образомъ еще не были изслѣдованы. Метеорные камни, подобные тому, который упалъ 13 октября 1838 г. на мысѣ Доброй Надежды, или тому, который нашли въ Дебрецинѣ 15 апрѣля 1857 г., отличаются отъ остальныхъ своимъ темнымъ цвѣтомъ.

Паденіе метеорнаго желѣза происходитъ гораздо рѣже, чѣмъ паденіе метеорныхъ камней. Впрочемъ въ новѣйшее время были открыты весьма замѣчательныя тѣла, промежуточныя между метеорными камнями и метеорнымъ желѣзомъ, это — богатые желѣзомъ метеорные камни съ вкрапленными въ нихъ кусками металлическаго желѣза, и метеорное желѣзо, въ которое вкраплены большія массы камня.

Желѣзные метеориты по бо́льшей части отличаются значительною плотностью и имѣютъ кристаллическое сложеніе, рѣже встрѣчаются вѣтвистые и ячеистые метеоры этого рода. Въ послѣднемъ случаѣ пустыя пространства наполнены явно кристаллическимъ оливиномъ (метеорнымъ оливиномъ). Плотные желѣзные метеориты (а въ ячеистыхъ желѣзный остовъ) состоятъ почти исключительно изъ желѣза и никкеля, которые нерѣдко составляютъ до 98% всей массы, причемъ никкель въ соединеніи съ частью желѣза образуетъ никкелистое желѣзо; этотъ металлъ и чистое желѣзо при образованіи метеорнаго желѣза располагаются правильными чередующимися пластинками. Но такъ какъ чистое и никкелистое желѣзо различнымъ образомъ относятся къ химическимъ агентамъ, то, если подвергнуть дѣйствію этихъ послѣднихъ полированную пластинку метеорнаго желѣза, ея правильное строеніе дѣлается видимымъ вслѣдствіе образованія особенныхъ фигуръ, которыя по имени ученаго, открывшаго ихъ, называются Видманштеттовыми фигурами (см. приложенную при семъ таблицу). Этими фигурами и содержаніемъ никкеля метеорное желѣзо отличается



Метеоритъ изъ Грашина, вѣсомъ 39,2 кгр.



Палласово желѣзо.



Видманштеттовы фигуры.

отъ всякаго другого чистаго желѣза земного происхожденія. Поэтому желѣзныя массы, которыя находятся въ различныхъ пунктахъ земного шара, безъ всякаго сомнѣнія, можно признать за метеорное желѣзо, если эти массы не подходятъ къ геологическимъ формаціямъ данной страны, и если онѣ обладаютъ, по крайней мѣрѣ, одною изъ вышеупомянутыхъ характерныхъ особенностей, хотя бы паденіе съ неба непосредственно и не наблюдалось. Такія массы иногда достигаютъ весьма значительной величины. Такъ, напр., метеоритъ, найденный въ 1783 году въ Тукуманѣ (въ Аргентинской республикѣ), вѣситъ болѣе 1500 килограммовъ; вѣсъ метеорита, найденнаго въ 1784 году въ Бемдего (въ Бразиліи), составляетъ приблизительно 8700 килограммовъ и т. д.; точно также извѣстное Палласово желѣзо (см. приложенную при семъ таблицу) первоначально вѣсило около 800 килограммовъ. * На рис. 212, наоборотъ, представленъ небольшой метеоритъ, упавшій въ 1893 году въ Хасси-Экнѣ (въ Алжирѣ): онъ изображенъ въ натуральную величину. *

Число ежегодно падающихъ на землю аэролитовъ далеко не такъ мало, какъ это можно было бы думать на основаніи того, что въ каждомъ опредѣленномъ мѣстѣ это явленіе наблюдается весьма рѣдко. Въ среднемъ за послѣдніе годы можно принять, что ежегодно наблюдаются три паденія метеоритовъ. Если мы вспомнимъ, что бо́льшая часть земной поверхности покрыта водой, что мы получаемъ извѣстія о паденіи метеоритовъ только изъ цивилизованныхъ странъ, и что даже и въ этихъ странахъ значительная часть паденій остается незамѣченной, или метеорныя массы падаютъ на землю въ недоступныхъ мѣстностяхъ, гдѣ ихъ нельзя отыскать, то мы, кажется, безъ преувеличенія можемъ принять, что на всей земной поверхности ежегодно выпадаетъ нѣсколько сотъ метеоритовъ.

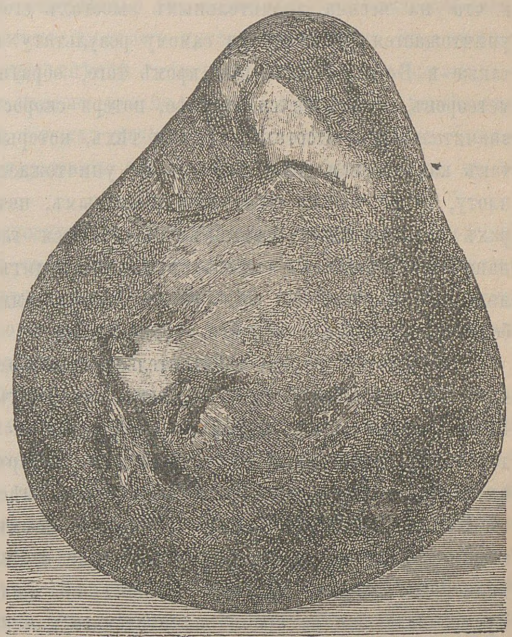


Рис. 212.

При паденіи аэролита число упавшихъ на землю кусковъ бываетъ весьма различно: иногда очень мало (1 или 2), а иногда весьма велико, какъ это было въ Станнернѣ и въ Эглѣ; въ первомъ мѣстѣ число упавшихъ камней доходило до 150—200, а въ послѣднемъ даже до 2000—3000. При такомъ обильномъ паденіи камней, которое можетъ быть названо каменнымъ дождемъ, камни разсыпаются обыкновенно внутри нѣкотораго пространства, имѣющаго эллиптическую форму, причемъ большая полуось эллипса располагается по направленію движенія метеора, въ знакъ того, что камни падаютъ постепенно по мѣрѣ передвиженія метеора впередъ. При этомъ, кромѣ того, интересно еще то обстоятельство, что небольшіе камни падаютъ сначала, а болѣе значительные потомъ, и это особенно хорошо обнаружилось во время каменнаго дождя 1 мая 1860 года въ Нью-Конкордѣ (въ Охіо). Подобныя же наблюденія были сдѣланы 30 января 1868 года во время каменнаго дождя въ Пултускѣ (въ Польшѣ), и при этомъ было замѣчено, что упавшіе камни нигдѣ не пробили промерзшаго слоя земли и не проникли въ этотъ слой на болѣе или менѣе значительную глубину. Это несомнѣннымъ образомъ доказываетъ, что метеоры теряютъ свою космическую скорость въ высшихъ слояхъ нашей атмосферы, и что отдѣль-

ные куски долетаютъ до земли со скоростью, вполнѣ опредѣляемою закономъ свободнаго паденія тѣлъ подъ дѣйствіемъ силы тяжести. Впервые обратилъ вниманіе на это замѣчательное обстоятельство Хайдингеръ, по поводу паденія метеорита въ Грашинѣ; затѣмъ, во время многочисленныхъ паденій аэролитовъ, оно нашло себѣ подтвержденіе въ томъ, что упавшія массы крайне рѣдко проникали глубоко въ почву. Къ вышеуказаннымъ аргументамъ можно было бы прибавить еще одинъ, состоящій въ томъ, что метеорныя массы при паденіи на землю должны были бы разлетаться на куски гораздо чаще, чѣмъ это наблюдается въ дѣйствительности, если бы онѣ достигали земли съ планетною скоростью. Хайдингеръ полагаетъ, что метеориты теряютъ свою космическую скорость въ той точкѣ, съ которой до насъ доносится главный шумъ, и сообразно съ этимъ онъ эту точку называетъ точкой остановки; начиная съ этого пункта, отдѣльные куски, по его мнѣнію, падаютъ на землю по вертикальному направленію, подчиняясь обыкновеннымъ законамъ паденія тѣлъ. Это обстоятельство вполнѣ подтвердилось во время каменнаго дождя въ Пултускѣ. Въ новѣйшее время Скіапарелли пришелъ къ тому же заключенію на основаніи теоретическихъ соображеній, причемъ онъ доказалъ, что метеоръ испытываетъ огромную потерю скорости уже въ высшихъ, необыкновенно разрѣженныхъ слояхъ нашей атмосферы, и что на весьма значительныхъ высотахъ его космическая скорость почти совершенно уничтожается. Къ тому же самому результату одновременно съ Скіапарелли пришелъ также и Вейсъ; послѣдній, кромѣ того, обратилъ вниманіе на то обстоятельство, что у метеоровъ, двигающихся быстрѣе, потеря скорости происходитъ гораздо скорѣе и на болѣе значительныхъ высотахъ, чѣмъ у тѣхъ, которые совершаютъ движеніе болѣе медленно. Но такъ какъ живая сила движенія не уничтожается, а лишь превращается въ свѣтъ и теплоту, то не только становится понятнымъ, почему свѣтовыя явленія въ огненныхъ шарахъ и падающихъ звѣздахъ развиваются главнымъ образомъ въ высшихъ областяхъ нашей атмосферы, но вмѣстѣ съ тѣмъ находитъ себѣ простое объясненіе загадочное ранѣе явленіе, а именно, что согласно съ вычисленіями яркіе метеоры обыкновенно оказываются болѣе удаленными отъ земли, чѣмъ слабые.

При шумѣ иногда дѣйствительно происходитъ разрывъ метеорной массы на части, какъ это неопровержимымъ образомъ вытекаетъ изъ того, что при паденіи камня въ Квенгукѣ два куска, найденные на разстояніи 1500 метровъ одинъ отъ другого, вполнѣ дополняли другъ друга, и кромѣ того на поверхности излома были замѣтны лишь незначительные слѣды коры. То же самое имѣло мѣсто при паденіи камня 12 мая 1861 года въ Бутсурѣ (въ Остъ-Индіи), причемъ въ этомъ случаѣ даже три куска, взаимныя разстоянія между которыми достигали 3 или 4 километровъ, будучи сложены вмѣстѣ, составили одно цѣлое. Но было бы большой ошибкой выводить отсюда заключеніе, что всѣ куски, падающіе во время значительнаго каменнаго дождя, представляютъ лишь осколки одного тѣла, проникшаго въ нашу атмосферу; наоборотъ, по формѣ камней и по характеру коры слѣдуетъ заключить, что въ такихъ случаяхъ влетаетъ въ нашу атмосферу цѣлый рой метеоритовъ. Это заключеніе подтверждается единственнымъ въ своемъ родѣ наблюденіемъ Шмидта въ Аѳинахъ. Это наблюденіе было сдѣлано 19 октября 1863 года и относится къ яркому болиду, который отличался чрезвычайно медленнымъ движеніемъ и необыкновенно большой продолжительностью полета, равною 21 секундѣ, такъ что Шмидтъ имѣлъ время направить на него кометоискатель и слѣдить за нимъ въ трубу еще въ теченіе цѣлыхъ 14 секундъ. При разсматриваніи въ телескопъ, онъ представлялся состоящимъ изъ двухъ яркихъ метеоровъ, имѣвшихъ форму капель; оба эти метеора были зеленаго цвѣта, и сзади нихъ тянулись въ видѣ хвоста двѣ рѣзко ограниченныя, огненно-красныя, параллельныя между собою прямыя линіи, разстояніе между которыми составляло 7′. Наибольшій изъ этихъ метеоровъ находился къ югу и шелъ впереди; на нѣсколько дуговыхъ минутъ дальше за нимъ слѣдовалъ меньшій, лежавшій вмѣстѣ съ тѣмъ

къ сѣверу. Затѣмъ за этими метеорами слѣдовалъ цѣлый рой яркозеленыхъ осколковъ весьма различной величины, изъ которыхъ каждый обладалъ хвостомъ, имѣвшимъ видъ огненнокрасной прямой линіи. Всѣ эти линіи были параллельны между собою. Въ каждомъ отдѣльномъ метеорѣ изумрудозеленый цвѣтъ ядра переходилъ черезъ яркожелтый оттѣнокъ въ огненнокрасный цвѣтъ хвоста. Діаметръ наибольшаго ядра Шмидтъ, принявъ во вниманіе иррадіацію (часть I, § 112), оцѣнилъ въ 25″ или 30″, и онъ склоненъ думать, что этотъ результатъ скорѣе великъ, чѣмъ малъ.

Это интересное наблюденіе пролило свѣтъ также и на другіе вопросы, которые уже неоднократно приводили къ противорѣчіямъ. При наблюденіи невооруженнымъ глазомъ весьма яркіе метеоры иногда по своимъ видимымъ размѣрамъ представляются равными лунѣ, и точно также Шмидтъ въ случаѣ только-что упомянутаго метеора еще задолго до того момента, когда онъ достигъ своего наибольшаго блеска, невооруженнымъ глазомъ оцѣнилъ его діаметръ по крайней мѣрѣ въ 10′ или 15′. Исходя изъ этой величины видимаго діаметра и имѣя въ виду то разстояніе, которое отдѣляло въ этотъ моментъ метеоръ отъ земли, мы получаемъ для истиннаго діаметра колоссальное число, а именно нѣсколько тысячъ метровъ. Сравнивая же съ этимъ числомъ размѣры упавшихъ на землю массъ, мы убѣждаемся, что эти размѣры совершенно не соотвѣтствуютъ видимой величинѣ метеоровъ. Наблюденіе Шмидта весьма простымъ путемъ разрѣшаетъ это противорѣчіе, такъ какъ оно показываетъ, что при оцѣнкѣ величины метеора невооруженнымъ глазомъ мы дѣлаемъ двойную ошибку, а именно: мы не только отдѣльные, раздѣленные другъ отъ друга большими промежутками осколки метеора принимаемъ за одинъ большой метеоръ, но кромѣ того еще вслѣдствіе иррадіаціи всѣ размѣры преувеличиваемъ въ нѣсколько разъ.

Извѣстія о паденіи аэролитовъ восходятъ до глубокой древности, когда подобныя явленія легко могли быть поставлены въ связь съ религіозными воззрѣніями древнѣйшихъ культурныхъ народовъ. Искони вѣковъ существовало на востокѣ почитаніе огня и олицетвореніе этой могущественной силы природы въ свѣтилахъ, которыя считались огненными массами, и въ которыхъ, по мнѣнію древнихъ, жили могучіе духи. Но такъ какъ въ то время о разстояніяхъ и о размѣрахъ свѣтилъ не имѣли никакого понятія, то мысль, что они могутъ падать съ небеснаго свода на землю, не представляла для древнихъ ничего нелѣпаго, и потому они безъ всякаго сомнѣнія принимали огненные шары (болиды) за тѣ же звѣзды и полагали, что достигшіе земли раскаленные камни, которые иногда находили въ томъ мѣстѣ, гдѣ болидъ разорвался на части, суть дѣйствительно упавшія съ неба звѣзды, но онѣ и въ этомъ состояніи, по понятіямъ древнихъ, были одухотворены такъ же, какъ и раньше. Поэтому ихъ называли также бэтиліями, т.-е. одухотворенными камнями, и болѣе значительнымъ изъ нихъ, въ которыхъ, по вѣрованіямъ древнихъ, жили и болѣе могучіе духи, оказывали почести въ храмахъ, какъ святынямъ. Извѣстнѣйшій изъ камней этого рода это—Ancile *) римлянъ, который упалъ съ неба во времена Нумы Помпилія и о которомъ въ Сибиллиныхъ книгахъ сказано, что его потеря будетъ служить предсказаніемъ гибели Рима; далѣе, къ числу подобныхъ же камней относится черный камень Каабы въ Меккѣ и др.

Въ Малой Азіи и въ Греціи свѣтовыя и звуковыя явленія, сопровождавшія паденія камней съ неба, смѣшивали съ молніей и громомъ и полагали, что во время грозы боги посылаютъ людямъ на землю символы грома и молніи въ видѣ камней, вслѣдствіе чего эти послѣдніе назывались также керауніей или бронціей, т.-е. громовыми камнями, и ихъ искали послѣ каждаго удара молніи. Впрочемъ въ народѣ вѣрованіе въ громовые камни окончательно не исчезло еще и до сихъ поръ.

---

*) Латинское слово ancile по-русски означаетъ щитъ. *Переводчикъ.*

Въ Аравіи изъ метеорнаго желѣза приготовлялись клинки для мечей, которые цѣнились очень высоко вслѣдствіе приписываемыхъ имъ чудесныхъ свойствъ. Между прочимъ существовало повѣріе, что обладатель такого меча дѣлается неуязвимымъ и будетъ всегда одерживать побѣды надъ противниками. Въ центральной Азіи, еще до начала новѣйшихъ временъ, былъ распространенъ обычай употреблять метеорное желѣзо, чистое или въ соединеніи съ желѣзомъ земного происхожденія, для выковки оружія. Такъ, монгольскій императоръ Дшехангиръ изъ метеорнаго желѣза, упавшаго 17 апрѣля 1621 года въ Лагорѣ въ Индіи, велѣлъ приготовить себѣ двѣ сабли, одинъ кинжалъ и одинъ ножъ. Въ наше время полярный путешественникъ Россъ нашелъ у эксимосовъ Баффинова залива въ употребленіи ножи и топоры изъ метеорнаго желѣза.

Однако не только въ южныхъ, но также и въ сѣверныхъ странахъ уже въ глубокой древности паденіе камней съ неба признавалось неопровержимымъ фактомъ, и исторіографы упоминаютъ многочисленные примѣры этого явленія. Но на сѣверѣ весьма быстро исчезло то дружелюбное отношеніе къ этому явленію природы, которое явно обнаруживалось на востокѣ; ужасъ, который должно было вызывать столь необыкновенное явленіе, вскорѣ настолько выступилъ на передній планъ, что на паденіе камней стали смотрѣть не какъ на знакъ расположенія боговъ, а скорѣе какъ на доказательство ихъ гнѣва. Такъ, уже Ливій, а еще болѣе Тацитъ какъ о предзнаменованіяхъ несчастія почти всегда упоминали о каменныхъ дождяхъ, и въ наступившую затѣмъ эпоху переселенія народовъ не могло искорениться разъ установившееся мрачное воззрѣніе на это явленіе. Когда затѣмъ въ концѣ среднихъ вѣковъ турки стали всюду внушать къ себѣ страхъ, паденіями камней съ неба пользовались для того, чтобы воспламенить христіанъ къ борьбѣ противъ ихъ природнаго врага. Такой случай былъ, напр., въ 1492 году, когда 7 ноября въ полдень въ Энсисхеймѣ (въ Верхнемъ Эльзасѣ) упалъ съ неба камень вѣсомъ приблизительно въ 150 килограммовъ; отъ этого камня благодаря заботамъ императора Максимиліана I сохранились отдѣльные куски еще и до настоящаго времени, и это есть вообще древнѣйшее изъ исторически достовѣрныхъ паденій камней.

Но, несмотря на столь многочисленныя сообщенія о паденіи камней, среди физиковъ въ теченіе XVIII столѣтія все болѣе и болѣе распространялось мнѣніе, что всѣ подобные отчеты суть не болѣе, какъ плодъ болѣзненной фантазіи, и что поводомъ къ этимъ отчетамъ не могли служить истинныя происшествія, такъ какъ паденіе камней изъ воздуха противорѣчитъ извѣстнымъ законамъ природы. Дѣйствительно, искаженія и преувеличенія, встрѣчающіяся въ бо́льшей части отчетовъ очевидцевъ, которые, придя въ сильное замѣшательство вслѣдствіе испытаннаго страха, часто описывали не то, что видѣли на самомъ дѣлѣ, подали первый поводъ къ признанію этого явленія ложнымъ; однако при этомъ выказали совершенно непонятное упорство тѣ лица, которыя, въ угоду предвзятому мнѣнію, признавали за ложные отчеты и за обманъ чувствъ всѣ, даже самыя достовѣрныя свидѣтельства, не удостоивъ ихъ провѣрки, какъ это было, напримѣръ, въ томъ случаѣ, когда епископская консисторія въ Аграмѣ должна была принять документъ о паденіи двухъ кусковъ метеорнаго желѣза въ Грашинѣ 26 мая 1751 года въ 6 часовъ вечера. * Одинъ изъ этихъ кусковъ изображенъ на таблицѣ, приложенной къ стр. 546. * Кстати замѣтимъ, что это было первое паденіе аэролита, удостовѣренное документомъ. Точно также еще и въ 1790 году находили весьма смѣшнымъ составленіе протоколовъ по поводу такихъ нелѣпостей: именно, когда муниципалитетъ города Жульяка въ Гаскони переслалъ въ Парижскую Академію подписанный болѣе чѣмъ 300 свидѣтелей документъ о паденіи камня, которое произошло въ этомъ мѣстѣ 24 іюля въ 9 часовъ вечера, то Бертолонъ выразилъ сожалѣніе, что общество въ Жулякѣ имѣло такого глупаго мэра, который вѣритъ подобнымъ сказкамъ.

При такихъ условіяхъ слѣдуетъ весьма высоко цѣнить услугу, которую оказалъ

наукѣ Хладни: когда въ 1794 году Палласъ нашелъ въ Красноярскѣ (въ Сибири) большой кусокъ чистаго желѣза, который казаки считали за святыню, упавшую съ неба, то Хладни въ своемъ сочиненіи: «О происхожденіи куска желѣза, открытаго Палласомъ, и о нѣкоторыхъ, находящихся въ связи съ этимъ явленіяхъ природы» мужественно выступилъ съ защитой мнѣнія, что аэролиты дѣйствительно падаютъ съ неба. Въ этомъ сочиненіи, составляющемъ эпоху въ развитіи нашихъ знаній о метеорахъ, онъ не только устанавливаетъ тотъ взглядъ, что паденіе камней въ дѣйствительности происходило довольно часто, но также доказываетъ, что камни, упавшіе на землю, могутъ быть только космическаго происхожденія, т.-е. что это, такъ сказать, пришельцы изъ междупланетнаго пространства, которые раньше не имѣли никакого отношенія къ землѣ и къ ея атмосферѣ. Это послѣднее положеніе онъ еще болѣе развиваетъ въ своихъ позднѣйшихъ работахъ, гдѣ онъ говоритъ, что метеоры должны представлять массы первичной матеріи, и что до своего паденія на землю они не принадлежали никакому небесному тѣлу и, повидимому, обладали свойствами кометъ. Послѣ того какъ 16 іюня 1794 года упалъ камень въ Сіенѣ, а въ слѣдующемъ году въ Волдкотеджѣ (въ Іоркширѣ), нѣмцы и англичане быстро другъ за другомъ перешли на сторону Хладни. Во Франціи и Швейцаріи, напротивъ того, еще долгое время господствовало недовѣріе къ этимъ явленіямъ, пока наконецъ не сдѣлался общеизвѣстнымъ отчетъ о паденіи камня въ Эглѣ (16 апрѣля 1803 года), составленный астрономомъ Біо, котораго Парижская Академія, правда послѣ двухмѣсячнаго промедленія, послала на мѣсто для обстоятельнаго изслѣдованія. Но изъ старыхъ паденій камней лучше всего было изслѣдовано то, которое имѣло мѣсто нѣсколько лѣтъ спустя (22 мая 1808 г.) въ Станнернѣ въ Моравіи, такъ какъ тотчасъ послѣ полученія перваго извѣстія объ этомъ паденіи были посланы туда Шрейберсъ, состоявшій въ то время предсѣдателемъ королевскаго минералогическаго кабинета, и его другъ Видманштеттенъ, съ цѣлью подробнаго изслѣдованія всѣхъ обстоятельствъ, сопровождавшихъ это явленіе.

§ 168. **Высота, на которой появляются метеоры, масса метеоровъ и періодическія измѣненія въ числѣ наблюдаемыхъ метеоровъ.** Первыя опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, были сдѣланы уже Монтанари и извѣстнымъ пасторомъ Дёрфелемъ. Первый изъ нихъ для начальной высоты огненнаго шара, видѣннаго въ Болоньѣ 31 марта 1676 г., нашелъ 40 итальянскихъ миль, и на основаніи такой большой высоты сдѣлалъ заключеніе о его космическомъ происхожденіи. Послѣдній вычислилъ высоту огненнаго шара, пролетѣвшаго надъ Германіей 12 августа 1683 (по стар. стилю), въ 39 миль; но онъ не дѣлаетъ никакой гипотезы о происхожденіи метеора, а пишетъ только слѣдующее: «Я предоставляю физикамъ вывести наиболѣе естественное заключеніе о томъ, какимъ образомъ возгорается такое тѣло на высотѣ приблизительно отъ 30 до 40 миль, т.-е. далеко за предѣлами правильныхъ воздушныхъ теченій». Но какъ на эти, такъ и на нѣкоторыя другія позднѣйшія и во всякомъ случаѣ немногочисленныя опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, не было обращено надлежащаго вниманія, пока Брандесъ и Бенценбергъ, во время своего пребыванія въ гёттингенскомъ университетѣ, не сдѣлали попытки систематическаго измѣренія высоты появленія и исчезновенія падающихъ звѣздъ, и до тѣхъ поръ о средней высотѣ метеоровъ можно было сказать только одно, а именно, что она очень значительна, такъ какъ падающія звѣзды лицамъ, наблюдавшимъ съ высокихъ горъ, напр., Соссюру на Монбланѣ и Гумбольдту на Чимборассо, казались столь же отдаленными, какъ и въ томъ случаѣ, когда наблюденія производились въ долинѣ. Въ 1798 году Брандесъ и Бенценбергъ съ цѣлью опредѣленія высоты, на которой появляются метеоры, расположились въ двухъ мѣстечкахъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 8 километровъ, и на обоихъ пунктахъ наблюдали падающія звѣзды, отмѣчая время, когда, и мѣсто на небѣ, гдѣ онѣ появлялись и исчезали, и кромѣ того ихъ яркость и нѣкоторыя особенности ихъ движенія. При слѣдующемъ свиданіи они сравнили моменты,

въ которые каждый изъ нихъ видѣлъ падающія звѣзды, и на основаніи этого сравненія выбрали такія наблюденія, которыя, благодаря одинаковымъ моментамъ и благодаря сходству другихъ отмѣченныхъ обстоятельствъ могли соотвѣтствовать одному и тому же метеору. Послѣ этого, пользуясь тѣмъ, что падающія звѣзды съ обоихъ пунктовъ были видны въ различныхъ мѣстахъ небесной сферы, можно было опредѣлить ихъ параллаксъ и вмѣстѣ съ тѣмъ разстояніе, отдѣлявшее ихъ отъ земли, или, иначе говоря, ихъ высоту надъ поверхностью земли.

Брандесъ и Бенценбергъ выбрали такой короткій базисъ потому, что они считали падающія звѣзды за особаго рода зарницу, которая появлялась, по ихъ мнѣнію, приблизительно на разстояніи 10—15 километровъ отъ земной поверхности. Между тѣмъ первыя же сдѣланныя ими наблюденія доказали, что ихъ мнѣніе было ошибочно, такъ какъ падающія звѣзды въ большинствѣ случаевъ появлялись и исчезали на высотѣ, превосходившей 70 километровъ и иногда даже достигавшей 150 километровъ. Для точнаго опредѣленія такихъ большихъ высотъ выбранный базисъ былъ слишкомъ коротокъ, такъ какъ именно при такого рода наблюденіяхъ неизбѣжныя случайныя ошибки бываютъ весьма значительны, и потому при небольшихъ параллаксахъ онѣ оказываютъ настолько вредное вліяніе на результаты, что лишаютъ ихъ всякаго довѣрія. Вслѣдствіе этого они при дальнѣйшихъ наблюденіяхъ выбрали болѣе длинные базисы, и эти наблюденія не только подтвердили тотъ фактъ, что метеоры загораются и исчезаютъ на громадной высотѣ, но кромѣ того указали на существованіе довольно большого числа падающихъ звѣздъ, которыя при своемъ движеніи удаляются отъ земной поверхности *). Этотъ результатъ представляется совершенно необъяснимымъ, если допустимъ, что падающія звѣзды проникаютъ въ атмосферу извнѣ; а между тѣмъ, напр., существованіе періодическихъ метеорныхъ потоковъ (§ 169) приводитъ астрономовъ именно къ этому послѣднему заключенію. Такъ обстояло дѣло, когда Бессель въ 1839 году занялся изученіемъ этого предмета и, пользуясь болѣе точными методами вычисленія, пропзвелъ болѣе подробныя изслѣдованія относительно вліянія ошибокъ наблюденій на результаты. При этомъ онъ доказалъ, что выводы Брандеса и Бенценберга относительно огромной высоты, на которой появляются метеоры, слѣдуетъ считать неоспоримыми, но тѣмъ не менѣе ихъ наблюденія, по его мнѣнію, не были достаточно точны для того, чтобы не подвергать никакому сомнѣнію существованіе метеоровъ, удаляющихся отъ земли. Это, конечно, былъ большой шагъ впередъ, но все же еще не было вполнѣ доказано, что метеоровъ, удаляющихся отъ земной поверхности, не существуетъ.

Правда, производя вычисленія по правиламъ, указаннымъ Бесселемъ, въ каждомъ большомъ рядѣ наблюденій можно получить нѣсколько метеоровъ, удаляющихся отъ земли; но такіе метеоры поднимаются вверхъ, обыкновенно на столь незначительномъ протяженіи, что это вполнѣ можетъ быть объяснено ошибками наблюденій, и, принимая во вниманіе эти ошибки, легко можно метеоры, удаляющіеся отъ земли, превратить въ метеоры, падающіе на землю; однако все же недоставало прямого доказательства, что во всѣхъ подобныхъ случаяхъ, имѣли мѣсто значительныя ошибки наблюденій. Необходимыя дополненія къ изслѣдованіямъ Бесселя были опубликованы только въ 1868 году Э. Вейсомъ, который показалъ, что во всѣхъ случаяхъ, когда метеоръ, согласно съ вычисленіями, поднимался по направленію вверхъ отъ поверхности земли, въ дѣйствительности были сдѣланы грубыя ошибки въ наблюденіяхъ, и въ слѣдующемъ году на основаніи большого числа соотвѣтственныхъ наблюденій, предпринятыхъ по иниціативѣ Э. Вейса,

*) Здѣсь рѣчь идетъ о дѣйствительномъ, а не о кажущемся удаленіи метеоровъ отъ земной поверхности. Кажущееся же удаленіе метеоровъ отъ земли имѣетъ мѣсто тогда, когда метеоръ, появившись въ какой-нибудь точкѣ небесной сферы, видимымъ образомъ восходитъ до самаго зенита, что во всякомъ случаѣ бываетъ нерѣдко.

было окончательно подтверждено, что никогда нельзя получить метеора, удаляющагося отъ земли, если пользоваться исключительно наблюденіями, заслуживающими довѣрія, и если при этомъ производить вычисленія по указанному Вейсомъ способу.

Изъ сдѣланнаго Х. А. Ньтономъ сопоставленія всѣхъ (около 260) заслуживающихъ довѣрія опредѣленій высотъ падающихъ звѣздъ на основаніи наблюденій за промежутокъ времени съ 1798 до 1863 года получается для высоты возгоранія метеоровъ въ среднемъ 118 километровъ, а для высоты потуханія 82. Но эти числа, само собою разумѣется, подвержены весьма значительнымъ колебаніямъ, такъ какъ при этомъ кромѣ величины и формы метеоровъ большую роль играютъ также ихъ химическія свойства, скорость и направленіе ихъ движенія при влетаніи въ нашу атмосферу и т. д. Болѣе согласные между собою результаты получаются въ томъ случаѣ, если вычисляемыя высоты метеоровъ распредѣлить по группамъ, соединяя въ одну группу метеоры одной и той-же скорости и одинаковаго химическаго строенія. Такимъ образомъ поступилъ Э. Вейсъ относительно метеорнаго потока св. Лаврентія, о которомъ рѣчь будетъ впереди, и при этомъ онъ нашелъ, что средняя высота появленія и исчезновенія метеоровъ въ этомъ случаѣ составляетъ соотвѣтственно 117 и 80 километровъ, и ни одинъ метеоръ этого потока не возгарался на высотѣ, превосходящей 180 километровъ. Подобнымъ же образомъ Х. А. Ньютонъ изъ многочисленныхъ американскихъ наблюденій, произведенныхъ 13 ноября 1863 года и относящихся къ періодическому потоку Леонидовъ, нашелъ для средней высоты возгоранія и потуханія метеоровъ соотвѣтственно 155 и 98 километровъ.

А. Гершель слѣдующимъ остроумнымъ способомъ пытался опредѣлить массу метеоровъ по свѣту, который они развиваютъ при горѣніи. Если намъ извѣстны разстояніе метеора отъ земли и его видимая яркость, то мы интенсивность его свѣта можемъ численно сравнить съ интенсивностью свѣта, развиваемаго извѣстнымъ количествомъ свѣтящагося газа. Если далѣе мы допустимъ, что какъ въ случаѣ газа, такъ и въ случаѣ метеоровъ количество свѣта, развиваемаго при горѣніи, пропорціонально количеству получающейся при этомъ теплоты, то мы легко можемъ вычислить количество теплоты, развивающейся при горѣніи метеора, а механическій эквивалентъ этого количества теплоты представляетъ собою живую силу, которою обладалъ метеоръ. Если же кромѣ того извѣстна скорость движенія метеора, то отсюда мы можемъ сдѣлать заключеніе и о его массѣ.

А. Гершель произвелъ эти вычисленія относительно нѣкоторыхъ метеоровъ, которые наблюдались одновременно въ различныхъ мѣстахъ Англіи 9 и 10 августа 1863 года. При этомъ онъ получилъ слѣдующіе результаты:

Звѣзда, съ которой метеоръ былъ сравнимъ по яркости	Число наблюденныхъ метеоровъ	Средній вѣсъ въ граммахъ
Венера . . .	2	1953
Юпитеръ . .	2	2996
Сиріусъ . . .	7	358
Вега . . .	1	29
Атаиръ . . .	3	10
Марсикъ (α Persei) . . .	4	6
Коръ-Кароли (α Canum Ven.).	1	6

Такъ какъ въ этой табличкѣ приведены метеоры, которые по блеску были сравнимы съ наиболѣе яркими небесными свѣтилами, то вѣсъ менѣе яркихъ метеоровъ, очевидно, долженъ составлять лишь незначительную долю грамма. И дѣйствительно, для пяти метеоровъ, наблюдавшихся 12 ноября 1865 года, А. Гершель нашелъ средній вѣсъ равнымъ всего только 0,36 грамма. Очевидно, что такія крошечныя тѣльца при сильномъ нагрѣваніи въ нашей атмосферѣ совершенно уничтожаются или, вѣрнѣе говоря, обращаются въ паръ, и это обстоятельство подтверждается тѣмъ, что до сихъ поръ, по крайней мѣрѣ съ достовѣрностью, еще ни разу не было найдено остатковъ падающихъ звѣздъ. Наконецъ, Кон-

колп и А. Гершель, изслѣдуя метеоры при помощи спектроскопа, нашли, что ядро обыкновенно даетъ сплошной снектръ и, слѣдовательно, представляетъ собою раскаленную твердую массу; спектръ же хвоста состоитъ изъ свѣтлыхъ линій и, слѣдовательно, имѣетъ характеръ спектра раскаленныхъ газовъ, и въ этомъ спектрѣ почти всегда можно замѣтить линіи натрія, а иногда, именно въ случаѣ окрашенныхъ метеоровъ, бываютъ видны также линіи другихъ элементовъ, напр., магнія, литія и т. д. и даже линіи углеводородныхъ соединеній.

Число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе нѣкотораго опредѣленнаго промежутка времени, зависитъ отъ весьма многихъ, отчасти случайныхъ обстоятельствъ, между которыми немаловажную роль играетъ индивидуальность наблюдателя, и потому мы не должны удивляться, если среднее число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, различными наблюдателями оцѣнивается весьма различнымъ образомъ, именно въ предѣлахъ отъ 6 (Кувье-Гравье) до 30 (Геррикъ). Впрочемъ, оставляя въ сторонѣ необыкновенно обильные звѣздные дожди, мы все же приходимъ къ заключенію, что число наблюдаемыхъ метеоровъ въ различные дни одного и того-же года, а также въ одни и тѣ-же дни различныхъ годовъ подвержены весьма значительнымъ колебаніямъ. Что же касается всѣхъ наблюдателей, которые болѣе подробно занимались падающими звѣздами, какъ, напр.: Брандесъ, Геррикъ, Вольфъ, Кувье-Гравье, Хейсъ, Шмидтъ и др., то всѣ они замѣтили, что число падающихъ звѣздъ, начиная съ первыхъ вечернихъ часовъ, непрерывно увеличивается по мѣрѣ наступленія утра, и утромъ, напр., въ теченіе одного часа наблюдается въ три раза больше метеоровъ, чѣмъ вечеромъ въ теченіе того-же самаго промежутка времени. Наиболѣе точныя изслѣдованія въ этомъ отношеніи были произведены Шмидтомъ, и въ нижеслѣдующей табличкѣ даны полученныя имъ средпія числа метеоровъ, наблюдаемыхъ въ различные часы дня въ теченіе одного часа, причемъ при выводѣ этихъ результатовъ онъ основывался на 35-лѣтнемъ рядѣ своихъ наблюденій (1842—1876) и при вычисленіи принялъ во вниманіе 7000 наблюденныхъ метеоровъ. Въ этой табличкѣ принятъ астрономическій счетъ часовъ, такъ что вмѣсто 1 часа ночи стоитъ 13 часовъ и т. д.

Число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа.

Часы	Число мет.	Часы	Число мет.
$6^1/_2$— $7^1/_2$	4,6	$11^1/_2$—$12^1/_2$	11,5
$7^1/_2$— $8^1/_2$	5,6	$12^1/_2$—$13^1/_2$	13,1
$8^1/_2$— $9^1/_2$	6,8	$13^1/_2$—$14^1/_2$	14,4
$9^1/_2$—$10^1/_2$	8,2	$14^1/_2$—$15^1/_2$	15,0
$10^1/_2$—$11^1/_2$	9,8	$15^1/_2$—$16^1/_2$	14,8

Среднее изъ всѣхъ этихъ чиселъ есть 10. Это значитъ, что въ среднемъ въ теченіе одного часа опытный наблюдатель можетъ видѣть десять метеоровъ. Но такъ какъ одинъ наблюдатель рѣдко можетъ сразу обозрѣть болѣе трети или даже четверти всего неба, то можно принять, что въ каждомъ данномъ мѣстѣ въ теченіе часа пролетаетъ отъ 30 до 40 метеоровъ. При помощи длинной цѣпи остроумныхъ заключеній, излагать которыя было бы неумѣстно въ этой книгѣ, Х. А. Ньютонъ нашелъ, что число метеоровъ, видимыхъ со всей земной поверхности въ 10460 разъ превосходитъ число метеоровъ, видимыхъ въ нѣкоторомъ опредѣленномъ мѣстѣ. Слѣдовательно, въ теченіе часа влетаетъ въ нашу атмосферу отъ 314000 до 418000, а въ теченіе сутокъ — отъ $7^1/_2$ до 10 милліоновъ метеоровъ! При этомъ вычисленіи, конечно, были приняты во вниманіе только метеоры, видимые невооруженнымъ глазомъ; если бы мы захотѣли сосчитать также и телескопическіе метеоры, то мы должны были бы удвоить или даже утроить это, и безъ того до невѣроятности огромное число.

Согласно съ вышеприведенной табличкой наибольшее число метеоровъ наблюдается

около 15 часовъ, т. е. около трехъ часовъ утра, и это число приблизительно въ 3 или 4 раза болѣе числа метеоровъ, наблюдаемыхъ въ первые вечерніе часы.

Кромѣ того, еще въ 1823 году Брандесъ замѣтилъ, что осенью наблюдается большее число метеоровъ, чѣмъ весной. Это измѣненіе числа наблюдаемыхъ метеоровъ съ временами года, подмѣченное астрономомъ Біо на основаніи китайскихъ наблюденій, впослѣдствіи было подтверждено Кувье-Гравье, Вольфомъ, Шмидтомъ и другими. На основаніи изслѣдованій Шмидта составлена приведенная ниже табличка.

Среднее число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа.

Мѣсяцъ.	Число мет.	Мѣсяцъ.	Число мет.
Январь	8,62	Іюль	11,13
Февраль	5,62	Августъ	20,65
Мартъ	6,47	Сентябрь	9,81
Апрѣль	6,40	Октябрь	14,15
Май	6,05	Ноябрь	13,29
Іюнь	6,12	Декабрь	12,16

Такимъ образомъ, февраль есть мѣсяцъ, наиболѣе бѣдный падающими звѣздами; вообще же, въ первой половинѣ года число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, для каждаго мѣсяца остается почти одинаковымъ и въ среднемъ составляетъ немного болѣе 6. Только въ концѣ іюля замѣчается быстрое увеличеніе числа падающихъ звѣздъ, и за исключеніемъ сентября мѣсяца, которому соотвѣтствуетъ вторичный, ясно выраженный минимумъ, для всей второй половины года число метеоровъ, видимыхъ въ теченіе одного часа, остается гораздо болѣе значительнымъ, чѣмъ для первой половины.

Средняя яркость метеоровъ, по изслѣдованіямъ Шмидта, въ теченіе цѣлаго года остается приблизительно одинаковой; точно также и въ теченіе ночи она значительно не мѣняется, и только въ утренніе часы, повидимому, наблюдаются вообще нѣсколько болѣе яркіе метеоры, чѣмъ вечеромъ.

Кромѣ часовыхъ и годичныхъ измѣненій въ числѣ метеоровъ, еще въ 1823 году Брандесъ подмѣтилъ весьма различное распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ точкѣ ихъ возгаранія; но особенно точно этотъ вопросъ былъ изслѣдованъ Шмидтомъ и Кувье-Гравье. Послѣдній на основаніи трехлѣтнихъ наблюденій (1840 — 1842), охватывающихъ круглымъ числомъ 4400 метеоровъ, нашелъ слѣдующее распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ точкѣ ихъ возгаранія.

Направленіе.	Число мет.	Направленіе.	Число мет.
$N-NE$	16,1%	$S-SW$	9,3%
$NE-E$	17,0%	$SW-W$	5,5%
$E-SE$	19,6%	$W-NW$	6,0%
$SE-S$	16,9%	$NW-N$	9,7%

Впрочемъ распредѣленіе путей метеоровъ по азимутамъ зависитъ также и отъ часовъ наблюденія. Такъ, метеоры, летящіе съ сѣвера, гораздо чаще встрѣчаются въ полночь, чѣмъ подъ утро; съ востока приносится больше всего метеоровъ утромъ, съ запада — вечеромъ, съ юга — опять утромъ.

Неравномѣрное распредѣленіе путей метеоровъ по отношенію къ главнымъ точкамъ горизонта и суточное измѣненіе въ числѣ метеоровъ, вслѣдствіе ихъ очевидной зависимости отъ мѣста наблюденія, долгое время приводили въ смущеніе приверженцевъ космическаго происхожденія падающихъ звѣздъ. Впрочемъ еще Брандесъ въ 1825 году истинную причину этого замѣчательнаго и, по первому впечатлѣнію, въ высшей степени загадочнаго явленія видѣлъ въ совмѣстномъ вліяніи движенія земли и движенія метеоровъ.

Въ 1838 году Геррикъ объяснялъ это явленіе совершенно подобнымъ же образомъ. Но съ теченіемъ времени это объясненіе страннымъ образомъ было забыто, такъ что въ 1857 году Бомпасъ снова открылъ причину интересующаго насъ явленія. Но наиболѣе полное, освѣщающее мельчайшія подробности объясненіе этого явленія было дано итальянскимъ астрономомъ Скіапарелли.

На основаніи наблюденій, оставляя въ сторонѣ особенные случаи въ родѣ метеорныхъ дождей, вообще мы приходимъ къ заключенію, что падающія звѣзды одинаково часто появляются во всѣхъ частяхъ неба. Вообразимъ же, что наша земля неподвижно покоится въ серединѣ этого облака метеоровъ; въ такомъ случаѣ эти послѣдніе встрѣчали бы земную поверхность равномѣрно со всѣхъ сторонъ. То же самое должно имѣть мѣсто и въ случаѣ вращенія земли около оси. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ не должно быть никакого измѣненія числа метеоровъ съ часами дня. Напротивъ того, если мы допустимъ, что земля совершаетъ въ пространствѣ поступательное движеніе со скоростью, въ сравненіи съ которою скорость метеоровъ является исчезающею, то она будетъ оставлять послѣ себя, такъ сказать, пустоту, подобно пушечному ядру, пролетающему черезъ рой мухъ. Въ такомъ случаѣ всѣ удары должно получать переднее полушаріе, лежащее по направленію движенія земли. При такомъ предположеніи мы можемъ видѣть падающія звѣзды только до тѣхъ поръ, пока та точка небеснаго свода, по направленію къ которой движется земля, находится надъ горизонтомъ; съ заходомъ же этой точки подъ горизонтъ явленіе должно прекратиться. Но между абсолютнымъ покоемъ и этой необыкновенно огромной скоростью земли можно представить себѣ нѣкоторое среднее (дѣйствительное) состояніе ея, при которомъ она движется въ пространствѣ со скоростью, сравнимою со скоростью метеоровъ. Въ такомъ случаѣ и по отношенію къ интересующему насъ явленію должно имѣть мѣсто нѣкоторое среднее состояніе, а именно число метеоровъ будетъ мѣняться съ часами дня и будетъ зависѣть отъ возвышенія надъ горизонтомъ той точки неба, по направленію къ которой движется земля. Скіапарелли называетъ эту точку апексомъ или метеорнымъ солнцемъ. Вслѣдствіе годичнаго движенія земли апексъ совершаетъ полный оборотъ по эклиптикѣ въ теченіе года и притомъ постоянно находится къ западу отъ солнца въ угловомъ разстояніи, которое вслѣдствіе незначительнаго эксцентриситета земной

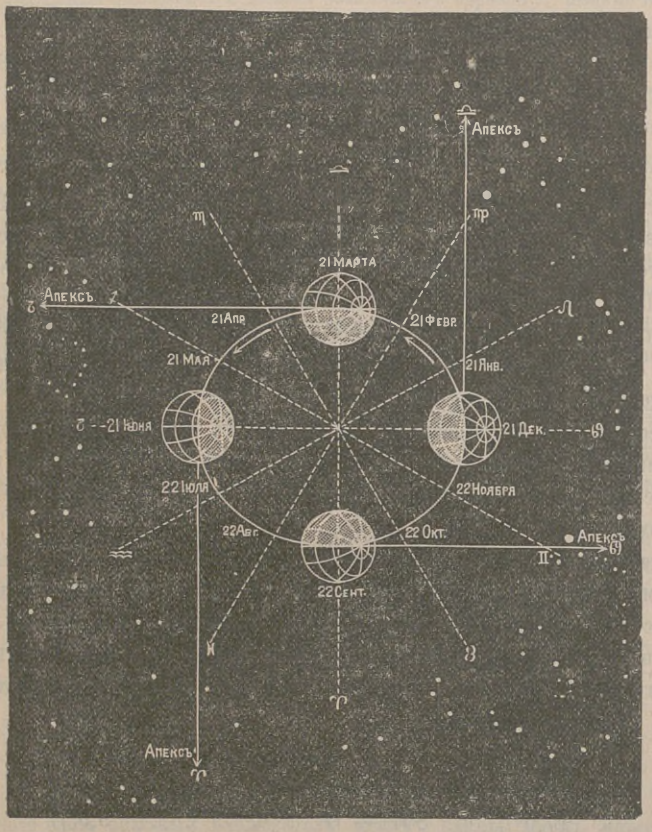


Рис. 213.

орбиты заключается въ предѣлахъ отъ 89° до 91° (рис. 213). Поэтому апексъ въ теченіе цѣлаго года около 6 часовъ утра находится въ верхней кульминаціи, а около 6 часовъ вечера—въ нижней. Вмѣстѣ съ тѣмъ, согласно съ предыдущимъ, наибольшее число метеоровъ должно падать утромъ, а наименьшее—вечеромъ, какъ это и слѣдуетъ изъ наблюденій.

Въ промежутокъ времени отъ 6 часовъ вечера до шести часовъ утра, пока апексъ переходитъ отъ нижней кульминаціи къ верхней, онъ находится постоянно на восточной сторонѣ неба; поэтому подъ утро наибольшее число падающихъ звѣздъ должно прилетать съ востока, а наименьшее — съ запада.

Подобнымъ же образомъ можетъ быть объяснено годичное измѣненіе числа метеоровъ для сѣвернаго полушарія, какъ это впервые показалъ А. Гершель въ 1864 году. Во время весенняго равноденствія эклиптика при заходѣ солнца стоитъ весьма высоко надъ горизонтомъ, апексъ же, наоборотъ, занимаетъ весьма низкое положеніе подъ горизонтомъ. Во время восхода солнца эклиптика весьма незначительно поднимается надъ горизонтомъ, и апексъ кульминируетъ въ наименьшей возможной для него высотѣ. Поэтому весною число наблюдаемыхъ метеоровъ какъ вечеромъ, такъ и утромъ остается ниже средняго. Во время осенняго равноденствія имѣютъ мѣсто прямо противоположныя явленія. При солнечномъ закатѣ апексъ, находящійся въ созвѣздіи Рака, лежитъ не очень низко подъ горизонтомъ; напротивъ того, во время восхода солнца онъ занимаетъ весьма высокое положеніе надъ горизонтомъ. Поэтому, осенью число наблюдаемыхъ метеоровъ выше средняго.

Но все это справедливо только для сѣвернаго полушарія земли. Въ южномъ же полушаріи, какъ нетрудно понять, годичное измѣненіе числа метеоровъ должно имѣть совершенно обратный характеръ, если только выше изложенное объясненіе правильно. Чтобы повѣрить этотъ выводъ, мы можемъ воспользоваться лишь многолѣтними наблюденіями Неймайера, которыя были произведены въ южномъ полушаріи и которыя однако не соотвѣтствуютъ вышеизложенному, такъ какъ согласно съ этими наблюденіями для южнаго полушарія бо́льшее число метеоровъ приходится также на вторую половину года, хотя разница въ числахъ и не такъ велика, какъ для сѣвернаго полушарія. Именно по наблюденіямъ Шмидта для сѣвернаго полушарія для первой половины года (январь — іюнь) среднее число метеоровъ, наблюдаемыхъ въ теченіе одного часа, составляетъ 6,65, а для второй половины (іюль — декабрь) — 13,51. Такимъ образомъ эти числа относятся между собою приблизительно какъ 1 къ 2; числа же, полученныя изъ наблюденій Неймайера, относятся между собою только какъ 1 къ 1,4. Впрочемъ наблюденія Неймайера недостаточно многочисленны для того, чтобы дать это отношеніе съ большою точностью, но во всякомъ случаѣ несомнѣннымъ является тотъ фактъ, что въ южномъ полушаріи первая половина года метеорами не богаче второй. Ниже (§ 171) мы еще вернемся къ этому вопросу; теперь же замѣтимъ, что, оставляя въ сторонѣ только что указанное несогласіе, мы при помощи вышеизложенныхъ разсужденій вообще прекрасно можемъ объяснить до мельчайшихъ подробностей періодическія измѣненія числа наблюдаемыхъ метеоровъ, такъ что эти измѣненія не только не противорѣчатъ космической теоріи происхожденія метеоровъ, но, напротивъ того, самымъ блестящимъ образомъ ее подтверждаютъ. Но этого мало. Изъ вышеизложеннаго ясно, что амплитуда суточнаго измѣненія числа метеоровъ находится въ тѣсной зависимости отъ отношенія скорости движенія земли къ скорости движенія метеоровъ, и что поэтому на основаніи амплитуды суточнаго измѣненія, полученной изъ наблюденій, возможно сдѣлать заключеніе объ отношеніи скоростей движенія земли и метеоровъ. На этотъ путь въ 1865 году вступилъ Х. А. Ньютонъ, а въ слѣдующемъ году Скіапарелли, и такимъ образомъ они положили начало цѣлому ряду изслѣдованій, около которыхъ, какъ около центра тяжести, вращаются всѣ успѣхи метеорной астрономіи. При этомъ оба изслѣдователя пришли къ замѣчательному результату, а именно, что средняя скорость метеоровъ значительно больше скорости земли и приблизительно равна параболи-

ческой скорости, или, другими словами, что метеоры совершаютъ движенія по весьма эксцентрическимъ орбитамъ, близкимъ къ параболамъ. Такимъ образомъ было положено первое основаніе предположенію о тѣсной связи метеоровъ съ кометами, которое было высказано уже Хладни и которое затѣмъ все болѣе и болѣе укрѣплялось въ умахъ астрономовъ. Знаменитый итальянскій астрономъ Скіапарелли дополнилъ этотъ результатъ цѣлымъ рядомъ остроумныхъ соображеній относительно космическаго происхожденія метеоровъ. Но чтобы лучше понять его разсужденія, необходимо прежде всего нѣсколько подробнѣе остановиться на такъ называемыхъ періодическихъ метеорныхъ потокахъ.

§ 169. **Спорадическіе метеоры и періодическіе метеорные потоки.** Если мы станемъ удѣлять больше вниманія наблюденіямъ падающихъ звѣздъ, то мы очень скоро замѣтимъ, что отдѣльныя ночи отличаются особеннымъ богатствомъ метеоровъ. Великолѣпное зрѣлище этого рода наблюдали Гумбольдтъ и Бонпландъ подъ утро 12 ноября 1799 года въ Куманѣ, именно съ $2^1/_2$ часовъ ночи они насчитали нѣсколько тысячъ метеоровъ на восточной части неба, причемъ всѣ они имѣли одинаковое направленіе съ сѣвера на югъ. Когда это явленіе достигло наибольшаго развитія, то все небо почти безпрерывно представлялось сплошь покрытымъ падающими звѣздами; съ дальнѣйшимъ наступленіемъ сумерекъ великолѣпіе этого явленія постепенно уменьшалось, но тѣмъ не менѣе еще черезъ четверть часа послѣ восхода солнца можно было замѣтить нѣкоторые наиболѣе яркіе метеоры. Впрочемъ это явленіе наблюдалось не въ одной только Куманѣ. Гумбольдтъ собралъ всѣ извѣстія объ этомъ метеорномъ дождѣ и убѣдился, что это явленіе наблюдалось во всей Америкѣ, отъ экватора до Нейхерренхута въ Гренландіи; даже въ Германіи въ эту ночь падало съ неба необыкновенно большое число метеоровъ. Такимъ образомъ, вся область, съ которой наблюдалось это явленіе, охватываетъ приблизительно 55 милліоновъ квадратныхъ километровъ. Въ 1823 году подъ утро 13 ноября въ Европѣ снова наблюдалось большое число падающихъ звѣздъ, и то же самое повторилось въ 1832 году въ ту же ночь. Въ слѣдующемъ же году въ ночь съ 12 на 13 ноября Ольмстедъ и Пальмеръ въ Ньюгевенѣ наблюдали такой обильный дождь падающихъ звѣздъ, который по своему великолѣпію затмилъ всѣ предшествующіе дожди. Притомъ метеоры, на подобіе ракетъ, вылетали постоянно изъ одной точки и притомъ въ такомъ большомъ числѣ, что вся картина напоминала собою паденіе снѣга, и почти все небо казалось огненнымъ. Еще въ шесть часовъ утра, когда явленіе уже значительно потеряло въ своей красотѣ, одинъ наблюдатель въ Бостонѣ въ небольшой части, составляющей только одну десятую всего неба, насчиталъ 650 падающихъ звѣздъ въ теченіе четверти часа, такъ что въ теченіе тѣхъ девяти часовъ, пока длилось это явленіе, надъ горизонтомъ Бостона на всемъ небѣ должно было появиться гораздо больше 250000 метеоровъ. Это явленіе во всемъ своемъ величіи наблюдалось на обширномъ пространствѣ въ 6 милліоновъ квадратныхъ километровъ. Такъ какъ уже неоднократно въ этотъ день наблюдалось весьма многочисленное паденіе метеоровъ, то Ольмстедъ и Пальмеръ пришли къ заключенію, что это есть періодическое явленіе, ежегодно повторяющееся въ ту же самую ночь, и справедливость такого заключенія была подтверждена наблюденіями слѣдующихъ годовъ. Такъ, напр., 13 ноября 1838 года К. Литровъ въ Вѣнѣ въ теченіе 6 часовъ, начиная съ полуночи, насчиталъ вмѣстѣ съ нѣсколькими помощниками 1002 метеора.

Послѣ того какъ была обнаружена періодичность этого метеорнаго потока, Ольберсъ обратилъ вниманіе на то, что съ 10 по 12 августа по ночамъ также уже неоднократно наблюдалось значительное число падающихъ звѣздъ. И въ самомъ непродолжительномъ времени, благодаря изслѣдованіямъ Кетеле (Quetelet), была установлена періодичность метеорнаго потока, наблюдаемаго въ эти дни. Тоже самое должно сказать относительно метеорнаго потока, наблюдаемаго въ ночи съ 20 до 24 апрѣля и т. д.

Метеоры, принадлежащіе къ какому-нибудь періодическому потоку, отличаются отъ

метеоровъ, наблюдаемыхъ въ обыкновенныя ночи, тѣмъ, что они оказываются весьма сходными между собою по своимъ отличительнымъ признакамъ, какъ то: по цвѣту, величинѣ, продолжительности паденія и т. д. Кромѣ того, они не совершаютъ движенія по небу безъ всякой правильности, по всевозможнымъ направленіямъ, но описываютъ пути, которые, при продолженіи въ обратную сторону, пересѣкаются приблизительно въ одной точкѣ, такъ называемомъ радіантѣ, положеніе котораго по отношенію къ неподвижнымъ звѣздамъ не мѣняется съ теченіемъ времени. Это обстоятельство въ высшей степени важно. Происхожденіе радіанта можетъ быть объяснено только тѣмъ, что группа метеоровъ движется по направленію къ намъ по параллельнымъ путямъ. Въ этомъ случаѣ, по правиламъ перспективы, всѣ метеоры должны казаться выходящими изъ одной точки, которая и есть не что иное, какъ радіантъ; совершенно то же самое мы наблюдаемъ въ томъ случаѣ, когда нѣсколько рядовъ деревьевъ разсажены параллельными линіями: всѣ эти ряды кажутся намъ выходящими изъ одной и той же точки. * Для большей наглядности обратимся къ рисункамъ 214 и 215. Положимъ, что кругъ. изображенный на рис. 214, представляетъ землю, и что наблюдатель находится въ точкѣ O. Такой наблюдатель будетъ видѣть метеоръ a сначала въ точкѣ 1, въ слѣдующій моментъ въ точкѣ 2, затѣмъ въ точкахъ 3, 4 и т. д. Такимъ образомъ, если наблюдатель будетъ все время слѣдить за

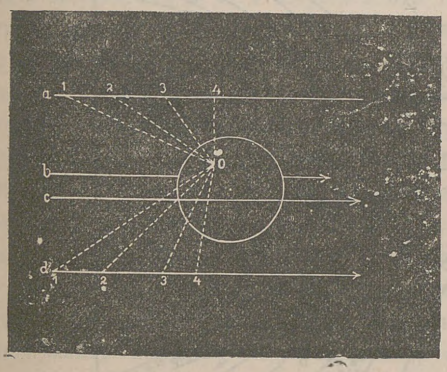


Рис. 214.

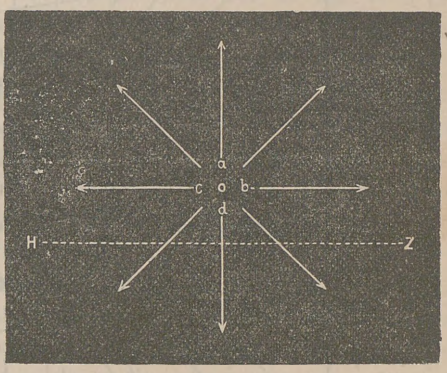


Рис. 215.

этимъ метеоромъ, то онъ съ теченіемъ времени будетъ видѣть его все на бо́льшей и бо́льшей высотѣ надъ горизонтомъ, какъ это ясно слѣдуетъ изъ рисунка 214. Поэтому такой метеоръ будетъ казаться наблюдателю восходящимъ снизу вверхъ по отвѣсной линіи, какъ это указано на рис. 215 стрѣлкой a. Подобнымъ же образомъ метеоръ d (рис. 214) для наблюдателя, находящагося въ точкѣ O, будетъ постепенно занимать положенія 1, 2, 3, 4 и т. д. и вслѣдствіе этого будетъ казаться перемѣщающимся сверху внизъ, какъ это указано на рис. 215 стрѣлкой d. Далѣе, метеоръ b (рис. 214) сначала будетъ представляться наблюдателю летящимъ по прямому направленію, а затѣмъ, чтобы слѣдить за нимъ, наблюдателю придется поворачиваться все болѣе и болѣе въ правую сторону. Поэтому видимый его путь представится на рис. 215 стрѣлкой b. Такимъ же образомъ можно разсмотрѣть движеніе метеора c и другихъ промежуточныхъ метеоровъ. Въ такомъ случаѣ мы легко убѣдимся, что истиннымъ путямъ метеоровъ, представленнымъ на рис. 214, будутъ соотвѣтствовать видимые пути, изображенные на рис. 215. *

Такимъ образомъ, на основаніи вышеизложеннаго мы можемъ заключить, что въ нѣкоторыя ночи метеоры тысячами движутся въ міровомъ пространствѣ по одному и тому же направленію и описываютъ вокругъ солнца орбиты, которыя земля пересѣкаетъ въ нѣкоторой опредѣленной точкѣ, и при прохожденіи потока метеоровъ черезъ эту точку часть ихъ, вслѣдствіе встрѣчи съ земной атмосферой, уничтожается. Метеоры, принадле-

жащіе къ такимъ періодически возвращающимся потокамъ, называются періодическими или систематическими, въ отличіе отъ отдѣльно появляющихся метеоровъ, которые носятъ названіе спорадическихъ. Впрочемъ новѣйшія изслѣдованія показали, что собственно каждую ночь можно подмѣтить нѣсколько радіантовъ, относительно которыхъ отдѣльные метеоры распредѣлены довольно равномѣрно, и что, слѣдовательно, только на первый взглядъ они представляются пересѣкающими небо безъ всякой правильности. Подобныя изслѣдованія между прочимъ самымъ тщательнымъ образомъ были сдѣланы Шмидтомъ. Изъ его изслѣдованій оказалось, что въ среднемъ въ часъ можно замѣтить три или четыре радіанта. Кромѣ того онъ подмѣтилъ годовой и суточный періоды, а именно, въ первую половину года, соотвѣтственно малому числу метеоровъ, можно наблюдать въ часъ только отъ 2 до 3 радіантовъ, а во вторую половину года отъ 4 до 5. Точно также въ вечерніе часы наблюдается въ среднемъ только 2 радіанта въ часъ, а въ утренніе часы—по крайней мѣрѣ 4, и кромѣ того въ поздніе часы ночи изъ отдѣльныхъ радіантовъ вылетаетъ бо́льшее число метеоровъ, чѣмъ въ ранніе, и притомъ утромъ приблизительно въ два раза

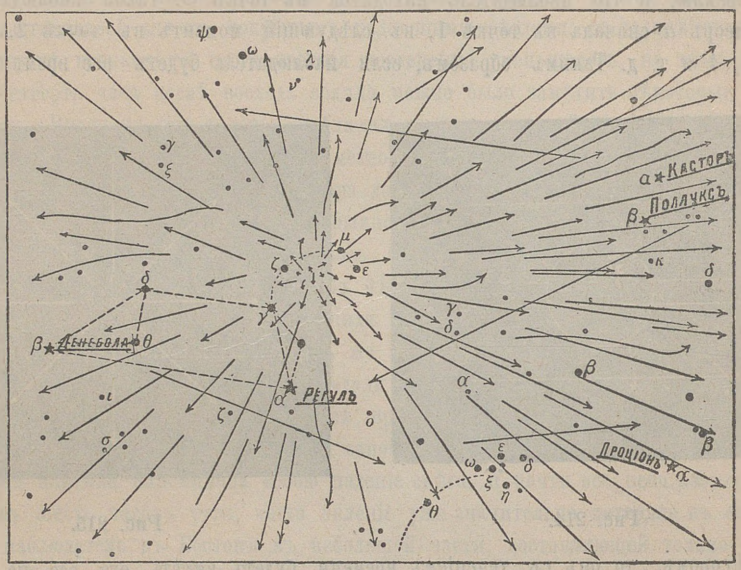


Рис. 216.

больше, чѣмъ вечеромъ, что и находится въ полномъ согласіи съ значительнымъ увеличеніемъ числа метеоровъ по мѣрѣ наступленія утра.

На основаніи вышесказаннаго, вѣроятно, всѣ метеоры принадлежатъ къ тѣмъ или другимъ метеорнымъ потокамъ, которые впрочемъ вообще представляются гораздо болѣе разрѣженными, чѣмъ періодическіе потоки въ собственномъ смыслѣ этого слова. Наиболѣе замѣчательные изъ періодическихъ потоковъ въ сѣверномъ полушаріи неба наблюдаются въ слѣдующія эпохи.

1. Января 1—3. Радіантъ лежитъ около звѣзды υ Геркулеса.

2. Апрѣля 12—13. Радіантъ расположенъ къ югу отъ β Лиры.

3. Апрѣля 19—23. Богатый потокъ съ нѣсколькими радіантами. Главный радіантъ лежитъ около α Лиры.

4. Іюля 26—29. Богатый потокъ съ нѣсколькими радіантами, изъ которыхъ главный лежитъ въ созвѣздіи Лебедя.

5. Августа 9—13. Этотъ потокъ упоминался уже выше, онъ извѣстенъ также подъ именемъ потока св. Лаврентія, весьма богатъ метеорами, характеризуется нѣсколькими

радіантами, изъ которыхъ главнѣйшій лежитъ около γ Персея. Съ середины іюля до середины августа вообще наблюдается весьма значительное увеличеніе числа падающихъ звѣздъ.

6. Октябрь 19—25. Иногда наблюдаются довольно обильные метеорные дожди, во время которыхъ метеоры вылетаютъ изъ той части неба гдѣ находятся звѣзды: ν Оріона, β Тельца и β Близнецовъ.

7. Ноября 13—14. Этотъ потокъ упоминался уже выше, онъ носитъ названіе потока Леонидовъ. Радіантъ лежитъ между звѣздами γ и μ Льва. * Этотъ радіантъ изображенъ на рис. 216. *

8. Въ настоящее время ноября 23, прежде—Ноября 27—29. Радіантъ лежитъ въ созвѣздіи Андромеды.

9. Декабря 6—13. Радіантъ расположенъ около звѣзды ϑ Близнецовъ.

Относительно болѣе богатыхъ метеорныхъ потоковъ южнаго полушарія мы до сихъ поръ знаемъ очень немного, такъ какъ кромѣ многолѣтнихъ наблюденій Неймайера, обработанныхъ Хейсомъ, въ нашемъ распоряженіи не имѣется другихъ длинныхъ рядовъ наблюденій. Согласно съ наблюденіями Неймайера, болѣе или менѣе значительное число метеоровъ въ южномъ полушаріи приходится на слѣдующія эпохи: отъ 28 января до 2 февраля, отъ 12 до 15 мая, на середину мая, на начало іюня, отъ 28 іюля до 2 августа, отъ 5 до 7 августа и отъ 18 до 25 декабря. Эпоха отъ 28 іюля до 2 августа, повидимому, является эпохой наибольшаго числа метеоровъ въ южномъ полушаріи, и указаніе на это можно найти въ случайныхъ замѣткахъ въ дневникахъ путешественниковъ. Такъ, Россъ въ своемъ отчетѣ объ экспедиціи къ южному полюсу дѣлаетъ слѣдующее замѣчаніе, касающееся этого вопроса: «28—29 іюля 1840 года можно было видѣть большое число метеоровъ, пересѣкавшихъ небо по всѣмъ направленіямъ». Точно также Крульсъ въ 1881 году наблюдалъ въ Ріо-Жанейро между 25 и 30 іюля весьма значительное число метеоровъ, которые по бо́льшей части вылетали изъ той части неба, гдѣ находится звѣзда Фомальгаутъ (α Южной Рыбы).

Такъ какъ въ иные годы періодическіе метеорные дожди представляли въ полномъ смыслѣ слова необычайное явленіе, то съ полнымъ правомъ можно было предполагать, что въ древнихъ историческихъ источникахъ найдутся сообщенія о такого рода небесныхъ явленіяхъ, имѣвшихъ мѣсто въ прежніе вѣка. Относительно падающихъ звѣздъ, совершенно такъ же, какъ и относительно кометъ, наиболѣе богатый матеріалъ доставили китайскіе анналы, послѣ того какъ они, благодаря обработкѣ Біо, сдѣлались общедоступными. Всѣ такимъ образомъ мало-по-малу собранныя данныя относительно древнихъ метеорныхъ потоковъ Х. А. Ньютонъ въ 1863 году, для болѣе удобнаго сравненія ихъ между собою, привелъ къ равноденствію 1850 года, и приэтомъ онъ между прочимъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что упомянутый выше въ пунктѣ 3 апрѣльскій метеорный потокъ можно прослѣдить до 687 года до начала нашего лѣтосчисленія. Ниже, когда мы будемъ говорить о нѣкоторыхъ отдѣльныхъ метеорныхъ потокахъ, намъ еще неоднократно придется возвращаться къ этой важной работѣ.

Здѣсь вполнѣ умѣстно сказать нѣсколько словъ о способахъ наблюденія падающихъ звѣздъ. Обыкновенно способъ наблюденія заключается въ томъ, что начало и конецъ видимаго пути метеора наносятся на звѣздную карту, и Британское Общество, Хейсъ, Гёкъ, Лоренцони и др. издали карты, построенныя въ различныхъ проекціяхъ спеціально для этой цѣли. Вмѣсто этого способа К. Литровъ въ 1837 году ввелъ на Вѣнской обсерваторіи другой способъ наблюденія, по которому метеоры наблюдаютъ при помощи малаго теодолита съ дѣленіями только отъ одного до одного градуса, снабженнаго вмѣсто трубы простымъ приспособленіемъ для визированія и названнаго самимъ Литровымъ метеороскопомъ. Многочисленныя наблюденія метеоровъ, произведенныя при помощи такого рода инструментовъ съ 1837 до 1841 года показали цѣлесообразность также и

этого способа наблюденій. Поэтому Э. Вейсъ, занявшись въ 1866 году изученіемъ метеорныхъ потоковъ, снова вернулся къ этому способу наблюденій и такимъ образомъ, при содѣйствіи нѣсколькихъ студентовъ Высшей Школы въ Вѣнѣ, въ теченіе небольшаго числа лѣтъ опредѣлилъ около 10 000 орбитъ метеорныхъ потоковъ. Главная выгода этого способа наблюденій состоитъ въ томъ, что онъ не требуетъ никакого предварительнаго упражненія для полученія наиболѣе надежныхъ результатовъ, между тѣмъ какъ при нанесеніи путей метеоровъ на карты, особенно въ наиболѣе богатыхъ звѣздами мѣстахъ неба, весьма легко можетъ перемѣшать звѣзды всякій, кто предварительно не ознакомился съ совершенствѣ со звѣзднымъ небомъ.

§ 170. **Происхожденіе метеорныхъ колецъ.** Выше мы уже указали на то, что не только періодическіе, но также и такъ называемые спорадическіе метеоры собственно принадлежатъ къ цѣлымъ системамъ метеоровъ, т.-е. представляютъ собою системы небольшихъ тѣлецъ, которыя обращаются около солнца по одинаковымъ орбитамъ. Точное изслѣдованіе вопроса относительно суточнаго измѣненія числа метеоровъ кромѣ того привело Ньютона и Скіапарелли къ убѣжденію, что орбиты метеоровъ обладаютъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ и, слѣдовательно, весьма сходны съ орбитами кометъ. Наконецъ радіанты довольно равномѣрно распредѣлены по небу, и это обстоятельство указываетъ на то, что орбиты метеоровъ наклонены къ эклиптикѣ подъ всевозможными углами. Такимъ образомъ, и въ этомъ отношеніи метеоры весьма сходны съ кометами, и потому безъ труда можно допустить, что метеоры, подобно кометамъ, получили свое начало въ міровомъ пространствѣ, внѣ солнечной системы. Подобныя соображенія побудили Скіапарелли въ концѣ 1866 года предложить слѣдующую теорію.

Легко можно допустить, что внѣ нашей планетной системы находятся скопленія маленькихъ небесныхъ тѣлецъ, которыя могутъ происходить въ небесномъ пространствѣ благодаря мѣстному концентрированію матеріи, на подобіе образованія кристалловъ изъ жидкостей, и которыя могутъ быть названы космическими облаками. Если такое космическое облако влетаетъ въ сферу притяженія нашего солнца, то, какова бы ни была его первоначальная форма, оно при приближеніи къ солнцу, какъ это доказалъ Скіапарелли, должно растянуться въ длинный параболическій потокъ съ сравнительно незначительнымъ поперечнымъ сѣченіемъ, и, смотря по обстоятельствамъ, могутъ потребоваться годы, столѣтія и даже тысячелѣтія для того, чтобы такой потокъ, частичка за частичкой, прошелъ весь черезъ перигелій. Тѣ изъ этихъ потоковъ, съ которыми встрѣчается земля при своемъ годичномъ движеніи, мы наблюдаемъ какъ потоки метеоровъ, вылетающихъ изъ опредѣленной точки небеснаго свода.

Число метеорныхъ потоковъ, которые пересѣкаютъ нашу солнечную систему на всевозможныхъ разстояніяхъ и по всевозможнымъ направленіямъ, по всей вѣроятности, весьма велико. Приэтомъ приходится допустить необыкновенно разрѣженное состояніе вещества, изъ котораго состоятъ эти потоки; иначе нельзя было бы объяснить, почему они, при взаимной встрѣчѣ, не оказываютъ другъ на друга никакого возмущающаго вліянія.

Послѣ прохожденія черезъ перигелій параболическіе потоки возвращаются въ міровое пространство болѣе разрѣженными, чѣмъ были до прохожденія черезъ перигелій. Приэтомъ если потокъ проходитъ вблизи какой-нибудь планеты, то могутъ произойти весьма сильныя возмущенія и даже отдѣленіе нѣкоторыхъ метеоровъ, которые начинаютъ двигаться по особеннымъ орбитамъ. Такіе метеоры собственно и слѣдуетъ разсматривать какъ спорадическіе.

Впрочемъ сходство между метеорными потоками и кометами такъ велико, что самъ собою напрашивается вопросъ, не существуютъ ли смѣшанныя системы, въ которыхъ облако метеоровъ группируется около одного или нѣсколькихъ болѣе значительныхъ ядеръ, т.-е. около одной или нѣсколькихъ кометъ. Вполнѣ ясно, что, если такая смѣшанная система, вслѣдствіе притягательнаго дѣйствія солнца, попадетъ въ нашу планетную систему,

то орбита, описываемая главнымъ тѣломъ, будетъ мало отличаться отъ параболы, по которой расположены маленькія тѣльца; поэтому, если мы встрѣтимъ метеорный потокъ, парабола котораго по величинѣ и положенію тождественна съ параболической орбитой какой-нибудь кометы, то такая комета, очевидно, представляетъ составную часть этого потока, одинъ изъ его элементовъ.

Руководимый этими мыслями, Скіапарелли вычислилъ по способу, предложенному Эрманомъ еще въ 1839 году, орбиту метеорнаго потока, наблюдаемаго 10 августа, который по имени созвѣздія, гдѣ лежитъ его радіантъ, былъ названъ потокомъ Персеидъ. Если извѣстны направленіе и величина абсолютнаго движенія земли, если далѣе положимъ, что потокъ Персеидъ движется по параболической орбитѣ, и допустимъ, что направленіе относительнаго движенія земли по отношенію къ потоку метеоровъ опредѣляется радіантомъ, то отсюда мы можемъ вычислить направленіе абсолютнаго движенія потока Персеидъ въ пространствѣ, т. е. положеніе касательной къ описываемой этимъ потокомъ параболѣ въ точкѣ ея соприкосновенія съ землей. Фокусъ (въ данномъ случаѣ центръ солнца), точка касанія и касательная вполнѣ опредѣляютъ параболу. Принимая по А. Гершелю за координаты радіанта $\alpha = 44^0$ и $\delta = +56^0$ (α—прямое восхожденіе, δ—склоненіе) и полагая далѣе, что наибольшее число метеоровъ (прохожденіе земли черезъ нисходящій узелъ орбиты) приходится на 1866 годъ, 11 августа, 6 часовъ утра, мы находимъ нижеслѣдующіе элементы, причемъ мы совершенно отбрасываемъ время прохожденія черезъ перигелій, какъ такой элементъ, который для настоящаго изслѣдованія не имѣетъ никакого значенія.

	Элементы.	
	Потока Персеидъ 1866 года.	Кометы 1862 III.
Долгота перигелія	292° 54′	290° 13′
Долгота восходящаго узла	138 16	137 27
Наклонность	115 57	113 35
Разстояніе перигелія отъ солнца . . .	0,9643	0,9626
Время обращенія	—	123,4 года.

Такимъ образомъ Скіапарелли убѣдился, что большая комета 1862 III представляетъ составную часть потока Персеидъ, какъ это ясно слѣдуетъ изъ сравненія элементовъ потока съ элементами кометы, для большей наглядности также приведенными въ предыдущей табличкѣ; обѣ эти системы элементовъ отличаются другъ отъ друга на величины, которыя легко могутъ быть объяснены незначительною точностью въ опредѣленіи положенія радіанта.

Этотъ бросающійся въ глаза примѣръ связи метеоровъ съ кометами во всякомъ случаѣ не является единственнымъ. Такъ, Скіапарелли вычислилъ еще орбиту ноябрьскаго потока и, принимая во вниманіе необыкновенно обильныя паденія метеоровъ въ 1799, 1833 и 1866 годахъ, допустилъ, что время обращенія этого потока равняется 33,3 годамъ. Приэтомъ, согласно съ наблюденіями Ольмстеда въ 1833 году, онъ принялъ, что радіантъ этого потока лежитъ около звѣзды γ Льва, и кромѣ того предположилъ, что прохожденіе земли черезъ нисходящій узелъ орбиты потока имѣло мѣсто въ полночь 13-го сентября. Такимъ образомъ онъ получилъ систему элементовъ, обозначенную въ нижеслѣдующей табличкѣ римской цифрой I. Но когда, нѣсколько недѣль спустя, сдѣлались извѣстными англійскія наблюденія великолѣпнаго метеорнаго дождя, имѣвшаго мѣсто 13 ноября 1866 года, то на основаніи этихъ наблюденій для положенія радіанта получился результатъ, отклоняющійся отъ прежняго болѣе, чѣмъ на 6°, и кромѣ того оказалось, что эпоха наибольшаго развитія явленія приходилась на 14-ое ноября, 1 часъ 11 мин. утра средняго Гринвичскаго времени. Скіапарелли съ этими новыми данными

опять вычислилъ орбиту ноябрьскаго потока, который по положенію радіанта называется потокомъ Леонидовъ, и нашелъ систему элементовъ, обозначенную въ нижеслѣдующей табличкѣ римской цифрой II. Въ этой же табличкѣ для сравненія даны элементы кометы 1866 I.

	Элементы.		
	Потока Леонидовъ 1866 года. I	II	Кометы 1866 I
Долгота перигелія	31°	46°30′,5	42°24,2′
Долгота восх. узла	231	231 28,2	231 26,1
Наклонность	165	162 15,5	162 41,9
Разстояніе перигелія отъ солнца .	0,96	0,9873	0,9765
Эксцентриситетъ	0,91	0,9046	0,9054
Время обращенія	33,3 года	33,25 года	33,176 года

Сначала связь потока Леонидовъ съ кометой 1866 I ускользнула отъ вниманія Скіапарелли, потому ли, что согласіе элементовъ показалась ему недостаточно удовлетворительнымъ, или же, можетъ быть, потому, что въ спискѣ кометъ, которымъ онъ пользовался, совсѣмъ не было элементовъ этой кометы. Только послѣ вторичнаго вычисленія орбиты потока Леонидовъ онъ замѣтилъ эту связь уже послѣ того, какъ на это обратили вниманіе Петерсъ и Опольцеръ.

Несмотря на все остроуміе теоріи Скіапарелли и несмотря на то, что при помощи нея можно было съ успѣхомъ указать на двѣ кометы, тѣсно связанныя съ метеорными потоками, Э. Вейсъ еще въ 1867 г. показалъ, что она не соотвѣтствуетъ природѣ. Дѣйствительно, метеорные потоки, за исключеніемъ, можетъ-быть, одного или двухъ необыкновенно богатыхъ метеорами, вообще отличаются настолько сильнымъ разрѣженіемъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ масса отдѣльныхъ метеоровъ въ среднемъ настолько мала (§ 168), что космическое облако, если оно обращается въ параболическій потокъ метеоровъ, должно было бы обладать весьма незначительною плотностью, и даже въ глубинахъ небеснаго пространства внутреннее притяженіе отдѣльныхъ частичекъ было бы значительно меньше, чѣмъ разбрасывающее дѣйствіе сосѣднихъ звѣздъ. Такъ какъ при такихъ обстоятельствахъ космическое облако не обладаетъ устойчивостью, то въ міровомъ пространствѣ, очевидно, и не можетъ быть подобныхъ образованій; поэтому на кометы мы должны смотрѣть не какъ на составныя части метеорнаго облака, но скорѣе какъ на родоначальницъ метеорныхъ потоковъ, которые образуются черезъ распаденіе кометъ уже въ предѣлахъ нашей солнечной системы. Этому предположенію соотвѣтствуютъ также и выше упомянутые примѣры связи кометъ съ метеорами, такъ какъ обѣ указанныя въ этихъ примѣрахъ кометы принадлежатъ къ числу кометъ съ короткимъ сравнительно временемъ обращенія, и вообще можно допустить, что эти кометы измѣнили свои первоначальныя параболическія орбиты на эллиптическія только вслѣдствіе возмущающаго дѣйствія какой нибудь планеты. При такомъ предположеніи распаденіе метеорнаго облака можетъ имѣть мѣсто только послѣ того, какъ орбита кометы уже преобразовалась въ новую, описываемую кометой и въ настоящее время, такъ какъ возмущающая планета могла бы только весьма незначительную часть метеорнаго потока заставить двигаться по новой орбитѣ. Скіапарелли также призналъ доказательность этихъ разсужденій и въ позднѣйшихъ работахъ отказался отъ своихъ первоначальныхъ соображеній и принялъ гипотезу Э. Вейса.

Э. Вейсъ между тѣмъ сдѣлалъ еще одинъ шагъ впередъ. Если его взглядъ вѣренъ, то не только каждая періодическая комета должна давать начало кольцу метеоровъ, но также всѣ періодическіе метеорные потоки вообще должны быть обязаны своимъ происхожденіемъ пересѣченію земной орбиты съ орбитами періодическихъ кометъ. Руководимый такимъ ходомъ мыслей, Э. Вейсъ вычислилъ радіусы-векторы для времени прохожденія черезъ

плоскость эклиптики для тѣхъ кометъ, узлы которыхъ соотвѣтствуютъ долготамъ земли въ эпохи наиболѣе обильныхъ періодическихъ метеорныхъ дождей (§ 169). Такимъ образомъ онъ тотчасъ же нашелъ еще двѣ кометы, опять періодическія и притомъ съ короткимъ временемъ обращенія, которыя въ нисходящемъ узлѣ пересѣкаютъ земную орбиту тамъ, гдѣ мы ежегодно 20 апрѣля и въ концѣ ноября встрѣчаемъ весьма обильные метеорные потоки. Это были комета 1861 I и комета Біэлы. Кромѣ этихъ двухъ кометъ и двухъ кометъ, упомянутыхъ уже выше, нѣкоторое время съ полною достовѣрностью не могли указать ни одной, которая бы находилась въ связи съ какимъ нибудь метеорнымъ потокомъ. Но впослѣдствіи не только самъ Э. Вейсъ распространилъ свои изслѣдованія на всѣ кометы, которыя вообще значительно приближаются къ земной орбитѣ, но тѣмъ же вопросомъ занимались также Скіапарелли, А. Гершель и другіе, и такимъ образомъ было найдено еще 12 кометъ, которыя съ большею или меньшею вѣроятностью могли быть поставлены въ связь съ метеорными потоками. Болѣе или менѣе сомнительное установленіе этой связи объясняется отчасти незначительною точностью, съ которою въ большинствѣ случаевъ мы знаемъ положеніе радіантовъ, отчасти неточностью элементовъ древнихъ кометъ.

§ 171. **Положеніе кометъ и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ.** Здѣсь вполнѣ умѣстно нѣсколько подробнѣе разсмотрѣть интересный вопросъ о положеніи кометъ въ нашей солнечной системѣ.

Съ тѣхъ поръ какъ Кантъ и послѣ него Лапласъ предложили знаменитую гипотезу о происхожденіи нашей солнечной системы изъ первичной туманности (часть III, § 100), гипотезу, въ которой совершенно не было обращено вниманія на кометы, на эти свѣтила вообще смотрѣли какъ на небесныя тѣла, блуждающія въ теченіе безконечнаго числа тысячелѣтій отъ одной звѣздной системы къ другой. Противъ этого взгляда впервые выступилъ съ нижеизложенными возраженіями Горнштейнъ. Орбиты большей части кометъ имѣютъ почти въ точности параболическую форму; далѣе, нѣкоторыя кометы, которыя уже сдѣлались постоянными членами нашей солнечной системы, описываютъ вокругъ солнца эллипсы съ довольно короткимъ временемъ обращенія, и изъ весьма немногихъ кометъ, двигающихся, быть можетъ, по гиперболѣ, нѣтъ ни одной, для которой гиперболическая орбита значительно отличалась бы отъ параболы. Отсюда мы заключаемъ, что изъ наблюденныхъ до сихъ поръ кометъ всѣ тѣ, которыя весьма значительно удаляются за предѣлы нашей планетной системы, на огромныхъ отъ насъ разстояніяхъ обладаютъ настолько малою скоростью, что кажутся намъ почти стоящими неподвижно; иначе говоря,—ихъ относительная скорость по отношенію къ солнцу, при значительномъ ихъ удаленіи отъ этого послѣдняго, дѣлается исчезающе малою. Однако самое солнце мы отнюдь не можемъ считать неподвижнымъ въ пространствѣ; наоборотъ, оно, какъ это будетъ доказано ниже (§ 184), обладаетъ довольно значительнымъ собственнымъ движеніемъ и въ настоящее время движется по направленію къ созвѣздію Геркулеса. И остальныя звѣзды, подобно солнцу, также обладаютъ собственнымъ движеніемъ, и многія обстоятельства, повидимому, указываютъ на то, что все окружающее насъ звѣздное небо, включая сюда, быть можетъ, и самый млечный путь, представляетъ одну большую систему, отдѣльные члены которой совершаютъ движеніе около общаго центра тяжести. Но при такомъ движеніи скорость и направленіе движенія для нашего солнца должны быть приблизительно такія же, какъ для сосѣднихъ звѣздъ. Поэтому, кометы, если онѣ на большомъ разстояніи отъ солнца находятся почти въ покоѣ по отношенію къ этому послѣднему, въ дѣйствительности должны обладать приблизительно такимъ же абсолютнымъ движеніемъ, какъ и само солнце; а отсюда слѣдуетъ, что кометы принимаютъ участіе въ общемъ движеніи всей звѣздной системы, къ которой принадлежитъ также и наше солнце, и не обладаютъ никакимъ другимъ движеніемъ. Дѣйствительно, если бы онѣ обладали

какимъ нибудь другимъ движеніемъ, то, вступая въ нашу солнечную систему, онѣ имѣли бы значительную относительную скорость по отношенію къ солнцу, и вслѣдствіе этого ихъ орбитами были бы гиперболы, сильно отличающіяся отъ параболъ. Поэтому кометы, повидимому, являются не столько членами нашей солнечной системы, сколько скорѣе членами большой системы такъ называемыхъ неподвижныхъ звѣздъ.

Точно также и Скіапарелли при помощи соотвѣтственныхъ изслѣдованій пришелъ къ подобному же результату, за исключеніемъ впрочемъ того, что онъ разсматривалъ кометы принадлежащими не къ системѣ неподвижныхъ звѣздъ, членомъ которой является также и наше солнце, а спеціально къ нашей солнечной системѣ, и полагалъ, что кометы вмѣстѣ съ солнцемъ образовались изъ первичной туманности, и что онѣ постоянно сопровождаютъ солнце, двигаясь по своимъ орбитамъ. Если принять, что падающія звѣзды и метеориты вообще представляютъ продукты разложенія кометъ, то было бы вполнѣ естественно предположить, что онѣ тоже образовались изъ той же туманности, какъ и солнце, и такимъ образомъ легко можно было бы объяснить вышеупомянутое обстоятельство (§ 167), а именно, что химическія и минералогическія свойства метеоритовъ не представляютъ ничего особеннаго сравнительно съ тѣмъ, что мы знаемъ у насъ на землѣ.

Этому взгляду Скіапарелли соотвѣтствуетъ то обстоятельство, что, согласно съ новѣйшими изслѣдованіями, первоначально вообще ни одна комета, повидимому, не двигалась по гиперболической орбитѣ, и если какая нибудь комета покинула солнечную систему, двигаясь по гиперболѣ, то такой характеръ ея орбита получила вслѣдствіе возмущеній, производимыхъ планетами. Весьма интересный примѣръ этого рода мы имѣемъ въ кометѣ, открытой Барнардомъ 3 декабря 1885 года и извѣстной подъ названіемъ кометы 1886 II. Эту комету можно было наблюдать до 26 іюля 1886 года, и въ теченіе этого времени она описала геліоцентрическую дугу, превышающую 180°. Согласно съ обстоятельными изслѣдованіями Трена, эта комета, покидая нашу солнечную систему, описывала, правда, слабо выраженную, но во всякомъ случаѣ несомнѣнно гиперболическую орбиту, такъ что ея возвращеніе къ намъ въ будущемъ совершенно невозможно. Вычисляя за прежніе годы возмущенія отъ Юпитера и Сатурна, къ которымъ эта комета подходила настолько близко что они могли оказать замѣтное вліяніе на ея движеніе, Тренъ нашелъ для эксцентриситета орбиты, который только и можетъ интересовать насъ въ этомъ случаѣ, для различныхъ эпохъ нижеслѣдующія значенія:

1885, декабря 8	1,00023
1884, августа 13	1,00018
1883, апрѣля 23	1,00006
1882, октября 5	1,000002

Это постепенное приближеніе эксцентриситета къ единицѣ показываетъ, что орбитой кометы до 5 октября 1882 года, когда ея разстояніе отъ солнца составляло 12,7 радіусовъ земной орбиты, былъ весьма вытянутый эллипсъ, и что только при прохожденіи черезъ перигелій въ маѣ 1886 г. она была выброшена изъ нашей солнечной системы вслѣдствіе возмущеній со стороны Юпитера и Сатурна.

Это прекрасное изслѣдованіе вскорѣ послѣ того было дополнено астрономомъ Фабри, который доказалъ, что за исключеніемъ нѣкоторыхъ спеціальныхъ случаевъ, возмущенія отъ планетъ вообще постоянно имѣютъ стремленіе увеличивать эксцентриситетъ кометныхъ орбитъ. Принимая все это во вниманіе, мы неопровержимымъ образомъ убѣждаемся въ томъ, что тѣ немногія кометы, для которыхъ вычисленія съ нѣкоторою достовѣрностью даютъ слабо выраженную гиперболическую орбиту, до вступленія въ нашу солнечную систему еще не двигались по такимъ орбитамъ. Тѣмъ не менѣе, было бы весьма важно опредѣлить орбиты, которыя различныя кометы описывали до прохожденія черезъ перигелій,

такъ какъ только несомнѣнное указаніе на то, была ли первоначальной орбитой кометы гипербола или нѣтъ, можетъ двинуть впередъ рѣшеніе вопроса относительно происхожденія кометъ и ихъ положенія во вселенной.

Дѣйствительно ли всѣ падающія звѣзды и метеориты представляютъ продукты разложенія кометъ, это вполнѣ опредѣленнымъ образомъ еще не рѣшено. Въ § 168 было объяснено, что на основаніи амплитуды суточнаго числа метеоровъ можно сдѣлать заключеніе о скорости ихъ движенія, и что эта скорость по такому способу получилась почти равной параболической скорости. Строго говоря, если основываться на числахъ Кувье-Гравье, Шмидта и Деннинга, то болѣе точное изслѣдованіе вопроса показываетъ, что суточная амплитуда въ дѣйствительности больше той, которая соотвѣтствуетъ параболической скорости, и что наибольшее число метеоровъ приходится на время, болѣе близкое къ полуночи, чѣмъ это должно было бы быть согласно съ вышеуказаннымъ предположеніемъ. И не только оба эти обстоятельства указываютъ на то, что скорость метеорныхъ потоковъ въ среднемъ превосходитъ параболическую скорость и, слѣдовательно, должна быть гиперболической, но еще въ большей степени это подтверждается также тѣмъ, что какъ въ сѣверномъ, такъ и въ южномъ полушаріи земли, какъ это было упомянуто въ § 168, число метеоровъ въ первой половинѣ года меньше, чѣмъ во второй. Бомпасъ объясняетъ это тѣмъ, что вслѣдствіе движенія нашей солнечной системы по направленію къ созвѣздію Геркулеса абсолютная скорость земли при ея движеніи отъ перигелія къ афелію (отъ іюля до декабря) увеличивается, при движеніи же отъ афелія до перигелія (отъ января до іюня), напротивъ того уменьшается и что поэтому въ земную атмосферу во вторую половину года попадаетъ больше метеоровъ, чѣмъ въ первую. Но это объясненіе можетъ быть принято, какъ легко видѣть, только при томъ предположеніи, что метеоры не участвуютъ въ движеніи солнечной системы, но обладаютъ отличнымъ отъ нея движеніемъ: такое объясненіе, слѣдовательно, за родину метеоровъ принимаетъ междузвѣздное пространство. Сюда присоединяется еще то обстоятельство, что по виду между падающими звѣздами и наиболѣе яркими метеорами или такъ называемыми болидами нѣтъ никакой существенной разницы, а существуетъ лишь различіе въ величинѣ (§ 166). Но еще Скіапарелли обратилъ вниманіе на то, что, согласно съ вычисленіями, почти всѣ болиды обладаютъ космической скоростью, которая превосходитъ параболическую; а многолѣтнія трудныя изслѣдованія проф. Нисля относительно большого числа наблюдавшихся въ послѣднее время болидовъ придали этому результату вѣроятность, близкую къ достовѣрности. При такихъ условіяхъ вѣроятнѣе всего, что только тѣ метеорные потоки можно разсматривать какъ старые члены нашей солнечной системы, которые обязаны своимъ происхожденіемъ кометамъ; напротивъ того, на всѣ остальные метеоры, включая сюда и болиды, мы должны смотрѣть въ полномъ смыслѣ слова какъ на вѣстниковъ изъ мірового пространства, которые являются къ намъ изъ самыхъ разнообразныхъ частей вселенной.

§ 172. **Подробныя свѣдѣнія о четырехъ важнѣйшихъ метеорныхъ потокахъ.** Послѣ этого отступленія, въ дополненіе къ сообщеннымъ нами выше свѣдѣніямъ о четырехъ метеорныхъ потокахъ, связь которыхъ съ кометами опредѣлена съ достовѣрностью, прибавимъ еще слѣдующія замѣчанія болѣе общаго интереса.

Уже въ началѣ девятнадцатаго столѣтія нѣсколько разъ были замѣчены обильные дожди падающихъ звѣздъ 20 апрѣля и въ сосѣдніе дни. Что они возвращаются періодически, это впервые открылъ Геррикъ въ 1839 году; Ньютонъ же въ 1863 г., приведя данныя относительно древнихъ метеорныхъ дождей въ 1850 году, обнаружилъ весьма интересный фактъ, а именно, что этотъ метеорный потокъ можно прослѣдить до 687 года до начала нашего лѣтосчисленія. Въ нашемъ распоряженіи имѣются главнымъ образомъ слѣдующія древнія даты:

до Р. Хр.	687	марта	16	соотвѣтствуетъ	п. Р. Хр.	1850	апр.	19,9
» »	15	»	25	»	»	»	—	»	19,6
п. Р. Хр.	582	«	31	»	»	»	—	»	18,1
» »	1093	апр.	9,6	»	»	»	—	»	20,7
» »	1094	»	10	»	»	»	—	»	20,8
» »	1095	»	9,6	»	»	»	—	»	20,2
» »	1096	»	10	»	»	»	—	»	21,3
» »	1122	»	10,6	»	»	»	—	»	20,2
» »	1123	»	11	»	»	»	—	»	20,4
» »	1803	»	19,6	»	»	»	—	»	19,9

Безъ сомнѣнія, сюда же принадлежатъ еще слѣдующія два метеорныхъ дождя, относительно которыхъ у насъ недостаетъ болѣе подробныхъ данныхъ:

п. Р. Хр.	590	передъ Пасхой	или	апр.	4	соотвѣтствуетъ	1850	апр.	22,1
» » »	741	»	»	»	13	»	»	»	28,3

Наконецъ, еще для пяти метеорныхъ дождей, имѣвшихъ мѣсто въ 538, 840, 1000, 1009 и 1158 годахъ, день ихъ появленія находится въ зависимости отъ Пасхи, и потому ошибка въ одинъ или два года, что вполнѣ возможно, влечетъ за собой значительное измѣненіе дня, въ который наблюдалось паденіе метеоровъ. Если вмѣсто вышеприведенныхъ годовъ мы примемъ по порядку 536, 842, 1002, 1010 и 1160, то, послѣ приведенія къ 1850 году, этимъ годамъ соотвѣтствовали бы дни: апрѣля 18,9, 20,4, 20,4, 19,4, 18,9, и въ такомъ случаѣ эти даты могли бы относиться къ апрѣльскому потоку.

Геррикъ вычислилъ, что радіантъ этого потока лежитъ вблизи звѣзды Веги. Новѣйшія болѣе точныя опредѣленія даютъ для положенія этого радіанта слѣдующія координаты: $\alpha = 278^0,7$ и $\delta = +35^0,0$ (α — прямое восхожденіе, δ — склоненіе). Пользуясь этимъ положеніемъ радіанта, Э. Вейсъ получилъ слѣдующую систему элементовъ апрѣльскаго потока:

	Элементы		
	Апрѣля 20. Метеорный потокъ	Комета 1861 I	Апрѣля 13. Метеорный потокъ
Долгота перигелія	$228^0,7$	$243^0,2$	$234^0,6$
» восход. узла	30,0	29,8	23,2
Наклонность	83,0	79,8	95,0
Разстояніе перигелія отъ солнца	0,9789	0,9207	0,9345
Время обращенія	—	415 лѣтъ	—

Уклоненіе орбиты метеорнаго потока отъ орбиты кометы 1861 I оказывается довольно значительнымъ по долготѣ перигелія, но во всякомъ случаѣ это уклоненіе не настолько велико, чтобы подвергать сомнѣнію вопросъ о физической связи метеорнаго потока съ кометой; допуская же эту связь, можно найти двойную причину указаннаго уклоненія. Распаденіе кометы могло начаться уже давно, а сама комета сравнительно лишь недавно могла еще разъ подвергнуться возмущеніямъ, которыя и измѣнили нѣсколько положеніе ея орбиты, между тѣмъ какъ уже образовавшійся метеорный потокъ этимъ возмущеніямъ могъ и не подвергаться. Съ другой стороны недалеко отъ точки пересѣченія земной орбиты съ орбитой кометы болѣе значительная комета могла распасться на нѣсколько маленькихъ, и мы знаемъ только одну изъ этихъ послѣднихъ. Возможность такого объясненія подтверждается неоднократно наблюдавшимся дѣленіемъ кометъ на части (§§ 149, 155, 159), а также тѣмъ обстоятельствомъ, что въ 1860 году Лiэ открылъ двойную комету. Въ пользу раздѣленія кометы 1861 I на части, повидимому, говорятъ: 1) замѣчательное раз-

витіе ея головы, причемъ хвостъ и такъ называемыя волоса соединялись узкой, слабо свѣтящейся полосой; 2) то обстоятельство, что выше сопоставленные обильные метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку, указываютъ на нѣсколько кометообразныхъ сгущеній внутри этого потока, такъ какъ ихъ невозможно принять за возвращеніе одной и той же части метеорнаго кольца, если только не приписать потоку до невѣроятности короткаго времени обращенія; наконецъ 3) открытый Грегомъ и А. Гершелемъ метеорный дождь, который наблюдается 12 и 13 апрѣля и радіантъ котораго опредѣляется координатами: $\alpha = 273^0$ и $\delta = +25{,}5^0$ (α — прямое восхожденіе, δ — склоненіе). Элементы параболической орбиты, вычисленные Э. Вейсомъ на основаніи этихъ данныхъ, даны для сравненія въ вышеприведенной табличкѣ рядомъ съ элементами орбиты кометы 1861 I. Сравненіе показываетъ, что обѣ орбиты настолько сходны между собою, что это сходство можно разсматривать какъ доказательство высказанной выше гипотезы. Наконецъ, необходимо еще упомянуть, что нѣсколько дней спустя послѣ того, какъ Э. Вейсъ окончилъ свои изслѣдованія, Галле также указалъ на возможную связь метеорнаго потока 20 апрѣля съ кометой 1861 I.

Свѣдѣнія о потокѣ св. Лаврентія (августа 9—13) восходятъ до 830 года послѣ Р. Хр., и намъ извѣстны слѣдующіе древніе метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку:

п. Р. Хр.	830	іюля	26	. .	соотвѣтствуетъ	п. Р. Хр.	1850	авг.	9,2	
» »	833	»	27	. .	»	»	»	—	»	10,4	
» »	835	»	26	. .	»	»	»	—	»	8,9	
» »	841	»	25	. .	»	»	»	—	»	8,4	
» »	924	»	26—28	.	»	“	»	—	»	8,1	—10,1
» »	925	»	27,28	. .	»	»	»	—	»	8,8,	9,8
» »	926	»	27	. .	»	»	»	—	»	8,6	
» »	933	»	25—30	.	»	»	»	—	»	5,8	—10,8
» »	1243	авг.	2	. .	»	»	»	—	»	10,6	
» »	1451	»	5	. .	»	»	»	—	»	10,0	

Метеорные дожди, наблюдавшіеся въ слѣдующихъ годахъ: 830—841, 924—933, 1243, 1451 и сравнительно весьма обильные новѣйшіе дожди 1779, 1784 и 1789 годовъ достаточно хорошо удовлетворяютъ періоду августовскаго потока, если предположить, что наибольшаго развитія метеорный дождь Персеидъ достигаетъ черезъ каждые 108 лѣтъ, причемъ максимумъ наступаетъ не внезапно, а продолжается приблизительно 20—30 лѣтъ. Сообразно съ этимъ періодъ обращенія потока св. Лаврентія весьма близокъ къ періоду обращенія кометы 1862 III, которая выше и была отождествлена съ этимъ потокомъ.

Потокъ св. Лаврентія въ новѣйшія времена, правда, не порождалъ необыкновенно обильныхъ метеорныхъ дождей, подобно ноябрьскому потоку, но тѣмъ не менѣе онъ является однимъ изъ самыхъ значительнѣйшихъ потоковъ. Безъ сомнѣнія, не всѣ метеоры, появляющіеся въ это время, принадлежатъ къ Персеидамъ, и, начиная съ 12 августа, ясно выступаетъ очень много другихъ радіантовъ, по всей вѣроятности, болѣе 30. Именно около этой эпохи имѣютъ мѣсто наиболѣе многочисленныя наблюденія падающихъ звѣздъ, и едва ли мы ошибемся, если мы общее ихъ число оцѣнимъ въ 20000. Вычисленія элементовъ орбиты этого потока производились уже неоднократно, причемъ въ послѣдній разъ эти вычисленія были предприняты Эрманомъ. Однако эта попытка не имѣла особеннаго успѣха, такъ какъ 1) Эрманъ въ то время еще не имѣлъ въ своемъ распоряженіи способа оцѣнивать хотя бы даже приближенно скорость метеоровъ, 2) онъ сообщилъ свои результаты въ мало наглядной и нецѣлесообразной формѣ, и наконецъ, 3) онъ вступилъ на ложный путь, желая поставить холода, наступающіе обыкновенно около 7 февраля, въ зависимость отъ прохожденія августовскаго потока между землей и солнцемъ

черезъ восходящій узелъ, для чего онъ долженъ былъ приписать потоку весьма короткое время обращенія. Кстати замѣтимъ, что Эрманъ наступленіе холодовъ въ серединѣ мая подобнымъ же образомъ приписалъ вліянію ноябрьскаго потока. Кромѣ того, К. Литровъ, сравнивъ метеорный дождь 26 іюля 830 года съ дождемъ 5 августа 1451 года, въ 1841 году показалъ, что тождественность обоихъ этихъ потоковъ съ нынѣшнимъ потокомъ 10 августа въ высшей степени вѣроятна, но на это не было обращено надлежащаго вниманія, вѣроятно, потому, что не было замѣчено, что синодическое время обращенія потока, получающееся изъ сравненія только что указанныхъ наблюденій, равняется сидерическому году земли. Наконецъ, Твининтъ, Ньютонъ и др. также занимались этимъ метеорнымъ потокомъ, но только Скіапарелли удалось опредѣлить истинную форму его орбиты.

Метеорный потокъ Леонидовъ (13—14 ноября) послужилъ поводомъ къ весьма интереснымъ изслѣдованіямъ. Мы уже видѣли, что именно благодаря потоку Леонидовъ было открыто вообще существованіе періодическихъ метеорныхъ потоковъ; далѣе, то обстоятельство, что въ 1799 и 1833 годахъ наблюдались необыкновенно обильные метеорные дожди, въ связи съ сообщеніемъ Гумбольдта, что также и въ 1766 году передъ ужаснымъ землетрясеніемъ въ Южной Америкѣ наблюдалось безчисленное множество падающихъ звѣздъ, дало поводъ Ольберсу, Ольмстеду, Твинингу и Геррику предсказать необыкновенно обильное паденіе метеоровъ также и на 1866 годъ. Потокъ Леонидовъ былъ первый, о которомъ дошли до насъ свѣдѣнія отъ прежнихъ временъ. Въ 1839 году Богусловскій замѣтилъ ежегодное запаздываніе въ появленіи этого потока. Это запаздываніе, равное по его вычисленіямъ 34 минутамъ въ годъ, онъ объяснилъ тѣмъ, что большая ось орбиты метеорнаго потока нѣсколько длиннѣе, чѣмъ большая ось земной орбиты (приблизительно только на 5300 километровъ). При такомъ предположеніи онъ попытался вычислить орбиту потока, и это было вообще первое вычисленіе такого рода.

Новыя подобныя изслѣдованія предпринялъ А. Ньютонъ только въ 1863 году, причемъ онъ подробнѣйшимъ образомъ разобралъ всѣ древнія сообщенія объ этомъ потокѣ, съ цѣлью ближе изучить орбиту этого потока и опредѣлить вѣроятность его возвращенія въ 1866 году. Для запаздыванія этого потока онъ получилъ одинъ день на каждые 70 лѣтъ, и такимъ образомъ онъ установилъ слѣдующія наблюдавшіяся его появленія, къ которымъ впослѣдствіи прибавилъ еще появленіе 27 октября 1602 года.

п. Р. Хр.	902	окт.	18,5	соотвѣтств.	п. Р. Хр.	1850	окт.	30,0 *)	преобразов.	въ	нояб.	12,5 **).
» »	931	»	19	»	»	»	—	»	31,3	»	»	»	13,4
» »	934	»	19	»	»	»	—	»	31,5	»	»	»	13,8
» »	1002	»	20	»	»	»	—	»	31,1	»	»	»	12,2
» »	1101	»	24	»	»	»	—	нояб.	3,0	»	»	»	13,7
» »	1202	»	26	»	»	»	—	»	4,1	»	»	»	13,4
» »	1366	»	29,5	»	»	»	—	»	5,6	»	»	»	12,5
» »	1533	нояб.	3	»	»	»	—	»	7,0	»	»	»	11,5
» »	1698	»	8,6	»	»	»	—	»	11,6	»	»	»	13,8
» »	1799	»	11,6	»	»	»	—	»	12,9	»	»	»	13,6
» »	1833	»	12,7	»	»	»	—	«	13,3	»	»	»	13,5

Одного взгляда на эту табличку достаточно, чтобы подмѣтить 33-лѣтній періодъ; кромѣ того ясно, что около максимума мы можемъ ожидать особенно обильныхъ метеорныхъ дождей въ теченіе двухъ или трехъ лѣтъ подрядъ.

---

*) Принята во вниманіе прецессія.

Переводчикъ

**) Принято во вниманіе ежегодное запаздываніе.

Переводчикъ.

Изслѣдовавъ болѣе подробно всѣ вышеприведенныя появленія этого потока и принявъ во вниманіе различныя побочныя обстоятельства, Ньютонъ нашелъ, что продолжительность этого періода составляетъ 33,25 лѣтъ, и что послѣдній максимумъ начался въ 1832,5 году. На основаніи этихъ изслѣдованій онъ могъ съ полною опредѣленностью предсказать на ночь съ 13 на 14 ноября 1866 года весьма обильный дождь падающихъ звѣздъ, который дѣйствительно наблюдался и отличался необыкновеннымъ великолѣпіемъ.

Ньютонъ говоритъ о различныхъ причинахъ, которыя могли бы порождать обильные метеорные дожди черезъ каждые $33^1/_4$ лѣтъ, и въ концѣ концовъ останавливается на предположеніи, что причиной этого явленія служитъ метеорное кольцо, содержащее, въ нѣкоторой опредѣленной части, отъ 10^0 до 15^0 въ длину, необыкновенно большое число метеоровъ. При такомъ предположеніи, потокъ въ одинъ годъ долженъ совершить меньше трехъ оборотовъ, такъ какъ, если бы время обращенія потока составляло $^1/_3$ года, то большая ось его орбиты по третьему закону Кеплера была бы меньше разстоянія отъ земли до солнца. Слѣдовательно, въ годъ наиболѣе плотная часть потока должна совершить или $2 \pm \frac{1}{33,25}$, или $1 \pm \frac{1}{33,25}$ или $\frac{1}{33,25}$ оборотовъ. При дальнѣйшемъ ходѣ своихъ изслѣдованій Ньютонъ высказывается за второе предположеніе, и къ этому невѣрному результату онъ склонился, повидимому, по довольно важнымъ причинамъ.

Именно, Ньютонъ уже раньше доказалъ, что движеніе ноябрьскаго потока при его встрѣчѣ съ земной орбитой имѣетъ направленіе, почти перпендикулярное къ радіусу—вектору. При первомъ и при третьемъ предположеніи ($2 \pm \frac{1}{33,25}$ и $\frac{1}{33,25}$ оборотовъ въ одинъ годъ) мы получили бы весьма эксцентрическую орбиту потока, а такъ какъ въ такихъ орбитахъ только вблизи афелія и перигелія направленіе движенія перпендикулярно къ радіусу—вектору, то сверхъ того мы должны были бы допустить, что ноябрьскій потокъ при прохожденіи черезъ узелъ въ то же самое время находится — въ первомъ случаѣ въ афеліи, а во второмъ въ перигеліи, и это представляло бы такой исключительный случай, на который едва ли можно разсчитывать. Второе предположеніе свободно отъ этого ограниченія, такъ какъ оно приводитъ къ почти круговой орбитѣ, и потому оно представляется наивѣроятнѣйшимъ.

Впрочемъ Ньютонъ кромѣ того высказываетъ еще слѣдующія соображенія. Такъ какъ время обращенія или, что то-же самое, большая полуось орбиты метеорнаго потока ограничивается только пятью значеніями и такъ какъ положеніе радіанта извѣстно, то для каждаго изъ этихъ значеній можно вычислить орбиты, и кромѣ того можно подсчитать вѣковыя возмущенія, въ особенности вѣковое движеніе линіи узловъ подъ возмущающимъ дѣйствіемъ планетъ. Дѣйствительное же движеніе линіи узловъ опредѣляется ежегоднымъ запаздываніемъ явленія, и мы такимъ образомъ получаемъ простое средство рѣшить, на какомъ изъ этихъ пяти періодовъ слѣдуетъ остановиться.

За разработку этихъ соображеній взялся Адамсъ, причемъ онъ показалъ, что четыре гипотезы (въ году $2 \pm \frac{1}{33,25}$ и $1 \pm \frac{1}{33,25}$ обращеній) приводятъ къ вѣковому движенію линіи узловъ, приблизительно въ два раза меньшему, чѣмъ наблюдаемое. Такимъ образомъ изъ пяти предположеній, сдѣланныхъ Ньютономъ относительно времени обращенія, четыре противорѣчатъ наблюденіямъ, и остается только испытать, насколько хорошо согласуется съ дѣйствительностью послѣднее предположеніе. Движеніе линіи узловъ, вычисленное при этомъ предположеніи, оказалось вполнѣ согласнымъ съ наблюдаемымъ движеніемъ, и такимъ образомъ было устранено всякое сомнѣніе въ истинности періода, равнаго 33,25 годамъ.

Вскорѣ послѣ обильнаго метеорнаго дождя 1866 года Левсрье также пытался опредѣлить орбиту этого метеорнаго потока при помощи слѣдующихъ остроумныхъ соображеній.

Если допустить, что гипотеза Канта-Лапласа относительно происхожденія планетной

системы изъ первичной туманности вѣрна, то скопленіе на довольно значительномъ пространствѣ небесныхъ тѣлъ съ обратнымъ движеніемъ, какъ это имѣетъ мѣсто у ноябрьскаго потока, не могло произойти въ ту-же эпоху, когда образовались планеты, но такой потокъ метеоровъ долженъ былъ проникнуть въ предѣлы нашей солнечной системы значительно позже. И вообще это явленіе не можетъ быть древнимъ, такъ какъ иначе принадлежащія къ этому потоку тѣла уже вполнѣ растянулись бы въ непрерывное кольцо.

Поэтому, Леверье придерживался того взгляда, что этомъ метеорный потокъ лишь недавно проникъ въ нашу солнечную систему изъ глубинъ вселенной, и что онъ при каждомъ своемъ появленіи проходилъ вблизи какой-нибудь изъ верхнихъ планетъ, такъ какъ подъ вліяніемъ нижнихъ планетъ орбита тѣла, пришедшаго къ намъ изъ безконечной дали и, слѣдовательно, двигающагося съ параболическою скоростью, не могла бы обратиться въ эллиптическую съ короткимъ періодомъ обращенія. Поэтому, если мы положимъ, что ноябрьскій потокъ движется по эллиптической орбитѣ съ временемъ обращенія, равнымъ $33^1/_4$ годамъ, и что разстояніе перигелія отъ солнца равняется 0,989 радіуса земной орбиты, то, основываясь на извѣстномъ положеніи радіанта (долгота 142^0 и сѣверная широта $8^030'$) и на полученной Ньютономъ долготѣ восходящаго узла, мы найдемъ слѣдующіе элементы:

Долгота перигелія	$51^018'$
Долгота восход. узла	231 19
Наклонность.	165 19
Разстояніе перигелія отъ солнца	0,98900
Время обращенія	33,25 лѣтъ.

Потокъ метеоровъ могъ начать двигаться по настоящей орбитѣ только подъ вліяніемъ весьма сильныхъ возмущеній, какъ это, напр., бываетъ съ періодическими кометами; съ другой стороны кометы, претерпѣвшія сильныя возмущенія, по необходимости возвращаются къ тому самому небесному тѣлу, которое послужило причиной этихъ возмущеній. Поэтому тѣмъ болѣе замѣчательно, что орбита ноябрьскаго потока простирается лишь весьма недалеко за орбиту Урана, и даже обѣ эти орбиты почти пересѣкаются въ точкѣ, которая находится недалеко отъ афелія орбиты метеорнаго потока и расположена надъ плоскостью эклиптики. * Положеніе орбиты ноябрьскаго потока дано на рис. 217, на которомъ изображены также орбиты трехъ другихъ, разсматриваемыхъ въ этомъ параграфѣ метеорныхъ потоковъ. * Для дальнѣйшаго рѣшенія задачи необходимо изслѣдовать, когда Уранъ и метеорный потокъ находились одновременно около вышеупомянутой точки. Оказывается, это такое сближеніе не могло имѣть мѣста раньше 126 года послѣ Р. Хр., и что только въ началѣ 126 года метеорный потокъ могъ приблизиться къ Урану. Если бы долгота узла въ 126 году измѣнилась только на $1^048'$ и если бы перигелій отстоялъ отъ нисходящаго узла приблизительно на 4^0, что вполнѣ возможно при неточности наблюденій, лежащихъ въ основаніи всѣхъ вычисленій, то въ указанномъ году имѣло бы мѣсто столкновеніе Урана съ метеорнымъ потокомъ. Во всякомъ случаѣ можно допустить, что въ 126 году потокъ такъ близко подходилъ къ Урану, что этотъ послѣдній заставилъ его двигаться по эллиптической орбитѣ, по которой онъ совершаетъ движеніе и въ настоящее время.

Только что изложенныя изслѣдованія Леверье опубликовалъ раньше, чѣмъ была установлена связь между метеорнымъ потокомъ и кометой 1866 I. Послѣ установленія этой связи явилась возможность точнѣе изслѣдовать вопросъ объ участіи Урана въ происхожденіи потока Леонидовъ, причемъ Скіапарелли пришелъ къ результату, что орбита потока могла принять эллиптическую форму также подъ вліяніемъ возмущающаго дѣйствія Сатурна или Юпитера.

Наконецъ, что касается періодическаго метеорнаго дождя, который наблюдается въ концѣ ноября и въ началѣ декабря и для котораго сначала Э. Вейсъ, а черезъ нѣсколько

дней послѣ него датскій астрономъ Д'Арре установили связь съ кометой Біэлы то уже давно было извѣстно, что орбита этой кометы почти пересѣкаетъ орбиту земли, и это обстоятельство, какъ только оно было замѣчено, произвело паническій страхъ въ обширныхъ кружкахъ (§ 150). Въ началѣ декабря уже неоднократно наблюдались весьма обильные дожди падающихъ звѣздъ, напр., Брандесомъ 6 декабря 1798 года и Флаугергесомъ 6 декабря 1838 года. Въ 1847 году Хейсъ для опредѣленія положенія радіанта этого потока нашелъ слѣдующія координаты: $\alpha = 25^0$ и $\delta = +40^0$ (α—прямое восхожденіе, δ—склоненіе). По вычисленіямъ Э. Вейса, основаннымъ на элементахъ орбиты кометы Біэлы, положеніе этого радіанта опредѣляется слѣдующими координатами: $\alpha = 25^0$ и $\delta = +43^0$. Это прекрасное согласіе, а также то обстоятельство, что промежутокъ времени между двумя вышеупомянутыми дождями падающихъ звѣздъ, наблюдавшимися въ 1798 и 1838 годахъ, равняется, какъ это впервые замѣтилъ Д'Арре, въ точности шести оборотамъ кометы Біэлы, устраняетъ всякое сомнѣніе въ взаимной связи этой кометы съ декабрьскимъ метеорнымъ потокомъ. Кромѣ того, Д'Арре обратилъ вниманіе еще на то, что въ началѣ декабря неоднократно наблюдалось паденіе съ неба метеорныхъ камней, и онъ склоненъ думать, что эти метеориты принадлежатъ къ метеорному потоку, получившему начало отъ кометы Біэлы.

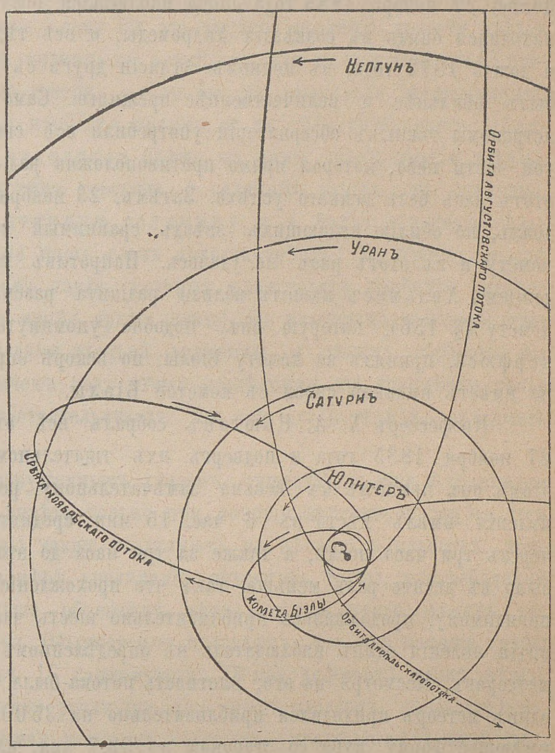


Рис. 217.

Болѣе точныя изслѣдованія Э. Вейса показали, что линія узловъ этого потока по всей вѣроятности обладаетъ весьма быстрымъ отступательнымъ движеніемъ, благодаря чему метеорные дожди, принадлежащіе къ этому потоку, передвинулись уже на ноябрь; далѣе, изъ тѣхъ же изслѣдованій вытекаетъ, что кромѣ кометы Біэлы по той же орбитѣ движется, по всей вѣроятности, еще одна комета, которая уже давно могла отдѣлиться отъ нея. Эти предположенія блестящимъ образомъ подтвердились благодаря обильному метеорному дождю 27 ноября 1872 года, который въ высшей степени интересенъ еще и въ другомъ отношеніи.

Въ 1872 году снова безъ всякаго успѣха ожидали возвращенія кометы Біэлы, потерянной уже съ 1852 г. Послѣ того, какъ 27 ноября былъ наблюдаемъ обильный дождь падающихъ звѣздъ, Клинкерфюсъ высказалъ предположеніе, что прохожденіе кометы Біэлы черезъ перигелій замедлилось по неизвѣстнымъ причинамъ на нѣсколько мѣсяцевъ, и что мы 27 ноября встрѣтились съ этой кометой. Такъ какъ въ такомъ случаѣ, какъ показываютъ простыя геометрическія соображенія, комета за нѣсколько дней до встрѣчи должна была находиться въ радіантѣ метеорнаго дождя *), а нѣсколько дней спустя въ

*) Положеніе радіанта по Клинкерфюсу опредѣляется слѣдующими координатами: $\alpha = 26^0$ и $\delta = +37^0$.

прямо противоположной части неба, то явилась надежда отыскать также и комету, если извѣстить объ этомъ южныя обсерваторіи. Поэтому Клинкерфюсъ телеграфировалъ 30 ноября въ Мадрасъ, что комету Біэлы слѣдуетъ искать около звѣзды ϑ Центавра ($\alpha = 209{,}6^0$ и $\delta = -35{,}7^0$). Въ теченіе двухъ дней послѣ полученія телеграммы въ Мадрасѣ было пасмурно; но въ третью ночь, со 2 на 3 декабря, Погсонъ тотчасъ же нашелъ на указанномъ мѣстѣ комету, которую онъ пронаблюдалъ еще одинъ разъ на слѣдующее утро, но послѣ этого, вслѣдствіе наступившаго продолжительнаго періода пасмурной погоды, онъ ея больше не видалъ. Поэтому, удалось получить только два наблюденія этой кометы, и вслѣдствіе этого опредѣленіе ея орбиты, къ сожалѣнію, оказалось невозможнымъ; но при безпристрастной оцѣнкѣ положенія дѣла, вѣроятность того, что эта комета находится въ связи съ метеорнымъ дождемъ 27 ноября и вообще съ метеорнымъ потокомъ, получившимъ начало отъ кометы Біэлы, можно считать почти граничащей съ достовѣрностью. Далѣе, 27 ноября 1885 года снова наблюдался дождь падающихъ звѣздъ, радіантъ котораго находился опять въ созвѣздія Андромеды, и всѣ тѣ, кто имѣлъ счастіе наблюдать также и дождь 1872 года, въ полномъ согласіи другъ съ другомъ признали, что новый дождь былъ обильнѣе и величественнѣе прежняго. Само собой разумѣется, что въ 1885 году астрономы южныхъ обсерваторій употребили всѣ свои старанія на отысканіе кометы въ той части неба, которая прямо противоположна радіанту этого метеорнаго дождя, но на этотъ разъ безъ всякаго успѣха. Затѣмъ, 23 ноября 1892 года снова наблюдали метеорный дождь, по обилію падающихъ звѣздъ сравнимый съ дождемъ 1872 года, но отыскать комету и въ этотъ разъ не удалось. Напротивъ того, за нѣсколько дней передъ этимъ дождемъ Хольмесъ нашелъ вблизи радіанта разсматриваемаго нами метеорнаго потока комету (§ 156), которую онъ, подобно упомянутой выше кометѣ Погсона и Клинкерфюса, принялъ за комету Біэлы; но вскорѣ опредѣленіе ея орбиты показало, что она не имѣетъ никакой связи съ комстой Біэлы.

Профессоръ Х. А. Ньютонъ собралъ всѣ отчеты относительно метеорнаго дождя 27 ноября 1885 года и подвергъ ихъ тщательному, всестороннему изслѣдованію. При этомъ онъ пришелъ къ весьма замѣчательному результату, а именно, что максимумъ явленія имѣлъ мѣсто въ 6 час. 15 мин. средняго Гринвичскаго времени, и что уже черезъ три часа послѣ, а также за три часа до этого момента число падающихъ звѣздъ было въ десять разъ меньше, такъ что прохожденіе земли черезъ главную часть потока, повидимому, продолжалось приблизительно шесть часовъ. Около момента наибольшаго развитія явленія одинъ наблюдатель въ опредѣленномъ мѣстѣ насчитывалъ въ часъ до 75000 метеоровъ. Несмотря на это, плотность потока была все же весьма незначительна, а именно одинъ метеоръ приходился приблизительно на 35000 куб. километр. (т. е. на пространство, имѣющее форму куба со стороною въ 32,7 кил. или 4,4 геогр. миль), и эта наиболѣе плотная часть потока въ ширину достигала только 160000 километровъ (21500 геогр. миль), а весь потокъ былъ приблизительно въ два раза шире. Эти данныя показываютъ, что дѣйствительно едва ли могли увѣнчаться успѣхомъ попытки отыскать въ глубинахъ мірового пространства такую разрѣженную массу кометнаго вещества.

То обстоятельство, что въ 1892 году метеорный дождь наблюдался на четыре дня раньше, объясняется главнымъ образомъ значительнымъ приближеніемъ потока къ Юпитеру въ 1889 и 1890 годахъ.

ГЛАВА XV.

Число неподвижныхъ звѣздъ, ихъ разстояніе отъ земли и размѣры.

§ 173. **Видимая величина звѣздъ и ихъ цвѣтъ.** Уже при первомъ взглядѣ на небо мы замѣчаемъ огромную разницу между различными звѣздами, которыми оно усѣяно. Нѣкоторыя изъ нихъ настолько ярки, что мы можемъ видѣть ихъ тотчасъ послѣ захода солнца, между тѣмъ какъ другія становятся видимыми значительно позже, уже по наступленіи ночи; наконецъ, есть на небѣ и еще болѣе слабыя звѣзды, которыя даже при благопріятныхъ обстоятельствахъ мы можемъ замѣтить только при помощи зрительной трубы.

Но мы были бы далеки отъ истины, если бы это видимое различіе яркости звѣздъ приписали исключительно различію ихъ истинныхъ размѣровъ или же исключительно различію ихъ разстояній отъ земли, иначе говоря, — если бы мы высказали предположеніе, что тѣ звѣзды, которыя намъ кажутся наиболѣе яркими, и въ дѣйствительности обладаютъ наибольшими размѣрами, или находятся ближе къ намъ, чѣмъ другія звѣзды.

Слѣдовательно, если мы все-же хотимъ говорить о величинѣ звѣздъ, то, очевидно, мы должны имѣть въ виду лишь ихъ видимую величину, т.-е. болѣе или менѣе сильное впечатлѣніе, которое производитъ на нашъ глазъ яркость звѣздъ. Въ этомъ смыслѣ звѣздами первой величины мы называемъ такія, которыя производятъ наиболѣе сильное впечатлѣніе на нашъ глазъ; нѣсколько менѣе яркія звѣзды мы называемъ звѣздами второй величины, еще менѣе яркія — звѣздами третьей величины, и такимъ образомъ мы идемъ до звѣздъ шестой величины, причемъ подъ этими послѣдними мы разумѣемъ такія звѣзды, которыя при благопріятныхъ обстоятельствахъ мы еще легко можемъ различать невооруженнымъ глазомъ.

Но кромѣ звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, существуетъ еще несравненно бо́льшее число звѣздъ, которыя можно видѣть только при помощи зрительной трубы. Эти такъ называемыя телескопическія звѣзды также раздѣляютъ на нѣсколько классовъ, причемъ число этихъ классовъ растетъ по мѣрѣ увеличенія объектива трубы, употребляемой для наблюденій, такъ какъ, чѣмъ больше объективъ, тѣмъ бо́льшее число новыхъ, все болѣе и болѣе слабыхъ звѣздъ мы видимъ. Обыкновенно полагаютъ, что при помощи трубы съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 16 сантиметровъ (6 пар. дюймовъ) кромѣ звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, можно различить еще шесть классовъ, слѣдовательно, всего двѣнадцать классовъ звѣздъ, видимая величина которыхъ уменьшается по мѣрѣ того, какъ число, опредѣляющее ихъ классъ, увеличивается. Въ настоящее время обыкновенно полагаютъ, что звѣзда каждаго высшаго класса свѣтитъ въ 2,5 раза слабѣе звѣзды предшествующаго низшаго класса. Въ такомъ случаѣ если для того, чтобы увидѣть звѣзду 15-ой величины, необходимо пользоваться рефракторомъ (см. часть IV) съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 64 сантиметра, то звѣзду 16-ой величины можно увидѣть только въ рефракторъ съ свободнымъ отверстіемъ объектива въ 100 сантиметровъ *).

Опредѣленіе яркости неподвижныхъ звѣздъ уже болѣе, чѣмъ 2000 лѣтъ тому назадъ составляло предметъ наблюденій, и уже въ звѣздномъ каталогѣ въ Альмагестѣ даны относительныя яркости или звѣздныя величины болѣе, чѣмъ 1000 звѣздъ. При этомъ по бо́льшей части довольствовались однимъ только наблюденіемъ, часто недостаточно точнымъ,

*) Замѣтимъ, что отношеніе $\frac{100}{64} = \sqrt{2{,}5}$.

Переводчикъ.

такъ какъ на оцѣнку яркости звѣздъ обыкновенно не смотрѣли какъ на главный предметъ, а занимались такими наблюденіями лишь попутно при другихъ работахъ, напр., при опредѣленіи положенія звѣздъ на небесной сферѣ. Только въ 1840 году Аргеландеръ въ Боннѣ предпринялъ систематическую оцѣнку яркости звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, и его «Уранометрія» послужила основаніемъ всѣмъ позднѣйшимъ болѣе точнымъ работамъ этого рода, каковы, напр., работы Д. Гершеля, Хейса, Бермана, Гузо, Гульда и другихъ. Впрочемъ приблизительно только два столѣтія тому назадъ были изобрѣтены приборы для измѣренія яркости звѣздъ (фотометры); но въ этомъ отношеніи всѣ старанія Гюйгенса, Бугера и Ламберта и даже сравнительно въ недавнее время Штейнгеля, Шверда, Цельнера и др. имѣли лишь посредственный успѣхъ для общаго увеличенія нашихъ знаній относительно яркости звѣздъ, отчасти потому, что нѣкоторые въ высшей степени остроумные фотометры были неудобны для практическаго примѣненія, отчасти потому, что эти приборы не примѣнялись для изслѣдованія большого числа звѣздъ. Только Притчардъ въ Оксфордѣ и Пикерингъ на обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа въ Кэмбриджѣ въ Массачусетѣ предприняли въ 1880 году при помощи ими самими изобрѣтенныхъ фотометровъ систематическія наблюденія съ цѣлію опредѣленія яркости звѣздъ, причемъ Пикерингъ существенно расширилъ наши знанія въ этомъ направленіи также и относительно яркости телескопическихъ звѣздъ.

Ниже мы приводимъ списокъ звѣздъ, видимыхъ въ среднихъ широтахъ и обыкновенно причисляемыхъ къ звѣздамъ первой и второй величины, и для нихъ даемъ яркости, выражая ихъ въ звѣздныхъ величинахъ, съ точностью до десятыхъ долей одного класса. Но предварительно мы должны сдѣлать нѣкоторыя разъясненія относительно звѣздъ, величина которыхъ выражается отрицательнымъ числомъ.

Подъ звѣздами первой величины мы вообще разумѣемъ звѣзды столь различной яркости, что этотъ классъ собственно слѣдовало бы раздѣлить еще на нѣсколько классовъ. Средняя яркость звѣздъ этой группы равняется приблизительно яркости Атаира (α Орла). Принимая эту звѣзду за нормальную звѣзду первой величины и, сообразно съ этимъ, выражая ея величину числомъ 1,0, мы, слѣдуя правилу, что величина болѣе яркихъ звѣздъ должна выражаться меньшимъ числомъ, величину звѣзды, которая въ 2,5 раза ярче Атаира, выразимъ знакомъ 0,0, для величины звѣзды, которая въ 2,5 раза ярче звѣзды 0,0 величины, примемъ обозначеніе —1,0 и т. д. Послѣ этого разъясненія всѣ данныя въ нижеслѣдующей табличкѣ будутъ ясны для читателя.

Звѣзда	Величина	Яркость	Звѣзда	Величина	Яркость
Сиріусъ	— 1,4	9,12	Касторъ	1,6	0,58
Арктуръ	+ 0,1	2,29	ε Большого Пса .	1,6	0,58
Капелла	0,2	2,09	γ Оріона . . .	1,8	0,48
Ригель	0,2	2,09	ε Оріона. . . .	1,8	0,48
Вега	0,4	1,74	ζ Оріона . . .	1,8	0,48
Проціонъ . . .	0,6	1,45	β Тельца . . .	1,9	0,44
Бетейгейзе . . .	0,8	1,20	η Больш. Медв. .	1,9	0,44
Альдебаранъ. . .	1,0	1,00	ε Большой Медв. .	1,9	0,44
Атаиръ	1,0	1,00	α Большой Медв. .	2,0	0,40
Антаресъ . . .	1,1	0,91	α Персея . . .	2,0	0,40
Спика	1,2	0,83	β Возничаго . .	2,0	0,40
Поллуксъ . . .	1,2	0,83	δ Большого Пса .	2,0	0,40
Фомальгаутъ . .	1,3	0,76	α Андромеды . .	2,1	0,36
Регулъ	1,4	0,69	Полярная . . .	2,1	0,36
Денебъ	1,6	0,58	γ Близнецовъ . .	2,1	0,36

β Малой Медв. * .	2,1	0,36	α Змѣеносца *. .	2,2	0,33
β Большого Пса .	2,2	0,33	γ Кассіопеи * . .	2,2	0,33
α Гидры . .	2,2	0,33	β Андромеды * . .	2,2	0,33
α Овна	2,2	0,33	β Кита * . . .	2,3	0,30
ζ Больш. Медв. .	2,2	0,33	α Короны *. .	2,3	0,30
δ Оріона * . . .	2,2	0,33	β Кассіопеи* . .	2,4	0,28
γ Андромеды * . .	2,2	0,33	β Большой Медв.*	2,4	0,28
γ Льва * . .	2,2	0,33	γ Большой Медв.*.	2,5	0,25
β Льва * . . .	2,2	0,33	α Пегаса * . . .	2,5	0,25

Данныя, приведенныя въ этой табличкѣ, заимствованы изъ работы Пикеринга, въ которой онъ сопоставилъ видимыя величины наиболѣе яркихъ звѣздъ. Впрочемъ исключеніе составляютъ звѣзды, обозначенныя звѣздочкой (*), такъ какъ ихъ въ работѣ Пикеринга нѣтъ и онѣ здѣсь прибавлены для полноты. Величины звѣздъ, заимствованныхъ отъ Пикеринга, представляютъ среднее значеніе изъ всѣхъ заслуживающихъ довѣрія оцѣнокъ ихъ яркости. Для величинъ же остальныхъ звѣздъ мы взяли среднія значенія изъ опредѣленій Пикеринга и Притчарда. На основаніи величинъ звѣздъ вычислены ихъ яркости при предположеніи, впервые введенномъ Погсономъ, что звѣзда каждаго высшаго класса въ 2,5 раза слабѣе звѣзды предыдущаго низшаго класса, причемъ яркость нашей нормальной звѣзды перваго класса принималась за единицу.

Въ дополненіе къ этому списку прибавимъ еще нѣсколько наиболѣе яркихъ звѣздъ южнаго неба, невидимыхъ у насъ. Величины этихъ звѣздъ мы заимствуемъ изъ вышеупомянутой работы Пикеринга: эти величины основаны на наблюденіяхъ Д. Гершеля на Мысѣ Доброй Надежды и Гульда въ Кордобѣ.

Звѣзда	Величина	Яркость	Звѣзда	Величина	Яркость
Канопусъ . . .	— 0,8	5,25	λ Скорпіона . .	1,9	0,44
α Центавра .	— 0,1	2,76	β Арго	1,9	0,44
Ахернаръ . . .	+ 0,6	1,45	γ Арго	2,0	0,40
β Центавра . . .	0,8	1,20	ε Арго	2,0	0,40
α Креста . . .	0,9	1,10	θ Скорпіона . .	2,1	0,36
β Креста . . .	1,5	0,63	θ Центавра . . .	2,1	0,36
α Журавля . . .	1,8	0,48	α Южн. треуг. . .	2,1	0,36
γ Креста . . .	1,8	0,48	α Павлина . . .	2,1	0,36

Для изображенія звѣздъ на картахъ съ сохраненіемъ истинныхъ отношеній между ихъ видимыми величинами, пришлось бы, по Штейнгелю, представлять ихъ въ видѣ кружечковъ, діаметры которыхъ даны въ нижеслѣдующей табличкѣ при предположеніи, что діаметръ средней звѣзды первой величины равенъ единицѣ:

1-я величина	1,00	4-я величина	0,21
2-я »	0,60	5-я »	0,12
3-я »	0,35	6-я »	0,07

Въ случаѣ звѣздныхъ картъ, назначаемыхъ для чисто научныхъ цѣлей и вычерчиваемыхъ въ очень крупномъ масштабѣ, такое представленіе звѣздъ говоритъ само за себя; на картахъ же малаго масштаба наиболѣе яркія звѣзды пришлось бы въ такомъ случаѣ изображать кружечками, вычертить которые было бы затруднительно вслѣдствіе ихъ огромныхъ размѣровъ: поэтому мы на нашихъ звѣздныхъ картахъ (см. таблицы, приложенныя къ § 118 первой части) сохранили обычный способъ изображенія наиболѣе яркихъ звѣздъ въ видѣ звѣздочекъ съ расходящимися во всѣ стороны лучами, такъ какъ вслѣдствіе оптическаго обмана онѣ именно въ такомъ видѣ представляются невооружен-

ному глазу. Кстати упомянемъ здѣсь, что положенія звѣздъ и вообще различныхъ небесныхъ тѣлъ, указываемыя въ этой части нашей книги, относятся къ 1900 году.

Кромѣ различія въ яркости звѣздъ мы при первомъ же взглядѣ на небо замѣчаемъ, что не всѣ звѣзды посылаютъ намъ бѣлый свѣтъ. Это еще яснѣе выступаетъ при наблюденіи при помощи сильной зрительной трубы, причемъ въ этомъ случаѣ почти каждая болѣе или менѣе яркая звѣзда для глаза, чувствительнаго къ цвѣтовымъ впечатлѣніямъ, характеризуется своимъ особеннымъ, въ большинствѣ случаевъ, правда, весьма слабымъ цвѣтовымъ оттѣнкомъ. Такъ, напр., въ настоящее время среди звѣздъ первой величины Сиріусъ, Вега, Денебъ, Регулъ и Спика обладаютъ рѣзкимъ бѣлымъ цвѣтомъ. Желтый и желтоватый оттѣнокъ имѣютъ Проціонъ, Атаиръ, Полярная звѣзда и въ особенности β Малой Медвѣдицы, между тѣмъ какъ β Лиры относится къ числу голубоватыхъ звѣздъ. Напротивъ того, Альдебаранъ, Антаресъ, Бетейгейзе (α Оріона), какъ это замѣтилъ еще Птоломей, и γ Креста, согласно съ наблюденіями Рюмкера, отличаются краснымъ цвѣтомъ.

§ 174. **Измѣненія яркости и цвѣта звѣздъ.** Приходится сильно сожалѣть, что прежнія опредѣленія относительной яркости звѣздъ были недостаточно точны, такъ какъ вслѣдствіе этого мы лишаемся возможности съ достовѣрностью указать и прослѣдить измѣненія, которыя, повидимому, произошли у нѣкоторыхъ изъ этихъ небесныхъ тѣлъ. Такъ, напр., звѣзда α Гидры древними причислялась къ звѣздамъ первой величины, между тѣмъ какъ въ настоящее время она слабѣе второй величины. Точно также семь красивыхъ звѣздъ въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы, повидимому, постоянно мѣняютъ свой блескъ, такъ что то одна изъ нихъ, то другая кажется наиболѣе яркой. Напр., звѣзда δ въ извѣстномъ четыреугольникѣ этого созвѣздія въ настоящее время принадлежитъ къ звѣздамъ только четвертой величины, между тѣмъ какъ еще Тихо-Браге считалъ ее звѣздой второй величины. Въ особой главѣ мы еще вернемся къ этому предмету.

Не только яркость, но также и цвѣтъ нѣкоторыхъ звѣздъ, повидимому мѣняется съ теченіемъ времени, причемъ въ видѣ примѣра обыкновенно называютъ Сиріуса, такъ какъ Птоломей и нѣкоторые другіе древніе авторы причисляли его къ краснымъ звѣздамъ. Впрочемъ неоднократно старались доказать, что употребляемые по отношенію къ этой звѣздѣ эпитеты указывали не на цвѣтъ, а на другія ея особенности, и въ самомъ концѣ XIX-го столѣтія, основываясь на дѣльномъ замѣчаніи Шіелльерупа, весьма многіе астрономы придерживались того взгляда, что мнимое наблюденіе Птоломея было приписано ему лишь позднѣйшими комментаторами Альмагеста. Однако сопоставленіе всѣхъ относящихся сюда замѣчаній и критическій разборъ ихъ привели американскаго астронома Си къ убѣжденію, что Сиріусъ въ древности былъ дѣйствительно красной звѣздой, между тѣмъ въ настоящее время его обыкновенно считаютъ бѣлымъ, хотя, впрочемъ, Зейдель называлъ его голубоватымъ, а Ольберсъ желтоватозеленымъ. Подобнымъ же образомъ выдающійся наблюдатель X-го столѣтія, Абдалрахманъ (§ 179), причислялъ β Персея (Алголя) къ краснымъ звѣздамъ, между тѣмъ какъ въ настоящее время онъ блеститъ яркимъ бѣлымъ свѣтомъ. Еще другой примѣръ представляетъ спутникъ звѣзды γ Дельфина. Наконецъ, Арктуръ, который прежде причислялся къ наиболѣе краснымъ звѣздамъ нашего неба, въ серединѣ XIX-го столѣтія, согласно съ наблюденіями Шмидта, почти совершенно потерялъ эту окраску, въ настоящее же время онъ опять, повидимому, дѣлается все болѣе и болѣе краснымъ.

Наконецъ, временное, повторяющееся каждый вечеръ измѣненіе цвѣта звѣздъ и въ связи съ этимъ внезапное увеличеніе и уменьшеніе ихъ яркости составляютъ такъ называемое мерцаніе звѣздъ. Впрочемъ это явленіе никоимъ образомъ не присуще самимъ звѣздамъ: оно, какъ это подробно было разобрано въ другомъ мѣстѣ (часть I, § 107), вызывается неправильнымъ преломленіемъ и разсѣяніемъ свѣта въ нашей земной атмо-

сферѣ. Подобнымъ же образомъ должны быть объяснены измѣненія цвѣта короткаго періода, замѣченныя нѣсколько десятковъ лѣтъ назадъ Клейномъ въ Кельнѣ и Веберомъ въ Пекело у нѣкоторыхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы, въ особенности у α и β Ursae majoris.

§ 175. **Историческія свѣдѣнія относительно параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ.** Уже въ § 44 первой части мы говорили, что на опредѣленіе разстояній отъ земли до звѣздъ или, что то-же самое, на опредѣленіе годичнаго параллакса неподвижныхъ звѣздъ стали смотрѣть какъ на задачу величайшей важности съ того момента, когда Коперникъ обнародовалъ свою планетную систему, такъ какъ въ то время чувствовался недостатокъ въ наглядныхъ доказательствахъ истинности этой системы, и если бы удалось опредѣлить параллаксъ какой-нибудь неподвижной звѣзды, то тѣмъ самымъ было бы найдено подобное доказательство. Поэтому, нѣтъ ничего удивительнаго, что и сторонники, и противники системы Коперника весьма ревностно принялись за соотвѣтственныя наблюденія и неутомимо продолжали ихъ: первые—съ цѣлью поставить систему Коперника, въ случаѣ успѣха своихъ изысканій, на непоколебимое основаніе, вторые — съ цѣлью опровергнуть эту систему въ случаѣ, если удастся доказать, что неподвижныя звѣзды не имѣютъ параллаксовъ. Въ наше время вопросъ объ опредѣленіи звѣздныхъ параллаксовъ пріобрѣлъ совершенно иное значеніе: онъ является въ высшей степени важнымъ въ смыслѣ расширенія нашихъ знаній относительно протяженія мірового пространства. Поэтому, здѣсь вполнѣ умѣстно вкратцѣ изложить исторію касающихся этого вопроса изысканій.

Еще Галилей старался найти способъ для опредѣленія параллакса неподвижныхъ звѣздъ и для этой цѣли предложилъ наблюдать въ различныя времена года исчезновеніе звѣзды первой величины за какой-нибудь башней, удаленной отъ наблюдателя на нѣсколько миль. Однако это предложеніе никѣмъ не было приведено въ исполненіе, и во всякомъ случаѣ вслѣдствіе большой неточности наблюденій того времени оно не дало бы никакихъ результатовъ. Позднѣе подобными изслѣдованіями усиленно занимались Тихо-де-Браге и Рикчіоли; впрочемъ бывшіе въ ихъ распоряженіи квадранты были также слишкомъ несовершенны, чтобы при помощи нихъ можно было опредѣлять столь малыя величины.

Въ концѣ XVII столѣтія знаменитый англійскій геометръ Валлисъ снова предпринялъ подобныя изслѣдованія. Онъ прикрѣпилъ къ верхушкѣ башни объективъ зрительной трубы съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ и при помощи окуляра, вдѣланнаго въ стѣну его дома, наблюдалъ въ различныя времена года разность азимутовъ наиболѣе яркихъ звѣздъ. Такимъ способомъ онъ имѣлъ въ виду главнымъ образомъ устранить вредное вліяніе рефракціи (часть I, глава XI); однако и онъ не пришелъ ни къ какому рѣшительному результату, хотя занимался этимъ предметомъ болѣе 40 лѣтъ. Вскорѣ послѣ этого хотѣлъ повторить тѣ-же самыя наблюденія Роулей на башнѣ собора св. Павла въ Лондонѣ, но Ньютонъ помѣшалъ выполненію этихъ наблюденій, такъ какъ онъ боялся, чтобы и безъ того нецѣлесообразный способъ, благодаря весьма вѣроятной неудачѣ, не подорвалъ довѣрія къ новому ученію даже въ средѣ немногихъ его послѣдователей.

Современникъ и соперникъ Ньютона, Гукъ, старался достичь той-же цѣли при помощи крѣпко прикрѣпленной къ стѣнѣ зрительной трубы съ фокуснымъ разстояніемъ въ 12 метровъ, но наблюденія, произведенныя этимъ инструментомъ, опять были слишкомъ неточны, чтобы отъ нихъ можно было ожидать отвѣта на интересующій насъ вопросъ. Фламстидъ въ 1690 году наблюдалъ довольно продолжительное время Полярную звѣзду при помощи своего шестифутоваго стѣннаго квадранта и полагалъ, что онъ нашелъ довольно значительный параллаксъ этой звѣзды. Однако Доминикъ Кассини показалъ, что измѣненія въ положеніи звѣзды, замѣченныя Фламстидомъ, не согласуются съ тѣми, которыя вытекаютъ изъ правильной теоріи параллакса, и что они, поэтому, должны быть объяснены совершенно другими причинами. Датскій астрономъ Рёмеръ, такъ много сдѣлавшій въ области практической астрономіи, первый показалъ, что наблюденныя прямыя восхо-

жденія звѣздъ гораздо болѣе пригодны для этой цѣли, чѣмъ зенитныя разстоянія, которыми воспользовался Фламстидъ, и онъ занимался этимъ предметомъ въ теченіе 18 лѣтъ, но еще, не доведя до конца всѣ вычисленія своихъ наблюденій, которыя впрочемъ также привели къ отрицательному результату, онъ былъ внезапно похищенъ смертью. Также и Брадлей, преемникъ Фламстида въ Гринвичской обсерваторіи, приложилъ всѣ свои старанія, чтобы опредѣлить параллаксы нѣкоторыхъ неподвижныхъ звѣздъ, но вмѣсто этого онъ открылъ другія два замѣчательныя движенія звѣздъ, а именно аберрацію и нутацію (часть I, главы VI и VII); первое изъ этихъ движеній служитъ прямымъ доказательствомъ движенія земли вокругъ солнца. Параллаксъ же звѣздъ Брадлей, согласно съ своими наблюденіями, считалъ совершенно незамѣтнымъ.

Въ началѣ XIX-го столѣтія опредѣленіемъ звѣздныхъ параллаксовъ занимались преимущественно Піацци и Каландрелли. Піацци въ Палермо опять остановился на наблюденіяхъ зенитныхъ разстояній и нашелъ, что параллаксъ Капеллы и нѣкоторыхъ другихъ звѣздъ первой величины весьма близокъ къ нулю; параллаксъ же Сиріуса изъ его наблюденій получился равнымъ 4″. Но не говоря уже о томъ, что для Европы Сиріусъ весьма мало пригоденъ для такого рода изслѣдованій, такъ какъ во всѣхъ обсерваторіяхъ этой части свѣта онъ проходитъ черезъ меридіанъ на слишкомъ незначительной высотѣ, мы въ настоящее время знаемъ, что всѣ позднѣйшія опредѣленія параллакса этой звѣзды не согласуются съ вышеприведенной величиной. Поэтому, годичныя измѣненія, замѣченныя астрономомъ Піацци въ положеніи Сиріуса, а также нѣкоторыхъ другихъ звѣздъ, напр., Полярной, повидимому, должны быть объяснены періодическими перемѣщеніями самого зданія, въ которомъ былъ установленъ его инструментъ, такъ какъ всякое зданіе вслѣдствіе освѣщенія солнцемъ преимущественно съ одной стороны и вслѣдствіе измѣненія температуры съ временами года испытываетъ періодическія измѣненія въ своемъ положеніи; Піацци же, не зная причины этихъ измѣненій, объяснилъ ихъ вліяніемъ параллакса.

Каландрелли въ Римѣ съ тою-же цѣлью наблюдалъ въ 1805 году красивую звѣзду Вегу въ созвѣздіи Лиры, которая въ этомъ городѣ проходитъ черезъ меридіанъ вблизи отъ зенита. Для этого онъ воспользовался секторомъ, радіусъ котораго равнялся 3 метрамъ, и его наблюденія, предпринятыя по прекрасному плану и очень хорошо между собою согласующіяся, дали для параллакса Веги 4,4″. Однако Бессель въ Кенигсбергѣ, который послѣ Каландрелли занимался изслѣдованіемъ параллакса той-же звѣзды, изъ прямыхъ восхожденій, наблюденныхъ Брадлеемъ, нашелъ, что даже сумма параллаксовъ Веги и Сиріуса равна нулю; для суммы параллаксовъ Атаира въ созвѣздіи Орла и Проціона въ созвѣздіи Малаго Пса онъ получилъ весьма незначительную величину 0″,6. Онъ весьма удачно выбралъ для своихъ изслѣдованій пары такихъ звѣздъ, которыя лежатъ почти на одномъ и томъ-же параллельномъ кругѣ и по прежнему восхожденію отличаются приблизительно на 180°, такъ какъ для такихъ звѣздъ въ то время, какъ прямое восхожденіе одной изъ нихъ вслѣдствіе параллакса дѣлается наименьшимъ, прямое восхожденіе другой, наоборотъ, достигаетъ наибольшаго значенія (часть I, § 45).

Въ первой трети XIX-го столѣтія этой задачей занимались также Бринклей, Пондъ, В. Струве и др.; но всѣ эти попытки только доказали, что ни одна изъ изслѣдованныхъ звѣздъ не имѣетъ замѣтнаго параллакса. Поэтому, хотя еще и не было получено положительнаго результата, но все же уже можно было сказать, что, если бы параллаксъ какой-нибудь изъ изслѣдованныхъ звѣздъ равнялся только одной секундѣ дуги, то такая величина не могла бы ускользнуть отъ нашихъ наблюденій. Слѣдовательно, годичный параллаксъ этихъ, а также и всѣхъ остальныхъ звѣздъ долженъ быть меньше 1″. Посмотримъ же, какое разстояніе соотвѣтствуетъ такому параллаксу.

Если мы говоримъ, что годичный параллаксъ звѣзды равняется 1″, то это значитъ,

что радіусъ земной орбиты (рис. 218) усматривается со звѣзды подъ угломъ въ 1″, т.-е. что уголъ при звѣздѣ равенъ 1″. Поэтому, зная параллаксъ звѣзды, мы можемъ опредѣлять ея разстояніе отъ земли, рѣшивъ треугольникъ, вершинами котораго служатъ звѣзда, солнце и земля E (рис. 218). Рѣшая этотъ треугольникъ по правиламъ тригонометріи, находимъ, что разстояніе отъ звѣзды до земли равняется радіусу земной орбиты, раздѣленному на синусъ параллакса звѣзды, или, въ нашемъ частномъ случаѣ на $\sin 1''$. Поэтому, если для радіуса земной орбиты мы примемъ 150 милліоновъ километровъ, то соотвѣтственное разстояніе круглымъ числомъ получается равнымъ 31 билліону километровъ. Отсюда слѣдуетъ, что ближайшая звѣзда отстоитъ отъ земли болѣе, чѣмъ на 31 билліонъ километровъ, т.-е. круглымъ числомъ въ 200 000 разъ дальше солнца. Разстояніе, равное 31 билліону километровъ, т.-е. такое разстояніе, съ котораго радіусъ земной орбиты усматривается подъ угломъ въ 1″, мы можемъ принять за единицу при опредѣленіи разстояній отъ земли до звѣздъ, совершенно также, какъ при опредѣленіи разстояній въ нашей солнечной системѣ за единицу мы принимаемъ среднее разстояніе отъ земли до солнца.

Мы уже неоднократно говорили, что среднее разстояніе отъ земли до солнца настолько огромно, что о немъ мы собственно не можемъ составить себѣ никакого понятія. Что же мы можемъ сказать въ такомъ случаѣ о новой, только что введенной нами единицѣ длины? Эта единица длины относится къ одному километру, какъ одинъ милліонъ лѣтъ къ одной секундѣ. Быстроходное парусное судно, дѣлающее 12 морскихъ миль или $22^1/_4$ километра въ часъ, прошло бы такое разстояніе только въ 160 милліоновъ лѣтъ, и даже курьерскому поѣзду, ѣдущему со скоростью 90 километровъ въ часъ, потребовалось бы для этого цѣлыхъ 39 милліоновъ лѣтъ. Однако и эти числа все же слишкомъ велики, чтобы мы могли составить себѣ ясное представленіе о новой единицѣ длины. Болѣе пригодной для нашей цѣли можетъ быть скорость свѣта. Но даже и свѣтъ, который при своей несомнѣнно огромной скорости въ 300 000 километровъ въ секунду достигаетъ отъ солнца до земли всего въ 8 м. 18 сек., только въ $3^1/_4$ года можетъ пробѣжать разстояніе, равное новой единицѣ длины! А между тѣмъ разстоянія даже до ближайшихъ къ намъ звѣздъ, согласно съ нашими наблюденіями, превосходятъ одну такую единицу длины; наиболѣе же отдаленныя изъ видимыхъ нами звѣздъ могутъ отстоять отъ земли еще въ нѣсколько тысячъ разъ дальше. Поэтому, не только вполнѣ возможно, но даже весьма вѣроятно, что есть такія звѣзды, отъ которыхъ свѣтъ, несмотря на свою огромную скорость, достигаетъ до насъ только черезъ нѣсколько тысячъ лѣтъ, такъ что со временъ Моисея или Александра Македонскаго на небѣ могли произойти весьма значительныя перемѣны, о которыхъ мы еще не имѣемъ ни малѣйшаго понятія, такъ какъ свѣтъ, этотъ вѣстникъ, приносящій намъ вѣсти изъ глубины вселенной, еще не успѣлъ дойти до земли.

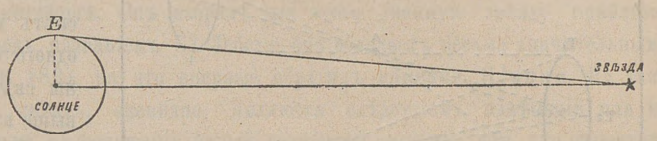


Рис. 218.

Но чтобы ни происходило въ этихъ, къ сожалѣнію, совершенно неизвѣстныхъ намъ глубинахъ вселенной, во всякомъ случаѣ изъ нашихъ наблюденій ясно вытекаетъ одно, а именно, что всѣ неподвижныя звѣзды, даже ближайшія изъ нихъ находятся отъ насъ на такихъ разстояніяхъ, въ сравненіи съ которыми разстояніе отъ земли до солнца представляется не болѣе, какъ ничтожной точкой. Какъ далеко за этими ближайшими звѣздами простирается во всѣ стороны міровое пространство съ его необозримымъ войскомъ солнцъ, это навсегда останется для насъ неизвѣстнымъ. И всѣ наши свѣдѣнія объ этомъ безконечно огромномъ міровомъ пространствѣ ограничиваются лишь небольшой колоніей, которая раскинулась вокругъ нашего солнца, которая окружаетъ насъ со всѣхъ сторонъ и къ которой принадлежитъ также и наше жилище — земля. Эта колонія по площади

занимаетъ лишь небольшой кругъ въ 63 трилліона кубическихъ километровъ: въ центрѣ этого круга царитъ наше солнце, а на крайней его границѣ, отстоящей отъ солнца на 4500 милліоновъ километровъ, находится планета Нептунъ. Этотъ кругъ мы назвали небольшимъ на томъ основаніи, что съ ближайшей къ намъ неподвижной звѣзды радіусъ этого круга усматривается подъ угломъ, который меньше 30″, т.-е. приблизительно подъ такимъ же угломъ, подъ которымъ мы усматриваемъ радіусъ Юпитера, когда эта планета находится въ наименьшемъ отъ насъ разстояніи. Между крайними границами участка, предназначеннаго въ міровомъ пространствѣ для небольшого семейства нашего солнца, и между ближайшими къ намъ неподвижными звѣздами кругомъ со всѣхъ сторонъ находится необозримая пустыня, пустая зона, которая въ видѣ кольца охватываетъ нашу планетную систему, которая въ ширину простирается болѣе чѣмъ на 31 билліонъ километровъ и ширина которой, слѣдовательно, въ 7000 разъ превосходитъ радіусъ круга, отведеннаго подъ нашу колонію. Но какимъ образомъ произошло, что отдѣльныя страны этого обширнаго государства отдѣлены другъ отъ друга такими пустынями, это навсегда останется для насъ тайной.

Прежде чѣмъ идти далѣе, замѣтимъ, что, желая выразить разстояніе отъ земли до звѣзды, параллаксъ которой намъ извѣстенъ, въ новыхъ, введенныхъ въ этомъ параграфѣ единицахъ длины, мы должны единицу раздѣлить на параллаксъ звѣзды. Иногда же разстоянія до звѣздъ выражаютъ въ такъ называемыхъ свѣтовыхъ годахъ, причемъ подъ свѣтовымъ годомъ понимаютъ такое разстояніе, съ котораго свѣтъ доходитъ до земли въ теченіе одного года. Нашу новую единицу длины свѣтъ проходитъ, какъ мы видѣли выше въ $3^1/_4$ или, точнѣе, въ 3,24 года. Поэтому нетрудно видѣть, что, умножая разстояніе до звѣзды, выраженное въ новыхъ единицахъ длины, на 3,24, мы получимъ то-же самое разстояніе въ свѣтовыхъ годахъ.

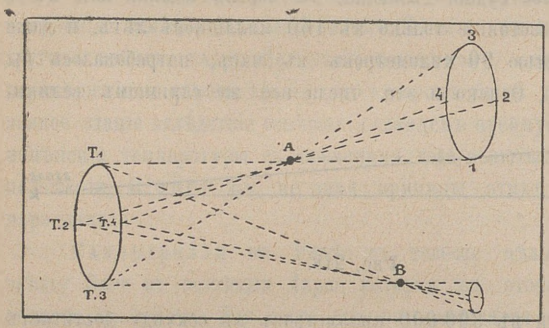


Рис. 219.

§ 176. **Точныя опредѣленія параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ.** При попыткахъ опредѣленія параллакса неподвижныхъ звѣздъ изъ наблюденій зенитныхъ разстояній и прямыхъ восхожденій главнымъ затрудненіемъ являлось то обстоятельство, что для этой цѣли необходимо было пользоваться наблюденіями, отстоящими другъ отъ друга приблизительно на полгода. Измѣненія, которыя могутъ произойти за этотъ промежутокъ времени отчасти въ самихъ инструментахъ, отчасти въ состояніи нашей атмосферы, а также нѣкоторыя другія причины вносятъ въ это дѣло столько неточности, что вслѣдствіе этого опредѣленіе такихъ малыхъ величинъ, какъ параллаксы, весьма сильно затрудняется или даже дѣлается совершенно невозможнымъ. Послѣ того, какъ всѣ прежнія попытки оказались безуспѣшными, Д. Гершель предложилъ для этой цѣли наблюдать оптическія двойныя звѣзды, т.-е. такія звѣзды, которыя, отстоя отъ земли въ дѣйствительности на весьма различныхъ разстояніяхъ, лежатъ приблизительно на общей линіи зрѣнія, одна сзади другой, и потому кажутся намъ находящимися на небесной сферѣ весьма близко одна отъ другой. Такія звѣзды оказываются пригодными для нашей цѣли потому, что вслѣдствіе измѣненія въ положеніи земли должно мѣняться взаимное разстояніе такихъ звѣздъ. Каждая изъ этихъ звѣздъ A и B (рис. 219), вслѣдствіе годичнаго движенія земли T, должна описывать на небѣ видимымъ образомъ небольшой эллипсъ, получающійся въ сѣченіи небесной сферы съ наклоннымъ конусомъ, вершиной которому служитъ звѣзда, а базисомъ эллипсъ

$T_1 T_2 T_3 T_4$, описываемый землей при ея движеніи вокругъ солнца. Для болѣе удаленной отъ насъ звѣзды такой эллипсъ долженъ быть значительно меньше, чѣмъ для другой, болѣе близкой. Поэтому, измѣряя въ различныя времена года разстояніе между обѣими звѣздами и опредѣляя положеніе соединяющей ихъ линіи относительно плоскости экватора, мы, если въ этихъ величинахъ замѣчаются періодическія измѣненія, легко можемъ судить, согласуются ли эти измѣненія съ теоріей параллакса.

Этотъ способъ совершенно свободенъ отъ всѣхъ ошибокъ, которымъ подвержены всѣ наблюденія зенитныхъ разстояній и прямыхъ восхожденій, и онъ рекомендуется главнымъ образомъ потому, что рефракція (часть I, глава XII), эта наибольшая помѣха всѣхъ точныхъ наблюденій, въ этомъ случаѣ не оказываетъ никакого вліянія на результаты, такъ какъ положеніе двухъ весьма близкихъ другъ къ другу звѣздъ она измѣняетъ, очевидно, одинаковымъ образомъ. Но этотъ способъ предполагаетъ, что двойственность этихъ звѣздъ есть лишь кажущаяся, а это на самомъ дѣлѣ бываетъ только въ рѣдкихъ случаяхъ, такъ какъ почти всѣ двойныя звѣзды, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, являются таковыми не только благодаря вліянію перспективы, но и въ дѣйствительности находятся въ весьма близкомъ разстояніи одна отъ другой и образуютъ на небѣ звѣздныя системы, въ которыхъ одна звѣзда движется вокругъ другой, какъ планеты около солнца.

Впрочемъ все-же мы знаемъ нѣсколько двойныхъ звѣздъ, которыя, навѣрное, составляютъ лишь оптическія пары, и на нѣкоторыхъ изъ этихъ звѣздъ вышеизложенный способъ былъ испытанъ съ успѣхомъ. Еще В. Струве въ 1835—1839 годахъ получилъ довольно точный результатъ относительно Веги, параллаксъ которой онъ опредѣлилъ въ 0,26″, и почти одновременно (1837—1840) вторая успѣшная попытка этого рода была сдѣлана Бесселемъ въ Кенигсбергѣ. Онъ избралъ для этого двойную звѣзду приблизительно шестой величины, подъ названіемъ 61 Лебедя; она обладаетъ весьма значительнымъ собственнымъ движеніемъ (§ 183), на что впервые обратилъ вниманіе Піацци. Но такъ какъ собственныя движенія звѣздъ, очевидно, являются слѣдствіемъ измѣненій или въ положеніи самихъ звѣздъ, или въ положеніи нашей солнечной системы, или, что вѣроятнѣе всего, въ положеніи какъ звѣздъ, такъ и солнечной системы, то ясно, что звѣзда, обладающая нѣкоторымъ движеніемъ въ пространствѣ, вообще должна обнаруживать тѣмъ большее видимое движеніе на небесной сферѣ, чѣмъ меньше разстояніе, отдѣляющее ее отъ насъ. Правда, мы еще не имѣемъ права дѣлать обратное заключеніе, а именно, что чѣмъ больше собственное движеніе звѣзды, тѣмъ ближе она должна быть къ землѣ; однако, такъ какъ у насъ нѣтъ вполнѣ опредѣленнаго и безошибочнаго признака, по которому мы могли бы судить о большемъ или меньшемъ разстояніи неподвижныхъ звѣздъ отъ земли, то болѣе близкія къ намъ звѣзды естественнѣе всего искать между такими, которыя обладаютъ быстрымъ движеніемъ, въ особенности, если эти звѣзды относятся къ числу яркихъ. На этомъ основаніи Бессель выбралъ звѣзду 61 Лебедя, самымъ тщательнымъ образомъ опредѣлилъ видимое ея разстояніе отъ двухъ находящихся вблизи нея звѣздочекъ девятой величины и продолжалъ эти наблюденія въ теченіе цѣлаго года, чтобы охватить полный періодъ зависящихъ отъ параллакса измѣненій въ положеніи звѣзды. Въ измѣренныхъ разстояніяхъ весьма ясно обнаружились небольшія измѣненія, слѣдующія тому-же самому закону, по которому долженъ мѣнять эти разстоянія годичный параллаксъ. Обработавъ всѣ свои наблюденія, Бессель, для годичнаго параллакса звѣзды 61 Лебедя получилъ 0,348″.

Послѣ этого параллаксъ этой звѣзды опредѣлялся неоднократно. Но всѣ позднѣйшія опредѣленія дали для параллакса значительно бо́льшее значеніе, и потому нѣтъ никакого сомнѣнія, что этотъ параллаксъ еще не свободенъ отъ нѣкоторыхъ небольшихъ неизвѣстныхъ намъ ошибокъ. Такъ, для годичнаго параллакса звѣзды 61 Лебедя различные астрономы получили слѣдующія значенія:

О. Струве	0,51″
Ауверсъ	0,57
Боль	0,47
Холь	0,48
Притчардъ	0,43

Замѣтимъ, что Притчардъ пользовался фотографическимъ методомъ. Имѣя въ виду всѣ вышеприведенныя значенія параллакса 61 Лебедя, едва ли мы ошибемся, если примемъ для него круглымъ числомъ 0,50″. Этому параллаксу соотвѣтствуетъ разстояніе, равное 6,5 свѣтовымъ годамъ *).

За первымъ успѣшнымъ опредѣленіемъ параллакса вскорѣ послѣдовало и второе. Еще Гендерсонъ на основаніи своихъ меридіанныхъ наблюденій звѣзды α Центавра, которыя онъ производилъ въ 1832 и 1833 годахъ, замѣтилъ, что параллаксъ этой звѣзды долженъ быть равенъ приблизительно 1″. Многочисленныя наблюденія Меклира (1840—1849), повидимому, подтвердили этотъ результатъ. Точно также Мёста изъ своихъ наблюденій въ Сантъ-Яго-де-Чили нашелъ для параллакса α Центавра 0,88″. Однако позднѣйшія наблюденія показали, что даже и это послѣднее значеніе еще нѣсколько велико. Гиль и Элькинъ на мысѣ Доброй Надежды, на основаніи своихъ весьма тщательныхъ измѣреній при помощи геліометра, нашли, что параллаксъ этой звѣзды едва ли можетъ значительно отличаться отъ 0,75″. Эта великолѣпная двойная звѣзда южнаго полушарія, несмотря на то, что ея параллаксъ былъ уменьшенъ до $^3/_4$″, все же оказывается, насколько намъ извѣстно до сихъ поръ, нашей ближайшей сосѣдкой въ междузвѣздномъ пространствѣ.

Кромѣ только что упомянутыхъ опредѣленій звѣздныхъ параллаксовъ, различными астрономами былъ изслѣдованъ въ этомъ отношеніи цѣлый рядъ другихъ звѣздъ. Въ самое послѣднее время особенныя услуги этой отрасли астрономіи оказали Боль, Гиль, Элькинъ, Каптейнъ и др. Рутерфордомъ съ хорошимъ успѣхомъ была примѣнена къ этимъ изслѣдованіямъ фотографія, и въ серединѣ восьмидесятыхъ годовъ Притчардъ опредѣлилъ по этому способу параллаксы довольно значительнаго числа звѣздъ. Благодаря стараніямъ всѣхъ этихъ астрономовъ мы знаемъ въ настоящее время параллаксы приблизительно 50 звѣздъ; но на большую часть этихъ параллаксовъ, вслѣдствіе трудности ихъ опредѣленія, мы должны смотрѣть лишь какъ на первое, грубое приближеніе въ рѣшеніи вопроса. Ниже даны нѣкоторые, заслуживающіе довѣрія параллаксы, причемъ въ случаѣ двойныхъ звѣздъ, каковы, напр., α Центавра, 61 Лебедя, 70*p* Офіуха и т. д., указана звѣздная величина болѣе яркихъ составляющихъ. Положенія звѣздъ въ этой табличкѣ отнесены къ 1900 году.

Звѣзда.	Величина.	Прям. восх.	Склон.	Годичное движеніе.	Параллаксъ.	Разстоян. въ свѣт. годахъ.
α Центавра .	1	14^h 32.8^m	-60° 25′	3,67″	0,75″	4,3
61 Лебедя . . .	5,6	21 2,4	+38 15	5,16	0,50	6.5
Лаландъ 21185 * .	7,8	10 57,9	+36 38	4,75	0,48	6,7
Капелла. .	1	5 9,3	+45 54	0,43	0,39	8,3
Сиріусъ.	1	6 40,7	—16 35	1,33	0,38	8,5
Грумбриджъ 34 * .	8	0 12,7	+43 27	2,81	0,31	10,5
Проціонъ	1	7 34,1	+ 5 29	1,25	0,28	11,6
Грумбриджъ 1618 *	6,7	10 5,3	+49 58	1,43	0,26	12,5
γ Кассіопеи . . .	4	0 43,0	+57 17	1,19	0,26	12,5

*) Новѣйшія опредѣленія параллакса звѣзды 61 Лебедя снова даютъ для него величину, лежащую въ предѣлахъ отъ 0,3″ до 0,4″.

Переводчикъ.

Звѣзда.	Величина.	Прям. восх.		Склон.		Годичное движеніе.	Параллаксъ.	Разстоян. въ свѣт. годахъ.
σ Дракона . . .	5	19	32,5	+69	29	1,93	0,24	13,5
Брадлей 3077 * .	6	13	8,5	+56	37	2,09	0,24	13,5
Лаландъ 21258 * .	8,9	11	0,5	+44	2	4,40	0,23	14,1
Арг. Ольцень 17414*	9	17	37,0	+68	26	1,27	0,22	14,7
ε Индѣйца . . .	4	21	55,7	—57	12	4,70	0,22	14,7
Атаиръ	1	19	45,9	+ 8	36	0,65	0,19	17,0
0_2 Эридана . . .	4,5	4	10,7	— 7	49	4,11	0,19	17,0
70 *p* Офіуха . . .	4	18	0,4	+ 2	31	1,11	0,17	19,1
Вега	1	18	33,6	+38	41	0,36	0,16	20,3
Грумбриджъ 1830 *	7	11	47,2	+38	26	7,05	0,15	21,6

* Названія звѣздъ, отмѣченныя въ этой табличкѣ звѣздочкой указываютъ какъ на имя астронома, составившаго звѣздный каталогъ (часть I, глава III, § 26), такъ и на порядковый нумеръ звѣзды въ данномъ каталогѣ.*

Судя по этой табличкѣ, предположеніе, что самыя яркія звѣзды находятся ближе всего къ землѣ, вообще не подтверждается; повидимому, даже, наоборотъ, ближайшія сосѣдки нашего солнца принадлежатъ къ болѣе слабымъ звѣздамъ. Далѣе, звѣзда Грумбриджъ 1830, которая, насколько извѣстно до сихъ поръ, обладаетъ наибольшимъ собственнымъ движеніемъ, наводитъ насъ на раздумье относительно правильности заключенія, что чѣмъ больше собственное движеніе звѣзды, тѣмъ ближе къ землѣ она находится. Въ видѣ другого подобнаго же примѣра укажемъ на Арктура, который среди звѣздъ первой величины послѣ α Центавра обладаетъ наибольшимъ собственнымъ движеніемъ, равнымъ 2,28″, но не обнаруживаетъ никакого замѣтнаго параллакса *). Слѣдуя Скіапарелли, можно себѣ представить, что болѣе близкія къ намъ звѣзды принадлежатъ къ особой звѣздной системѣ, въ которой всѣ отдѣльные члены обладаютъ приблизительно одинаковыми движеніями; въ такомъ случаѣ звѣзды этой системы, очевидно, должны были бы обнаруживать сравнительно незначительное собственное движеніе, и сообразно съ этимъ ближайшія къ намъ звѣзды слѣдовало бы искать во всякомъ случаѣ не среди тѣхъ, которыя обладаютъ наибольшимъ собственнымъ движеніемъ. Подобныя же соображенія побудили Боля предпринять систематическое изслѣдованіе параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ, причемъ онъ составилъ довольно обширный списокъ красныхъ перемѣнныхъ звѣздъ, обладающихъ значительнымъ собственнымъ движеніемъ, включивъ, впрочемъ, въ этотъ списокъ также и нѣкоторыя другія звѣзды, и наблюдалъ ихъ около времени наибольшаго вліянія параллакса (часть I, § 45). Такимъ образомъ Боль изслѣдовалъ въ общемъ 368 звѣздъ, но при этомъ только для двухъ звѣздъ получилъ болѣе или менѣе значительные параллаксы. Поэтому, въ настоящее время можно съ достаточною увѣренностью высказать предположеніе, что только весьма немногія звѣзды отстоятъ отъ насъ на разстояніи, меньшемъ чѣмъ 6 свѣтовыхъ лѣтъ.

§ 177. **Размѣры неподвижныхъ звѣздъ и сравненіе ихъ яркости съ яркостью нашего солнца.** Еще болѣе скудны наши свѣдѣнія относительно истинныхъ размѣровъ неподвижныхъ звѣздъ, такъ какъ ихъ видимые діаметры, вслѣдствіе чрезвычайной ихъ малости, совершенно ускользаютъ отъ нашихъ измѣреній. Правда, Сиріусъ, Капелла, Арктуръ и другія звѣзды первой величины съ ихъ живительнымъ свѣтомъ представляются невооруженному глазу въ видѣ дисковъ довольно значительныхъ размѣровъ, но свѣтъ,

*) Несмотря на эти и нѣкоторые другіе единичные исключительные случаи, для общей массы звѣздъ разбираемыя здѣсь положенія остаются вѣрными.

Переводчикъ.

окружающій звѣзду со всѣхъ сторонъ и являющійся причиной ея мерцанія, не есть ядро звѣзды, не есть самое тѣло звѣзды, и происхожденіе его надо искать не столько въ звѣздѣ, сколько въ несовершенствѣ нашего глаза. Поэтому, звѣзды кажутся намъ тѣмъ меньше, чѣмъ совершеннѣе инструментъ, въ который мы ихъ разсматриваемъ, и въ хорошія зрительныя трубы онѣ представляются намъ въ видѣ настоящихъ точекъ. Но что звѣзды въ дѣйствительности обладаютъ нѣкоторыми размѣрами, которые лишь ускользаютъ отъ нашихъ измѣрительныхъ приборовъ, это легко можно видѣть изъ нижеслѣдующихъ соображеній, которыя кромѣ того помогаютъ намъ сдѣлать по крайней мѣрѣ приближенную оцѣнку видимыхъ діаметровъ этихъ свѣтилъ.

За недостаткомъ лучшихъ данныхъ сдѣлаемъ во всякомъ случаѣ возможное допущеніе, что всѣ звѣзды обладаютъ одинаковой силой свѣта, т.-е. что равныя площади, лежащія на поверхности различныхъ звѣздъ, излучаютъ одинаковыя количества свѣта. Въ такомъ случаѣ мы безъ труда можемъ опредѣлить отношенія радіусовъ звѣздъ, принадлежащихъ къ различнымъ классамъ. Назовемъ радіусы двухъ звѣздъ буквами h и H, силу свѣта первой—буквой i, силу свѣта второй—буквой J и наконецъ звѣздныя величины той и другой—буквами m и M. При вышеуказанномъ предположеніи между этими величинами существуетъ слѣдующее соотношеніе

$$i : J = h^2 : H^2,$$

такъ какъ поверхности двухъ шаровъ относятся между собой, какъ квадраты ихъ радіусовъ. Но такъ какъ, далѣе, яркость звѣзды каждаго высшаго класса въ 2,5 раза меньше яркости звѣзды предыдущаго низшаго класса (§ 173), то вмѣстѣ съ тѣмъ должно существовать еще другое соотношеніе, а именно:

$$i : J = 2{,}5^M : 2.5^m.$$

Сравнивая между собою эти два соотношенія, получаемъ новое, а именно:

$$h^2 : H^2 = 2{,}5^M : 2{,}5^m.$$

Отсюда для h выводимъ слѣдующую величину:

$$h = \frac{H\sqrt{2{,}5^M}}{\sqrt{2{,}5^m}} = \frac{1{,}5811^M}{1{,}5811^m} \cdot H.$$

Если бы мы могли для какой-нибудь звѣзды, радіусъ которой H намъ извѣстенъ, опредѣлить хотя бы приближенно ея звѣздную величину M, то въ предыдущемъ уравненіи мы имѣли бы всѣ необходимыя данныя для того, чтобы вычислить средніе радіусы звѣздъ различныхъ классовъ. За такую исходную звѣзду мы можемъ принять наше солнце.

Радіусъ H нашего солнца намъ извѣстенъ весьма точно: онъ равенъ 962″; поэтому намъ необходимо только опредѣлить звѣздную величину нашего солнца. Эту величину мы можемъ вывести изъ фотометрическихъ измѣреній отношенія яркости нашего солнца къ яркости звѣздъ, если только положимъ, что солнце въ среднемъ обладаетъ такой-же силой свѣта, какъ и звѣзды. Если оставить въ сторонѣ старыя опредѣленія Гершеля и Волластона, полученныя при помощи еще весьма несовершенныхъ вспомогательныхъ приборовъ, то въ новѣйшее время Штейнгель, Бондъ и Кларкъ по совершенно различнымъ способамъ нашли для отношенія яркости солнца къ яркости Сиріуса слѣдующія числа: 3840, 5971 и 3600 или, въ среднемъ, 4470 милліоновъ. Далѣе, Сиріусъ въ 9,12 разъ ярче средней звѣзды первой величины (§ 173); слѣдовательно, наше солнце въ 40766 милліоновъ разъ ярче звѣзды первой величины. Переводя это на звѣздныя величины, мы можемъ сказать, что солнце на 26,7 или круглымъ числомъ на 27 величинъ ярче звѣзды первой величины. Подобное же число недавно получилъ Горе слѣдующимъ путемъ. По размѣрамъ планеты и по ея разстоянію отъ солнца можно вычислить часть солнечнаго свѣта, которая падаетъ на эту планету; а послѣ этого, зная альбедо планеты (§ 71), можно опредѣлить отношеніе яркости солнца къ яркости планеты, и, наконецъ, по извѣстной звѣздной величинѣ планеты вышеописаннымъ способомъ можно найти также

и звѣздную величину солнца. Итакъ, едва ли мы сильно ошибемся, если примемъ, что солнце на 27 величинъ ярче звѣзды первой величины. Слѣдовательно, звѣздная величина солнца равняется $1 - 27 = -26$. Положимъ же въ нашей формулѣ $H = 962''$ и $M = -26$. Въ такомъ случаѣ для вычисленія h въ секундахъ дуги будемъ имѣть такое выраженіе:

$$h = \frac{0{,}00645}{1{,}5811^m}$$

Слѣдовательно, видимые радіусы звѣздъ различной яркости выражаются слѣдующими величинами:

Величина.	Діаметръ.	Величина.	Діаметръ.
1	0,00408″	4	0,00103″
2	0,00258	5	0,00065
3	0,00163	6	0,00041

Предѣльными звѣздами, еще видимыми при помощи современныхъ рефракторовъ, мы можемъ считать звѣзды 15-ой величины; этимъ звѣздамъ соотвѣтствуетъ видимый діаметръ въ 0,0000067″!

Здѣсь мы можемъ предложить себѣ для разрѣшенія еще такой вопросъ: какая звѣздная величина соотвѣтствовала бы нашему солнцу, если бы оно находилось отъ насъ на разстояніи, равномъ разстоянію какой-нибудь опредѣленной звѣзды?

Мы знаемъ, что яркость нѣкотораго источника свѣта уменьшается съ увеличеніемъ разстоянія отъ него до насъ, и притомъ это уменьшеніе пропорціонально квадрату разстоянія. Поэтому, называя буквой J яркость, соотвѣтствующую разстоянію, равному единицѣ звѣздныхъ разстояній (§ 175), а буквой i—яркость, соотвѣтствующую разстоянію r, мы будемъ имѣть соотношеніе:

$$i = J : r^2.$$

Но если буквой p обозначимъ годичный параллаксъ звѣзды, то ея разстояніе отъ земли какъ мы видѣли въ § 175, вычисляется по формулѣ:

$$r = 1 : Sin\ p$$

Поэтому предыдущее соотношеніе принимаетъ видъ:

$$i = J\ Sin^2\ p.$$

Но если мы примемъ яркость звѣзды первой величины за единицу (т. е. $J=1$ при $M=1$), то извѣстное намъ соотношеніе

$$i : J = 2{,}5^M : 2{,}5^m$$

для этого частнаго случая даетъ

$$i = 2{,}5 : 2{,}5^m = 1 : 2{,}5^{m-1}.$$

Поэтому, звѣздная величина солнца, соотвѣтствующая различнымъ разстояніямъ или различнымъ значеніямъ параллакса, можетъ быть получена изъ слѣдующаго уравненія:

$$2{,}5^{m-1} = \frac{1}{J\ Sin^2\ p} = \frac{1}{40766000000\ Sin^2\ p}.$$

Вычисленія по этой формулѣ даютъ намъ слѣдующіе результаты:

Параллаксъ p.	Звѣздная величина солнца.	Параллаксъ p.	Звѣздная величина солнца.
0,50″	2,56	0,25″	4,07
0,45	2,79	0,20	4,56
0,40	3,05	0.15	5,19
0,35	3,34	0,10	6,07
0,30	3,67	0,05	7,59

Сравнивая эти результаты съ величинами звѣздъ, параллаксы которыхъ даны выше (§ 176), мы видимъ, что наше солнце по силѣ свѣта уступаетъ семи звѣздамъ, а именно:

α Центавра, Капеллѣ, Сиріусу, Проціону, Атаиру, Вегѣ и 70 p Офіуха; далѣе, оно обладаетъ приблизительно такой-же силой свѣта, какъ и звѣзды: η Кассіопеи, σ Дракона, ε Индѣйца и O_2 Эридана; остальныя восемь звѣздъ оно, напротивъ того, превосходитъ по силѣ свѣта, такъ что въ общемъ оно, повидимому, принадлежитъ къ звѣздамъ, обладающимъ средней силой свѣта.

Несмотря на то, что яркость неподвижныхъ звѣздъ въ сравненіи съ яркостью нашего солнца весьма мала, все же при помощи весьма чувствительныхъ термическихъ столбиковъ удалось обнаружить ясные слѣды нагрѣванія нашей земли неподвижными звѣздами. Впервые такой успѣхъ выпалъ на долю неутомимаго Гуггинса, причемъ онъ обратилъ свое вниманіе на Сиріуса, Поллукса, Регула и Арктура. Впослѣдствіи Стоне такимъ же путемъ нашелъ, что это вліяніе для Арктура составляетъ 0,000001370, а для Веги 0,000000920 по шкалѣ Фаренгейта, или другими словами, что Арктуръ и Вега, находясь на высотѣ 250 надъ горизонтомъ Гринвича, посылаютъ намъ столько же теплоты, какъ и восемь кубическихъ сантиметровъ кипящей воды на разстояніи соотвѣтственно 366 и 548 метровъ. Влажность въ воздухѣ значительно уменьшаетъ это количество теплоты, а тончайшія облака совершенно задерживаютъ ее. Стоне полагаетъ, что различіе между двумя только что названными звѣздами происходитъ оттого, что красные тепловые лучи сильнѣе поглощаются въ атмосферѣ бѣлой Веги, чѣмъ въ атмосферѣ красноватаго Арктура.

§ 178. **Физическія свойства звѣздъ.** Мы только что видѣли, что не можемъ особенно похвастаться нашими свѣдѣніями объ огромныхъ разстояніяхъ, отдѣляющихъ неподвижныя звѣзды отъ земли; напротивъ того, спектральный анализъ, независимый отъ разстоянія изслѣдуемаго предмета, глубоко проникъ въ тайну химическаго строенія этихъ отдаленныхъ міровъ. Природа звѣздъ, пожалуй, намъ извѣстна даже лучше, чѣмъ природа планетъ нашей солнечной системы, такъ какъ эти послѣднія посылаютъ намъ лишь отраженный солнечный свѣтъ, и потому ихъ спектръ представляетъ собою, въ сущности говоря, не что иное, какъ спектръ солнца. Но прежде чѣмъ входить въ подробности относительно химическаго состава звѣздъ, сдѣлаемъ нѣкоторыя дополненія къ тому, что было сказано о сущности спектральнаго анализа раньше, при разсмотрѣніи солнечнаго спектра (§ 8).

Среди темныхъ линій солнечнаго спектра, которыя не соотвѣтствовали свѣтлымъ спектральнымъ линіямъ ни одного изъ земныхъ веществъ, особенное вниманіе астрофизиковъ обращала на себя одна. Она лежитъ въ весьма близкомъ разстояніи отъ двойной линіи D_1 D_2 натрія и потому была обозначена буквой D_3, а тотъ неизвѣстный элементъ, которому она принадлежитъ, вслѣдствіе его присутствія на солнцѣ, получилъ названіе гелія.

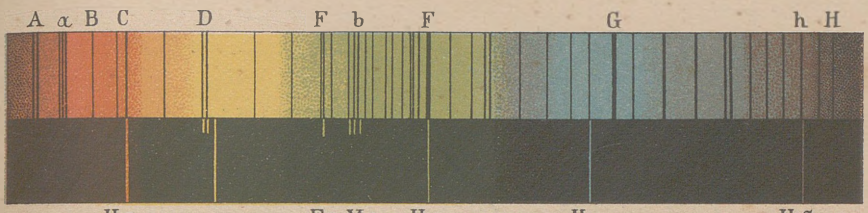
Линія гелія въ спектрѣ солнечной хромосферы появляется всегда вмѣстѣ съ линіями водорода (§ 26), и внутреннее сродство гелія съ водородомъ доказывается еще тѣмъ, что присутствіе гелія обнаружено на нѣкоторыхъ изъ тѣхъ немногихъ звѣздъ, въ спектрѣ которыхъ наблюдаются свѣтлыя водородныя линіи.

Въ первой половинѣ 1895 года Рамзаю удалось извлечь изъ рѣдкаго минерала клевеита новый газъ, въ спектрѣ котораго особенно рѣзко выступала линія гелія D_3; а подробныя изслѣдованія спектра этого газа, произведенныя Рунге и Пашеномъ, обнаружили въ этомъ спектрѣ еще цѣлый рядъ другихъ линій, совпадающихъ съ такими линіями солнечнаго спектра, которыя до тѣхъ поръ не могли быть отождествлены съ линіями ни одного земного вещества. Необходимо замѣтить, что по изслѣдованіямъ Рунге добытый изъ клевеита газъ оказался не простымъ тѣломъ, а состоящимъ, повидимому, изъ двухъ элементовъ, которые не могли быть раздѣлены: одного болѣе тяжелаго (гелія) и другого болѣе легкаго.

Эти открытія весьма интересны и сами по себѣ, но они пріобрѣтаютъ еще большее значеніе благодаря тому, что Х. Фогелю удалось обнаружить присутствіе наиболѣе

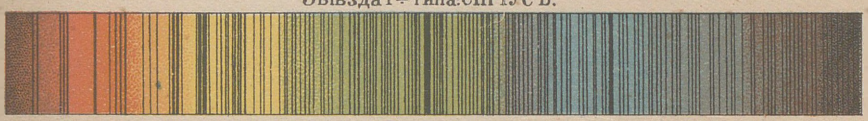
Спектры небесныхъ тѣлъ.

СОЛНЦЕ.

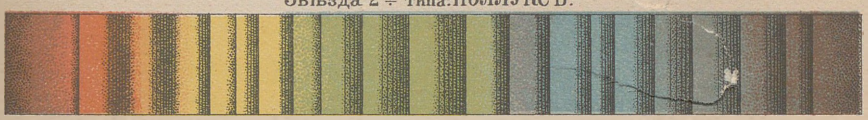




Звѣзда 1го типа: СИРІУСЪ.



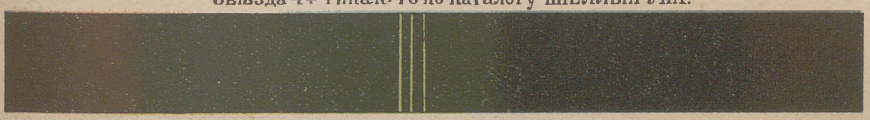
Звѣзда 2го типа: ПОЛЛУКСЪ.



Звѣзда 3го типа: α HERCULIS.



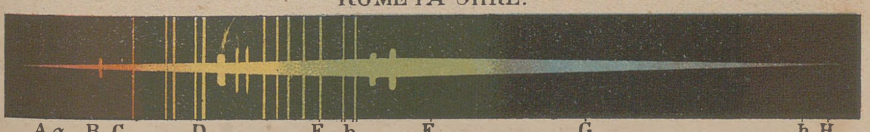
Звѣзда 4го типа: №78 по каталогу ШЕЛЛЬЕРУПА.



ТУМАННОЕ ПЯТНО.



КОМЕТА ЭНКЕ.



КОМЕТА 1882 Сентября 18.

Библіотека Естествозн.

Лит. И. Кадушкина, С.П.Б.

яркой линіи гелія въ спектрахъ большого числа бѣлыхъ звѣздъ и тѣмъ самымъ доказать, что этотъ газъ, столь рѣдко встрѣчающійся у насъ на землѣ, играетъ весьма значительную роль въ міровомъ пространствѣ.

Еще Фраунгоферъ зналъ, что спектры неподвижныхъ звѣздъ не только сильно отличаются другъ отъ друга, но отчасти также значительно уклоняются отъ солнечнаго спектра; но астрономы не могли вывести отсюда никакихъ дальнѣйшихъ заключеній до тѣхъ поръ, пока Кирхгофъ не объяснилъ происхожденія темныхъ линій въ спектрѣ и не обнаружилъ такимъ образомъ ихъ важнаго значенія. Вслѣдъ затѣмъ, въ 1864 году, Гуггинсъ и Миллеръ предприняли систематическое изслѣдованіе звѣздныхъ спектровъ, причемъ оказалось, что неподвижныя звѣзды состоятъ по большей части изъ тѣхъ же самыхъ элементовъ, которые мы находимъ на солнцѣ и которые намъ извѣстны также у насъ на землѣ. То обстоятельство, что самые распространенные въ міровомъ пространствѣ элементы, какъ-то: водородъ, кальцій, натрій, магній, желѣзо и т. д., принадлежатъ къ числу тѣхъ, которыя обусловливаютъ жизнь органическихъ существъ у насъ на землѣ, заставляетъ насъ подозрѣвать, что природа если не всѣхъ, то по крайней мѣрѣ очень многихъ звѣздъ и ихъ планетъ не отличается существеннымъ образомъ отъ природы тѣлъ нашей солнечной системы.

Вскорѣ послѣ Гуггинса занялся изслѣдованіемъ звѣздныхъ спектровъ Секки, который убѣдился, что всѣ звѣздные спектры можно свести къ четыремъ типичнымъ формамъ. Изслѣдованія, начатыя Гуггинсомъ и Секки, съ успѣхомъ продолжали Д'Арре, Фогель, Дунеръ, Локьеръ, Пикерингъ и др. Но особенно обширные результаты были добыты въ послѣдніе годы, когда явилась возможность получать хорошіе фотографическіе снимки съ звѣздныхъ спектровъ, вслѣдствіе чего въ значительной степени облегчилось ихъ измѣреніе.

Четыре типа звѣздныхъ спектровъ, введенные итальянскимъ астрономомъ Секки, Фогель свелъ къ тремъ, соединивъ въ одинъ классъ третій и четвертый типъ; но зато онъ каждый изъ трехъ классовъ раздѣлилъ на нѣсколько подотдѣловъ. * Ниже дано описаніе спектровъ различныхъ типовъ; вмѣстѣ съ тѣмъ къ тексту приложены двѣ таблицы, одна—раскрашенная со спектрами солнца, звѣздъ 1-го, 2-го, 3-го и 4-го типовъ по Секки, туманнаго пятна и двухъ кометъ, другая — черная, изображающая спектры нѣкоторыхъ отдѣльныхъ звѣздъ. *

Первый классъ (I).

Къ этому классу принадлежатъ непрерывные спектры, въ которыхъ наибольшею яркостью отличаются наиболѣе преломляемыя части, именно синяя и фіолетовая. Эти спектры пересѣчены цѣлымъ рядомъ водородныхъ линій, которыя представляются въ видѣ темныхъ, обыкновенно широкихъ и размытыхъ, а изрѣдка рѣзкихъ и узкихъ линій поглощенія и которыя по яркости вообще значительно превосходятъ металлическія линіи, также наблюдаемыя въ этихъ спектрахъ. Въ очень рѣдкихъ случаяхъ водородныя линіи, а также линіи другихъ элементовъ появляются не въ видѣ темныхъ линій поглощенія, а въ видѣ свѣтлыхъ линій на фонѣ непрерывнаго спектра.

a) Къ этой группѣ принадлежатъ спектры, въ которыхъ преобладаютъ водородныя линіи и совсѣмъ не наблюдаются линіи, характеризующія добытый изъ клевеита газъ. Эта группа въ свою очередь подраздѣляется еще на три болѣе мелкихъ подотдѣла:

a$_1$) къ первому принадлежатъ спектры, въ которыхъ водородныя линіи весьма широки и сильно развиты;

a$_2$) ко второму относятся спектры, въ которыхъ на ряду съ водородными линіями выступаютъ также линіи нѣкоторыхъ металловъ, а именно: кальція, магнія

и натрія; спектральныя линіи другихъ металловъ весьма тонки и слабы, и при незначительномъ свѣторазсѣяніи ихъ очень трудно различить;

a_3) третій подотдѣлъ охватываетъ спектры, въ которыхъ линіи различныхъ металловъ, въ особенности линіи желѣза весьма многочисленны и интенсивны, и въ которыхъ главная линія кальція (въ крайнемъ фіолстовомъ цвѣтѣ) иногда по интенсивности сравнивается съ водородными линіями; этотъ подотдѣлъ представляетъ прямой переходъ къ второму классу.

b) Ко второй группѣ относятся спектры, въ которыхъ кромѣ преобладающихъ водородныхъ линій замѣтны также линіи клевеитнаго газа. Кромѣ того, въ спектрахъ этой группы выступаютъ въ большемъ или меньшемъ числѣ линіи кальція, магнія, натрія и желѣза.

c) Третью группу составляютъ спектры съ свѣтлыми линіями. Эта группа распадается на два подотдѣла:

c_1) къ первому относятся спектры, въ которыхъ выступаютъ только водородныя свѣтлыя линіи;

c_2) ко второму принадлежатъ спектры, въ которыхъ кромѣ водородныхъ линій наблюдаются еще свѣтлыя линіи клевеитнаго газа, кальція, магнія и другихъ металловъ.

Второй классъ (II).

Ко второму классу относятся спектры, въ которыхъ весьма ясно выступаютъ металлическія линіи. Наиболѣе преломляемая часть въ этихъ спектрахъ блѣднѣе, чѣмъ въ спектрахъ перваго класса. Въ менѣе преломляемыхъ частяхъ выступаютъ иногда слабыя полосы поглащенія.

a) Къ этой группѣ принадлежатъ спектры съ весьма многочисленными металлическими линіями, которыя вслѣдствіе ихъ интенсивности особенно легко можно различать въ желтомъ и зеленомъ цвѣтахъ. Водородныя линіи по большей части интенсивны, но никогда не бываютъ такъ расширены, какъ въ спектрахъ типа I *a*. Въ спектрахъ нѣкоторыхъ звѣздъ водородныя линіи довольно слабы, но въ такихъ случаяхъ въ менѣе преломляемыхъ частяхъ спектра обыкновенно бываютъ замѣтны слабыя полосы поглащенія (типъ II по Секки).

b) Ко второй группой второго класса относятся спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линій и отдѣльныхъ слабыхъ полосъ выступаютъ также свѣтлыя линіи.

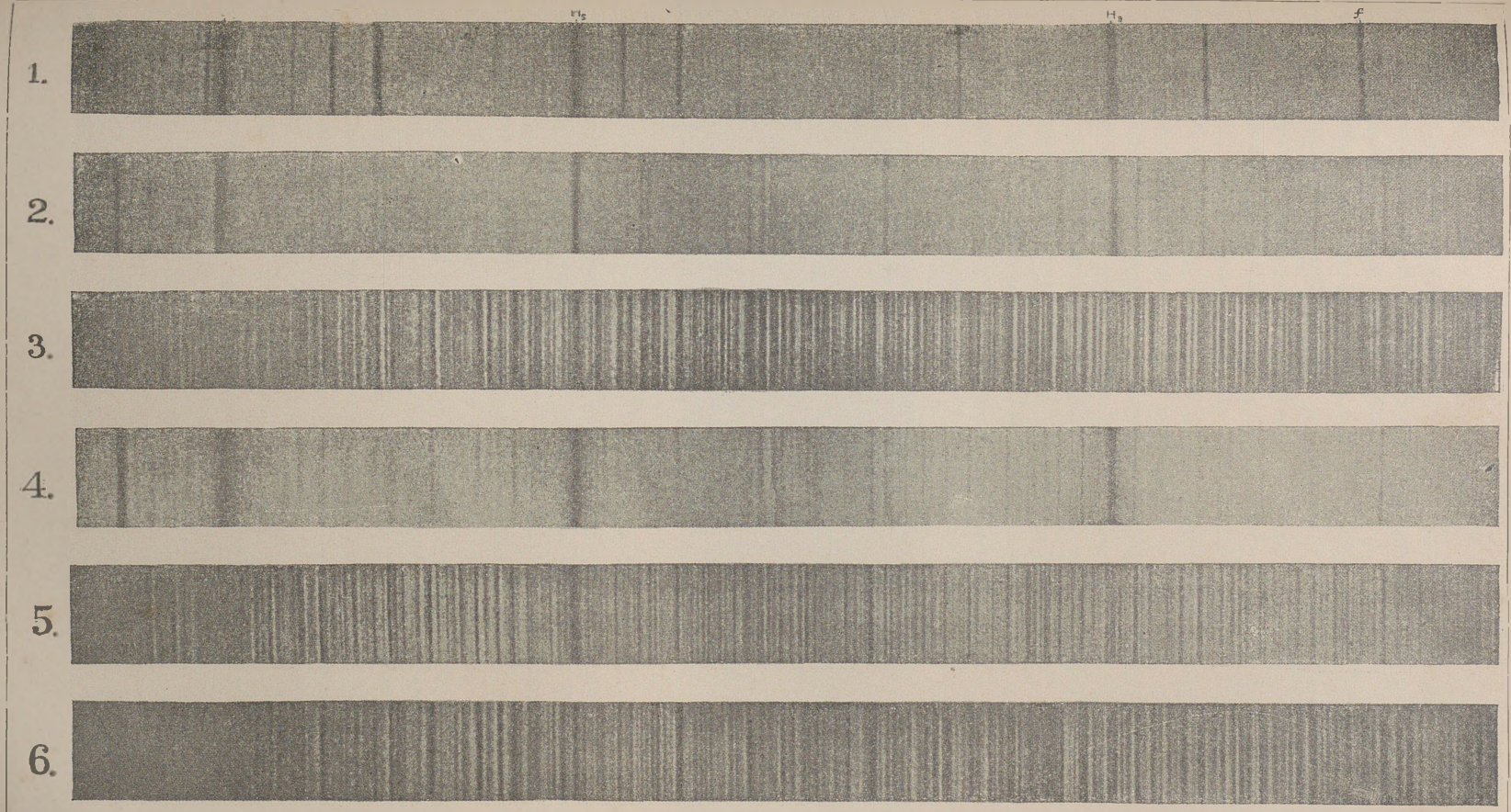
Третій классъ (III).

Третій классъ охватываетъ спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линій выступаютъ еще многочисленныя темныя полосы и въ которыхъ болѣе преломляемыя части весьма слабы.

a) Къ первой группѣ этого класса относятся спектры, въ которыхъ кромѣ темныхъ линій наблюдаются еще полосы поглащенія. Наиболѣе замѣчательныя изъ этихъ полосъ темны и рѣзко ограничены со стороны фіолетоваго цвѣта и блѣдны и размыты со стороны краснаго (типъ III по Секки).

b) Вторую группу третьяго класса составляютъ спектры, характеризующіеся весьма широкими полосами, изъ которыхъ наиболѣе интенсивныя рѣзко ограничены и чрезвычайно темны со стороны краснаго цвѣта, по направленію же къ фіолетовому цвѣту онѣ постепенно блѣднѣютъ. Такимъ образомъ размытыми онѣ представляются съ противоположной стороны сравнительно съ полосами въ спектрахъ предыдущаго типа; точно также число полосъ въ спектрахъ этого типа меньше, чѣмъ въ спектрахъ предыдущаго типа. Синяя и фіолетовая части обыкновенно бываютъ чрезвычайно слабы (типъ IV по Секки).

Къ первому классу принадлежатъ всѣ тѣ звѣзды, которыя невооруженному глазу



Спектры звѣздъ.

1. Беллятриксъ.—2. α Cygni.– 3. γ Cygni. 4. β Arietis.—5. Проціонъ - 6. Арктуръ.

или, если онѣ телескопическія, то въ зрительную трубу представляются бѣлыми. Впрочемъ особенно многочисленны только звѣзды типа I *a*; къ этому типу относится большая часть звѣздъ первой величины, какъ-то Сиріусъ (см. раскрашенную таблицу), Вега, Атаиръ, Денебъ (см. черную таблицу, а также рис. 220), Регулъ и т. д., а также безчисленное множество болѣе слабыхъ звѣздъ, такъ что болѣе половины всѣхъ звѣздъ, изслѣдованныхъ при помощи спектроскопа, должны быть причислены къ этому типу.

Напротивъ того, весьма рѣдко встрѣчаются спектры типовъ I *b* и I *c*. Къ первому изъ этихъ типовъ относятся звѣзды β, γ, δ, ε Ориона (спектръ γ Orionis изображенъ на черной таблицѣ) и еще нѣсколько другихъ звѣздъ этого же созвѣздія, а также Алголь и Спика; изъ звѣздъ типа I *c*, кромѣ нѣкоторыхъ телескопическихъ, до сихъ поръ извѣстны только двѣ представительницы, β Лиры и χ Кассіопеи.

Второй классъ охватываетъ желтыя звѣзды. Важнѣйшимъ представителемъ типа II *a* является наше солнце (см. раскрашенную таблицу); далѣе сюда принадлежатъ: Капелла, Арктуръ (см. черную таблицу), Альдебаранъ, Полярная и т. д., короче говоря, — около одной трети всѣхъ изслѣдованныхъ звѣздъ. Типъ II *b* представленъ на небѣ опять весьма скудно; сюда, кромѣ нѣсколькихъ звѣздъ въ созвѣздіи Лебедя, еще принадлежатъ двѣ весьма интересныхъ звѣзды, а именно: перемѣнная звѣзда *R* Близнецовъ и вновь открытая въ 1866 году звѣзда *T* Короны.

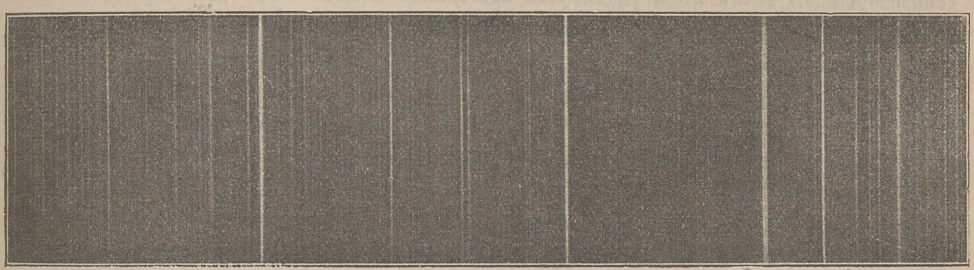


Рис. 220.

Къ третьему классу принадлежатъ красныя звѣзды, причемъ къ типу III *a* между прочимъ относятся: α Геркулеса (см. раскрашенную таблицу), β Пегаса, Бетейгейзе, «Удивительная» (ο Кита) и бо́льшая часть перемѣнныхъ звѣздъ (глава XVII). Въ высшей степени интересный типъ III *b* встрѣчается очень рѣдко, и представительницы этого типа до сихъ поръ были найдены только среди телескопическихъ звѣздъ.

На раскрашенной таблицѣ, какъ мы уже выше упоминали, изображены спектры различныхъ типовъ, и для сравненія данъ также спектръ солнца. Тотчасъ же бросается въ глаза большое сходство этого послѣдняго со спектромъ типа II (со спектромъ Поллукса). Сейчасъ же подъ солнечнымъ спектромъ изображены свѣтлыя линіи хромосферы и протуберанцевъ: короткія принадлежатъ хромосферѣ, длинныя—протуберанцамъ.

Согласно съ основными правилами спектральнаго анализа, звѣзды перваго класса настолько сильно раскалены, что содержащіеся въ ихъ атмосферахъ пары металловъ могутъ произвести лишь весьма незначительное поглощеніе, вслѣдствіе чего въ спектрахъ этихъ звѣздъ или вовсе нѣтъ соотвѣтственныхъ темныхъ линій, или же наблюдаются лишь крайне тонкія линіи. У звѣздъ второго класса, къ которымъ, какъ уже было замѣчено выше, относится также наше солнце, окружающія ихъ атмосферы уже на столько сильно охладились, что онѣ порождаютъ въ спектрахъ интенсивныя линіи поглощенія. Къ третьему классу относятся такія звѣзды, у которыхъ температура атмосферъ понизилась уже настолько, что въ этихъ атмосферахъ могутъ образовываться и удерживаться химическія соединенія элементовъ, входящихъ въ ихъ составъ. Въ самомъ дѣлѣ, согласно съ нашими

опытами, только сложныя вещества могутъ производить болѣе или менѣе широкія полосы поглощенія. Поэтому мы можемъ сдѣлать предположеніе, что звѣзды перваго класса принадлежатъ къ наиболѣе молодымъ небеснымъ тѣламъ, а звѣзды третьяго класса въ своемъ развитіи двинулись впередъ дальше всѣхъ остальныхъ. Поэтому, точное изслѣдованіе спектровъ звѣздъ третьяго класса и главнымъ образомъ типа III *b* представляетъ особенный интересъ; къ сожалѣнію, это изслѣдованіе вслѣдствіе незначительной яркости всѣхъ звѣздъ, относящихся къ этому послѣднему типу, сопряжено съ большими затрудненіями. Все же профессору Фогелю, при помощи большого рефрактора Вѣнской обсерваторіи, удалось доказать, что въ составъ атмосферъ звѣздъ типа III *b* входятъ углеводородныя соединенія, и благодаря этому въ спектрахъ этихъ звѣздъ появляются характерныя для этого типа полосы поглощенія.

* Въ заключеніе этого параграфа считаемъ интереснымъ вкратцѣ коснуться одного способа опредѣленія температуры звѣздъ. Положимъ, что въ спектрѣ какого-нибудь источника свѣта наибольшею интенсивностью отличается цвѣтовой оттѣнокъ, которому соотвѣтствуетъ длина волны, равная λ, и допустимъ, что температура тѣла, испускающаго изслѣдуемый свѣтъ, есть T. Въ такомъ случаѣ по законамъ физики это произведеніе λT есть величина постоянная. Это значитъ, что съ повышеніемъ температуры тѣла, наибольшею интенсивностью въ спектрѣ испускаемаго имъ свѣта отличаются оттѣнки, характеризуемые меньшею длиною волнъ. Вышеупомянутая постоянная можетъ быть опредѣлена только изъ опытовъ. Профессора Луммеръ и Прингсхеймъ опредѣлили эту постоянную для нѣкоторыхъ земныхъ тѣлъ, раскаленныхъ до свѣченія, и получили для нея число, заключающееся въ предѣлахъ отъ 2500 до 3000, при условіи, что длина волны λ выражена въ микронахъ, т.-е. въ тысячныхъ доляхъ миллиметра. Баронъ Гаркани, работающій на обсерваторіи въ Огіалла (въ Венгріи) сдѣлалъ попытку опредѣлить температуру нѣкоторыхъ звѣздъ, пользуясь указаннымъ выше закономъ о постоянствѣ произведенія λT. Такъ какъ постоянная, которой должно равняться это произведеніе, для звѣздъ не можетъ быть опредѣлена изъ опытовъ, то Гаркани принялъ для нея значеніе, найденное Луммеромъ и Прингсхеймомъ для раскаленныхъ земныхъ тѣлъ. Для своихъ изслѣдованій онъ воспользовался спектральными наблюденіями Фогеля, директора астрофизической обсерваторіи въ Потсдамѣ, около Берлина. Такимъ образомъ онъ, конечно, не могъ получить очень точныхъ результатовъ, но все-же найденные имъ приближенные температуры высшихъ слоевъ атмосферъ нѣкоторыхъ звѣздъ, повидимому, не противорѣчатъ дѣйствительности. Эти температуры въ круглыхъ числахъ указаны въ нижеслѣдующей табличкѣ.

Звѣзда.	*T*.	Звѣзда.	*T*.
Сиріусъ	6000°	Альдебаранъ . .	2700°
Вега	6000	Бетейгайзе . . .	3000
Арктуръ	2500	Солнце	5000 *

§ 179. **Число звѣздъ.** Еще въ древнѣйшія времена астрономы задавались цѣлію составленія звѣздныхъ каталоговъ, главнымъ образомъ съ намѣреніемъ дать своимъ потомкамъ возможность замѣтить могущія произойти на небесной сферѣ перемѣны. Такъ, напр., внезапное появленіе звѣзды на небѣ побудило Гиппарха взяться за составленіе его звѣзднаго каталога. Этотъ каталогъ содержалъ нѣсколько болѣе 1000 звѣздъ, но онъ не дошелъ до насъ, такъ что древнѣйшимъ изъ каталоговъ, дошедшихъ до насъ, является каталогъ Птоломея, содержащій 1028 звѣздъ; но очень можетъ быть, что этотъ каталогъ представляетъ собою не болѣе, какъ воспроизведеніе каталога Гиппарха, къ которому древніе относили то мѣсто изъ Виргилія*), гдѣ говорится о Палинурѣ, кормчемъ Энея:

Онъ примѣчастъ, какъ по небу тихо катятся свѣтила.

*) Виргилій, Энеида, III, 515.

Въ X-омъ столѣтіи нашего лѣтосчисленія персъ Абдалрахманъ Алсуфи предпринялъ пересмотръ Птоломеева каталога и выполнилъ эту работу, по отзыву Шіелльерупа, съ такою точностью, что только «Уранометрія» Аргеландера, составленная уже въ наши дни, могла посоперничать съ нею. Послѣ этого новый звѣздный каталогъ былъ составленъ Улугъ-Беемъ, который въ своей резиденціи въ Самаркандѣ около 1437 года послѣ Р. Хр. снова пронаблюдалъ всѣ звѣзды Птоломеева каталога. Въ Европѣ Тихо-Браге въ началѣ XVII-го столѣтія впервые составилъ болѣе или менѣе точный звѣздный каталогъ, содержащій 1005 звѣздъ. Почти одновременно съ этимъ І. Байеръ, прозванный, какъ отважный защитникъ своихъ единовѣрцевъ, os protestantium, издалъ первое болѣе или менѣе обширное собраніе звѣздныхъ картъ (Uranometria), состоящее изъ 51 листа, вмѣстѣ съ звѣзднымъ каталогомъ, заключающимъ 1706 звѣздъ; при этомъ онъ ввелъ еще и нынѣ употребляющееся обозначеніе отдѣльныхъ звѣздъ греческими и латинскими буквами. За этимъ каталогомъ слѣдовалъ въ 1690 году каталогъ Гевелія, содержащій 1564 звѣзды. Но и этотъ послѣдній каталогъ былъ составленъ безъ помощи зрительной трубы, и потому онъ заключаетъ только звѣзды, видимыя невооруженнымъ глазомъ, да и то лишь нѣкоторую часть ихъ, такъ какъ при помощи инструментовъ того времени (діоптровъ и т. д.) можно было наблюдать только болѣе яркія звѣзды. Впрочемъ число звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, сильно мѣняется въ зависимости отъ индивидуальныхъ особенностей наблюдателя и отъ климатическихъ условій, такъ какъ число звѣздъ необыкновенно быстро увеличивается съ уменьшеніемъ яркости, и потому лишь нѣсколько болѣе острое зрѣніе наблюдателя или только немного бо́льшая прозрачность воздуха дѣлаютъ видимымъ большое число новыхъ звѣздъ. Такъ, напр., по Аргеландеру, который считалъ свое зрѣніе нормальнымъ, въ нашихъ широтахъ можно видѣть приблизительно 3300 звѣздъ, между тѣмъ какъ Хейсъ въ Мюнстерѣ своими необыкновенно острыми глазами видѣлъ на той-же самой площади неба 5421 звѣзду. Гузо, обладавшій, повидимому, такимъ-же зрѣніемъ, какъ и Аргеландеръ, во время своего многолѣтняго пребыванія подъ тропиками, подсчиталъ число звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ на всемъ небѣ. Результаты этого подсчета приведены въ нижеслѣдующей табличкѣ:

Число звѣздъ.

Величина звѣздъ.	Въ сѣверномъ полушаріи.	Въ южномъ полушаріи.	На всемъ небѣ.
1	11	9	20
2	26	25	51
3	88	112	200
4	277	318	595
5	595	618	1213
6	1919	1721	3640

Такимъ образомъ, въ сѣверномъ полушаріи неба всего можно видѣть невооруженнымъ глазомъ 2916, въ южномъ—2803, а на всемъ небѣ—5719 звѣздъ. Слѣдовательно, южное полушаріе приблизительно столь же богато яркими звѣздами, какъ и сѣверное.

Но кромѣ звѣздъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, на небѣ есть еще несравненно большее число телескопическихъ звѣздъ. Поэтому, звѣздные каталоги, которые были составлены при помощи зрительныхъ трубъ, содержатъ гораздо большее число звѣздъ, чѣмъ каталоги древнихъ. Первымъ изъ такихъ каталоговъ является каталогъ Фламстида, содержащій 2866 звѣздъ и помѣщенный въ его Historia coelestis Britannica. Этотъ каталогъ въ смыслѣ точности можетъ, по крайней мѣрѣ до нѣкоторой степени, отвѣчать требованіямъ новаго времени. За нимъ слѣдовали въ серединѣ XVIII-го столѣтія превосходные

звѣздные каталоги Брадлея и Т. Майера. А затѣмъ въ XIX-омъ столѣтіи стали появляться одинъ за другимъ многочисленные новѣйшіе каталоги. Эти послѣдніе можно раздѣлить на три класса. Къ первому классу относятся каталоги, дающіе въ высшей степени точныя положенія звѣздъ, изъ которыхъ каждая наблюдалась при помощи меридіанныхъ инструментовъ по нѣскольку разъ. Таковы, напр., каталоги Піацци, Тайлора, Рюмкера, Джонсона, Стоне, Гульда и т. д. Въ эти каталоги занесены положенія приблизительно 70000 различныхъ звѣздъ. Второй классъ охватываетъ звѣздные каталоги, составленные на основаніи зонныхъ наблюденій. При составленіи такихъ каталоговъ небо раздѣляется на зоны болѣе или менѣе значительной ширины, и въ каждой такой зонѣ наблюдается возможно бо́льшее число звѣздъ по способу, который позволяетъ работать весьма быстро, и который даетъ все еще довольно значительную степень точности. Первыя наблюденія такого рода были произведены Лакайлемъ и Лаландомъ; за ихъ работами слѣдовали работы Бесселя, Аргеландера и Ламона; далѣе идутъ зонныя наблюденія на обсерваторіяхъ въ Вашингтонѣ и въ Вѣнѣ и наконецъ весьма обширныя работы Гульда, которыя охватываютъ главнымъ образомъ звѣзды, невидимыя въ нашихъ широтахъ. Всѣ эти работы доставили положенія приблизительно отъ 150 до 160 тысячъ звѣздъ. Къ третьему классу относятся такъ называемыя обозрѣнія неба, цѣль которыхъ заключается въ томъ, чтобы дать приближенное положеніе всѣхъ звѣздъ до извѣстной величины. Прототипъ такой работы намъ далъ Аргеландеръ, который поставилъ своею цѣлію подсчитать всѣ звѣзды сѣвернаго неба до 9-ой величины, а по возможности также и отъ 9-ой до 10-ой величины, другими словами, — всѣ звѣзды, видимыя въ трубу въ 8 сантиметровъ (3 парижскихъ дюйма) свободнаго отверстія и заключающіяся отъ сѣвернаго полюса до 2° южнаго склоненія, и на основаніи этого подсчета начертить новую карту неба. Эта достойная удивленія работа была имъ успѣшно доведена до конца при содѣйствіи Шенфельда и Крюгера и доставила 324198 положеній звѣздъ. Впослѣдствіи Шёнфельдъ одинъ продолжилъ этотъ обзоръ неба до тропика Козерога (до 23° южнаго склоненія) и такимъ образомъ прибавилъ еще новыхъ 133580 звѣздъ, Окончаніе же этихъ работъ, т.-е. обзоръ неба отъ южной границы Шёнфельда до южнаго полюса не только было предпринято, но уже весьма сильно двинуто впередъ астрономомъ Томе на обсерваторіи въ Кордобѣ.

На основаніи обзора неба, произведеннаго Аргеландеромъ и Шёнфельдомъ, международное астрономическое общество при содѣйствіи цѣлаго ряда обсерваторій предприняло точное опредѣленіе положеній всѣхъ звѣздъ до 9-ой величины отъ сѣвернаго полюса до 23° южнаго склоненія. Наблюденія и ихъ вычисленія для той части неба, которую охватило обозрѣніе Аргеландера, уже закончены и большею частью даже публикованы; для южной же части неба наблюденія находятся въ полномъ ходу. Каталогъ, основанный на этихъ наблюденіяхъ, будетъ содержать всего отъ 140 до 145 тысячъ звѣздъ и долженъ представить, повидимому, предѣлъ того, что мы можемъ сдѣлать, пользуясь прежними способами наблюденій. Благодаря успѣхамъ астрофотографіи, выразившимся въ томъ, что съ 1885 года явилась возможность, при помощи соотвѣтственныхъ инструментовъ, при времени экспозиціи въ одинъ часъ, снимать всѣ звѣзды, видимыя въ сильнѣйшіе рефракторы нашего времени, т.-е. звѣзды отъ 15-ой до 16-ой величины (§ 173), у бывшаго директора Парижской обсерваторіи адмирала Муше созрѣлъ величественный планъ составленія карты всего неба, которая бы заключала всѣ звѣзды, видимыя въ наши сильнѣйшіе инструменты. Но такъ какъ онъ хорошо сознавалъ, что выполненіе такой работы не подъ силу одной обсерваторіи, то онъ приложилъ свои старанія, чтобы обратить эту работу въ большое международное предпріятіе, и съ этою цѣлію черезъ Парижскую Академію Наукъ созвалъ весь астрономическій міръ на конгрессъ для выработки основныхъ принциповъ, которыхъ слѣдовало бы придерживаться при выполненіи этой работы. На этотъ

конгрессъ правительства и академіи почти всѣхъ культурныхъ народовъ прислали своихъ представителей. Такимъ образомъ со всѣхъ частей земного шара стеклось такое большое число знаменитыхъ ученыхъ, что этотъ конгрессъ обратился въ самый блестящій, когда-либо бывшій астрономическій съѣздъ.

Изъ нижеслѣдующаго изложенія читатель легко составитъ себѣ понятіе о грандіозности задуманнаго предпріятія. Для того, чтобы положенія звѣздъ удовлетворяли точности, отвѣчающей современнымъ требованіямъ, одна минута дуги должна соотвѣтствовать на фотографической пластинкѣ, по меньшей мѣрѣ, линейному протяженію въ 1 mm. Поэтому одно клише (одна пластинка) не можетъ охватывать болѣе двухъ квадратныхъ градусовъ. Такимъ образомъ, чтобы сфотографировать все небо, требуется 21 000 клише, такъ какъ поверхность небесной сферы круглымъ числомъ заключаетъ 41 000 квадратныхъ градусовъ. Но чтобы случайныя пятнышки и другіе дефекты пластинокъ не могли ввести наблюдателей въ заблужденіе, необходимо съ каждой площадки неба сдѣлать по крайней мѣрѣ два снимка, вслѣдствіе чего общее число пластинокъ увеличивается до 42 000. Но кромѣ того многіе снимки по различнымъ причинамъ, конечно, могутъ оказаться неудачными, и потому соотвѣтственныя площадки неба необходимо снять еще разъ, такъ что едва ли мы сильно ошибемся, если общее число снимковъ оцѣнимъ въ 50 000. Такая работа одной обсерваторіи, конечно, не подъ силу. Даже, если бы мы ограничили нашу задачу фотографированіемъ, напр., только сѣвернаго полушарія неба, то и въ этомъ случаѣ пришлось бы сдѣлать всего 25 000 снимковъ, причемъ въ одинъ вечеръ въ среднемъ едва ли можно получить болѣе трехъ. Далѣе, надо имѣть въ виду, что лунныя ночи, конечно, непригодны для этой цѣли, и потому общее число пригодныхъ ясныхъ ночей въ нашихъ широтахъ не можетъ быть болѣе ста, такъ что въ одинъ годъ можно сдѣлать около 300 снимковъ. Слѣдовательно, для полученія всѣхъ 25000 снимковъ одной обсерваторіи потребовалось бы отъ 80 до 90 лѣтъ. Отсюда съ очевидностью вытекаетъ необходимость участія въ этомъ предпріятіи многихъ обсерваторій, если только желательно успѣшно довести его до конца въ сравнительно короткій срокъ. Но это только незначительная часть задачи.

Какъ бы ни были драгоцѣнны сами по себѣ оригинальные снимки съ различныхъ частей неба, но для астрономовъ они пріобрѣтаютъ особенное значеніе и дѣлаются въ высшей степени полезными лишь послѣ измѣреній, т.-е. послѣ опредѣленія положеній звѣздъ, запечатлѣвшихся на фотографическихъ пластинкахъ, и послѣ сопоставленія ихъ въ видѣ звѣзднаго каталога. Если бы мы пожелали распространить это требованіе на всѣ звѣзды, видимыя при помощи современныхъ телескоповъ, то мы должны были бы измѣрить и занести въ каталогъ по крайней мѣрѣ 20 милліоновъ звѣздъ (§ 180). Это число настолько огромно, что, вѣроятно, лишь весьма немногіе могутъ составить себѣ правильное понятіе о немъ, какъ это яснѣе всего вытекаетъ изъ нижеслѣдующаго изложенія.

Только при очень мелкомъ шрифтѣ можно на одной страницѣ in quarto помѣстить точныя положенія 200 звѣздъ. Слѣдовательно, каталогъ, содержащій 20 милліоновъ звѣздъ, заключалъ бы 100 000 такихъ страницъ. Соединяя каждыя 1000 страницъ въ одинъ томъ, мы получили бы 100 внушительныхъ томовъ in quarto! Еще къ болѣе неожиданнымъ результатамъ пришли бы мы при подсчетѣ того времени, которое необходимо для измѣренія и занесенія въ каталогъ такого безчисленнаго множества звѣздъ. Поэтому выполненіе такой грандіозной работы, по крайней мѣрѣ въ наше время, слѣдуетъ считать недостижимымъ идеаломъ. Крайнимъ предѣломъ достижимаго является опредѣленіе положенія звѣздъ до 11-ой величины включительно, число которыхъ все же составляетъ три милліона. Если бы удалось осуществить это грандіозное предпріятіе даже въ такихъ болѣе узкихъ рамкахъ, то и въ этомъ случаѣ былъ бы достигнутъ совершенно неоцѣнимый успѣхъ, такъ какъ тогда число звѣздъ съ точно извѣстнымъ положеніемъ сравнительно съ тѣмъ, что мы имѣемъ теперь, увеличилось бы въ 20 разъ. Соображенія такого рода

были извѣстны участникамъ парижскаго конгресса, вслѣдствіе чего они и рѣшили фотографировать всѣ звѣзды, видимыя въ современные телескопы, а заносить въ каталогъ только звѣзды до 11-ой величины.

Обозрѣнія неба, сдѣланныя Аргеландеромъ и Шёнфельдомъ и охватывающія, какъ уже было упомянуто, всѣ звѣзды до 9-ой величины (а отчасти также и болѣе слабыя), даютъ намъ возможность подсчитать число звѣздъ, принадлежащихъ къ различнымъ классамъ по яркости, вплоть до 9-ой величины. Ниже даны результаты подсчетовъ, сдѣланныхъ К. Литровымъ и Зелигеромъ.

Число звѣздъ.

Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.	Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.
1—6,5	4120	1369	7,6—8,0	11168	3800
6,6—7,0	3887	1347	8,1—8,5	22898	8313
7,1—7,5	6054	1952	8,6—9,0	52852	20509

Изъ этой таблички легко получаемъ другую, которая даетъ намъ общее число всѣхъ звѣздъ отъ первой величины до опредѣленнаго класса включительно.

Число звѣздъ.

Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.	Величина.	Сѣв. полушаріе.	Южное полушаріе до 23°.
1—6,5	4120	1369	1—8,0	25229	8468
1—7,0	8007	2716	1—8,5	48127	16781
1—7,5	14061	4668	1—9,0	100979	37290

Половина шаровой поверхности заключаетъ 20626,4, а поверхность шарового пояса отъ экватора до 23° склоненія—только 8059,2 квадратныхъ градусовъ. Слѣдовательно, поверхность этого пояса составляетъ 0,39073 поверхности полушарія. Поэтому, если бы южное полушаріе неба было также богато звѣздами, какъ и сѣверное, то число звѣздъ въ зонѣ отъ экватора до 23° южнаго склоненія должно было бы равняться 39455, что достаточно хорошо согласуется съ результатомъ, полученнымъ непосредственно изъ наблюденій. Поэтому мы имѣемъ полное право заключить, что южное полушаріе неба столь же богато звѣздами, включительно до 9-ой величины, какъ и сѣверное.

Что касается болѣе слабыхъ звѣздъ, то при уменьшеніи яркости на половину звѣздной величины число звѣздъ увеличивается приблизительно вдвое. Поэтому, если звѣзды до 15,5 величины, т.-е. вплоть до слабѣйшихъ, которыя мы еще можемъ видѣть въ наши рефракторы, распредѣлены въ пространствѣ равномѣрно, то общее число звѣздъ включительно до этого класса на одномъ полушаріи должно составлять 827 милліоновъ, а на всемъ небѣ 1650 милліоновъ!

§ 180. **Распредѣленіе звѣздъ въ пространствѣ.** Впрочемъ допущеніе, что звѣзды также и ниже 9-ой величины, вплоть до слабѣйшихъ, которыя мы еще можемъ видѣть въ телескопы, равномѣрно распредѣлены въ пространствѣ, едва ли справедливо; напротивъ того, многое говоритъ противъ такого предположенія. Въ самомъ дѣлѣ, если бы звѣзды были равномѣрно распредѣлены по всему безпредѣльному пространству, то во всякой части неба, куда бы мы ни направили телескопъ, мы должны были бы видѣть, очевидно, одинаковое число звѣздъ. Въ дѣйствительности же этого вовсе нѣтъ. Такъ, напр., В. Гершель, при своемъ подсчетѣ звѣздъ при помощи двадцатифутоваго рефлектора, въ наиболѣе бѣдныхъ звѣздами частяхъ неба часто видѣлъ въ полѣ зрѣнія заразъ только три или четыре звѣзды, между тѣмъ какъ въ другихъ, обильныхъ звѣздами областяхъ это число доходило до 588. Мѣстами же звѣзды такъ скучены, что собственно подсчетъ ихъ становится совершенно невыполнимымъ. Такъ, напр., въ одномъ мѣстѣ въ созвѣздіи Ориона

Гершель въ небольшой полосѣ въ 15° длиною и въ 2° шириною насчиталъ болѣе 50 000 звѣздъ. И во всякомъ случаѣ, это мѣсто еще не является наиболѣе обильной звѣздами областью, какія мы только знаемъ. Гюйгенсъ при помощи своей, еще далеко несовершенной трубы, поле зрѣнія которой было очень мало, видѣлъ въ щитѣ Ріона заразъ болѣе 2000 звѣздъ. Точно также В. Гершель вблизи млечнаго пути одинъ разъ пропустилъ черезъ поле зрѣнія своего рефлектора въ теченіе 41 минуты не менѣе 258 000 звѣздъ, а другой разъ въ теченіе четверти часа 116 000.

Такого рода явленія мы легче всего можемъ понять, допустивъ, что въ безграничномъ пространствѣ, звѣзды не расположены одна за другой, простираясь такимъ образомъ въ безконечность, но что, напротивъ того, окружающая насъ звѣздная система со всѣхъ сторонъ заключена въ опредѣленныя границы, за которыми начинаются обширныя лишенныя звѣздъ области, и мы по нѣкоторымъ направленіямъ находимся къ этимъ областямъ ближе, чѣмъ по другимъ. Этотъ взглядъ пріобрѣтаетъ большую или меньшую степень вѣроятности благодаря изслѣдованіямъ обоихъ Гершелей, которые нашли, что богатыя звѣздами области не разсѣяны по небу безъ всякой правильности, но что число звѣздъ весьма правильно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ млечному пути, этой широкой свѣтлой полосѣ, которая въ видѣ большого круга тянется черезъ все небо. Объ этомъ увеличеніи числа звѣздъ, при переходѣ отъ полюсовъ млечнаго пути къ самому млечному пути, читатель составитъ себѣ ясное представленіе на основаніи нижеслѣдующей таблички, въ которой для сѣвернаго полушарія даны результаты, полученные Вильгельмомъ Струве изъ наблюденій В. Гершеля, а для южнаго—результаты, выведенные Д. Гершелемъ изъ его собственныхъ наблюденій, произведенныхъ на мысѣ Доброй Надежды при помощи большого отражательнаго телескопа (рис. 221).

Угловыя разстоянія отъ полюсовъ млечнаго пути.	Среднее число звѣздъ, видимыхъ заразъ въ телескопъ, поле зрѣнія котораго равняется 15′.	
	Для сѣв. полуш. (В. Струве).	Для южн. полуш. (Д. Гершель).
0°—15°	4,32	6,05
15 —30	5,42	6,62
30 —45	8,21	9,08
45 —60	13,61	13,49
60 —75	24,09	26,29
75 —90	53,43	59,06

В. Гершель, которому, кстати сказать, первому удалось при помощи его огромнаго телескопа разрѣшить млечный путь во многихъ его частяхъ на отдѣльныя слабыя, весьма близкія другъ къ другу звѣзды, на основаніи правильнаго хода вышеприведенныхъ чиселъ заключилъ, что вся совокупность звѣздъ имѣетъ форму чечевицы, и что мы и вся наша планетная система находимся не очень далеко отъ центра этого огромнаго чечевицеобразнаго сгущенія звѣздъ, вслѣдствіе чего оно и представляется намъ въ томъ видѣ, въ какомъ мы его наблюдаемъ на небѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если мы будемъ смотрѣть на острый край этой чечевицы, то мы увидимъ безчисленное множество звѣздъ, расположенныхъ весьма близко другъ отъ друга; если же, напротивъ того, мы будемъ смотрѣть по направленію къ центрамъ обѣихъ боковыхъ поверхностей этой огромной чечевицы, т.-е. по направленію къ полюсамъ упомянутаго выше остраго края, то мы замѣтимъ лишь небольшое число далеко другъ отъ друга отстоящихъ звѣздъ. Если уподобить всю звѣздную систему огромному густому лѣсу, то въ первомъ случаѣ мы видимъ большое число деревьевъ, хотя и далеко другъ отъ друга отстоящихъ, по вслѣдствіе перспективы представляющихся скученными, во второмъ же передъ нашими глазами находится лишь не-

значительное число расположенныхъ по сторонамъ отъ насъ деревьевъ. Полюсы млечнаго пути лежатъ: одинъ—въ созвѣздіи Волосъ Вероники, другой—въ созвѣздіи Скульптурной Мастерской, и даже неопытному наблюдателю, если онъ случайно направитъ телескопъ на эти области неба, тотчасъ же бросится въ глаза, что обѣ онѣ почти совершенно лишены звѣздъ.

Но можно идти и еще дальше и на основаніи числа звѣздъ, видимыхъ заразъ въ полѣ зрѣнія телескопа, попытаться точнѣе опредѣлить какъ форму того звѣзднаго скопленія, въ которомъ мы сами находимся, такъ и наше положеніе внутри него, если только мы допустимъ, что звѣзды до самыхъ границъ этого скопленія распредѣлены равномѣрно.

Представимъ себѣ конусъ, вершина котораго совпадаетъ съ глазомъ наблюдателя или, что въ данномъ случаѣ то-же самое, съ центромъ солнца, и у котораго уголъ при вершинѣ составляетъ ровно 90^0.

Положимъ, что этотъ конусъ пересѣченъ нѣсколькими плоскостями, перпендикулярными къ его оси. Пусть первая изъ этихъ плоскостей отстоитъ отъ вершины конуса на разстояніи, равномъ 5 единицамъ длины, введеннымъ въ разсмотрѣніе въ § 175 или, иначе говоря, 16,2 свѣтовымъ годамъ, и, слѣдуя Гершелю, назовемъ это разстояніе ради краткости сиріусовымъ разстояніемъ. Вторая плоскость сѣченія должна отстоять отъ вер-

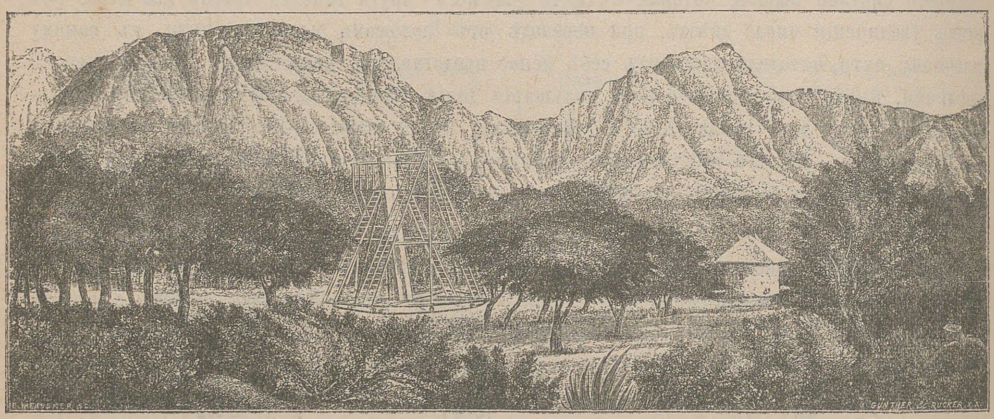


Рис. 221.

шины конуса вдвое дальше, третья—втрое дальше и т. д. Очевидно, что первая плоскость въ сѣченіи съ конусомъ даетъ кругъ, радіусъ котораго равняется одному сиріусовому разстоянію, и на окружности этого круга можно себѣ представить шесть звѣздъ, отстоящихъ послѣдовательно другъ отъ друга на одно сиріусово разстояніе. Такъ какъ звѣзда, лежащая въ центрѣ этого круга, отстоитъ отъ каждой изъ звѣздъ, расположенныхъ по его окружности, также на одно сиріусово разстояніе, то въ первой плоскости сѣченія мы имѣемъ, слѣдовательно, всего семь равноотстоящихъ звѣздъ

Вторая плоскость даетъ въ сѣченіи съ конусомъ кругъ, радіусъ котораго равняется двумъ сиріусовымъ разстояніямъ; слѣдовательно, на его окружности мы можемъ представить себѣ 12 звѣздъ, отстоящихъ послѣдовательно другъ отъ друга на одно сиріусово разстояніе. Но, кромѣ того, изъ центра этого круга мы можемъ описать еще другой, концентрическій съ нимъ кругъ радіусомъ, равнымъ одному сиріусовому разстоянію; этотъ кругъ равенъ кругу, полученному въ сѣченіи первой плоскости съ конусомъ, и потому мы, подобно предыдущему, можемъ представить себѣ на его окружности шесть звѣздъ и въ центрѣ еще одну. Такимъ образомъ, во второй плоскости сѣченія будетъ находиться всего 19 звѣздъ.

Въ третьей плоскости сѣченія мы можемъ подобнымъ же образомъ провести три

концентрическихъ круга, радіусы которыхъ соотвѣтственно равняются одному, двумъ и тремъ сиріусовымъ разстояніямъ. На окружностяхъ этихъ круговъ мы можемъ представить себѣ соотвѣтственно 6, 12 и 18 звѣздъ. Кромѣ того одна звѣзда должна находиться въ общемъ центрѣ этихъ круговъ, такъ что третья плоскость будетъ заключать всего 37 звѣздъ. Такимъ же образомъ четвертая плоскость будетъ заключать 61, пятая—91, шестая—127 звѣздъ и т. д.

Считая солнце, находящееся въ вершинѣ конуса, также за звѣзду, мы, помощію простаго сложенія, находимъ, что внутри конусообразнаго пространства заключается отъ вершины

до первой плоскости . . . . . 8 звѣздъ
» второй » . . . . . 27 »
» третьей » . . . . . 64 »
» четвертой » . . . . . 125 » и т. д.

Эти числа, какъ нетрудно убѣдиться, представляютъ собою кубы ряда чиселъ 2, 3, 4, 5. Слѣдовательно, вообще въ конусообразномъ пространствѣ отъ вершины до $(n-1)$ой плоскости заключается всего n^3 звѣздъ, если сюда включить также и звѣзду, находящуюся въ вершинѣ.

Расположимъ по оси нашего конуса зрительную трубу; въ такомъ случаѣ мы увидимъ въ нее на небѣ небольшую круговую площадку. Если мы отъ всѣхъ точекъ окружности, ограничивающей эту площадку, проведемъ прямыя линіи къ глазу наблюдателя, то мы получимъ другой, гораздо меньшій конусъ, который имѣетъ съ большимъ конусомъ общую вершину, общую ось и одинаковую высоту. Извѣстно, что пространства, охватываемыя обоими конусами, относятся между собою, какъ квадраты радіусовъ ихъ основаній. А эти радіусы пропорціональны тангенсамъ угловъ, составляемыхъ осью съ образующими, и, слѣдовательно, только что упомянутыя пространства относятся между собою какъ квадраты тангенсовъ этихъ угловъ.

Радіусъ кругового поля зрѣнія трубы, т.-е. радіусъ основанія маленькаго конуса, составлялъ для зеркальнаго телескопа, которымъ наблюдалъ В. Гершель, $0^0\ 7'\ 32''$, и квадратъ тангенса этого угла равняется 0,000004802. Радіусъ основанія большого конуса составляетъ 45^0, и тангенсъ этого угла равенъ единицѣ. Слѣдовательно, объемъ большого конуса относится къ объему маленькаго какъ 1 къ 0,000004802.

Но съ другой стороны объемы тѣхъ же конусовъ относятся между собой, какъ числа звѣздъ, заключающихся въ этихъ конусахъ, при допущеніи, что звѣзды въ нихъ распредѣлены равномѣрно. Но въ большомъ конусѣ, если мы представимъ его продолженнымъ до $(n-1)$ой сѣкущей плоскости, заключается n^3 звѣздъ. Поэтому, если мы буквой a обозначимъ число звѣздъ, видимыхъ заразъ въ полѣ зрѣнія трубы, то получимъ слѣдующее соотношеніе:

$$n^3 : a = 1 : 0{,}000004802.$$

Отсюда вытекаетъ, что искомое число n равняется кубическому корню изъ числа a, раздѣленнаго на 0,000004802, или, что то-же самое, кубическому корню изъ числа 208244 a.

Такимъ образомъ, намъ еще надо знать, сколько звѣздъ заразъ можно видѣть въ полѣ зрѣнія телескопа въ различныхъ мѣстахъ неба. Согласно съ наблюденіями В. Гершеля для наиболѣе обильныхъ звѣздами областей неба $a=588$, откуда получаемъ $n=497$. Это значитъ, что наиболѣе отдаленныя звѣзды, видимыя нами по этому направленію, отстоятъ отъ насъ на 497 сиріусовыхъ разстояній, т.-е. отдѣлены отъ насъ такимъ разстояніемъ, которое свѣтъ проходитъ приблизительно въ 8000 лѣтъ. Точно также для наиболѣе бѣдныхъ звѣздами областей неба мы имѣемъ $a=3$, откуда получаемъ $n=79$. Дру-

гими словами, по этому направленію граница нашего звѣзднаго скопленія отстоитъ отъ насъ на 79 сиріусовыхъ разстояній или на 1260 свѣтовыхъ лѣтъ.

Такимъ образомъ, подобные подсчеты даютъ намъ въ руки средство опредѣлять протяженіе нашей звѣздной системы по различнымъ направленіямъ; на этомъ основаніи такіе подсчеты были названы «звѣздными эталонированіями». Если такія «звѣздныя эталонированія» произведены по всему небу, то мы можемъ вычислить соотвѣтствующія каждому отдѣльному «эталонированію» разстоянія до звѣздъ, находящихся на границахъ нашего звѣзднаго скопленія, и затѣмъ отложить по различнымъ направленіямъ отъ точки, представляющей мѣсто нашего наблюденія, длины, пропорціональныя этимъ разстояніямъ. Соединяя концы этихъ линій, мы получимъ тѣло, представляющее форму нашего звѣзднаго скопленія съ такою точностью, какую только допускаютъ вышеупомянутыя «эталонированія». Сѣченіе этого тѣла, проходящее черезъ созвѣздія Орла, Водолея, Южныхъ Рыбъ, Кита, Эридана, Единорога, Гидры, Льва, Волосъ Вероники, Охотничьихъ Псовъ, Короны и Геркулеса, по В. Гершелю имѣетъ форму, представленную на рис. 222, причемъ буквой S обозначено положеніе нашей планетной системы.

Общее число звѣздъ, находящихся во внутреннемъ шарообразномъ ядрѣ, радіусъ котораго равняется 79 сиріусовымъ разстояніямъ, составляетъ около $4^1/_2$ милліоновъ, тогда какъ число всѣхъ звѣздъ, заключающихся въ нашемъ звѣздномъ скопленіи, Гершель оцѣниваетъ въ 20 милліоновъ, съ чѣмъ вполнѣ согласенъ В. Струве, который весьма подробно разобралъ наблюденія Гершеля въ своихъ «Études d'astronomie stellaire». Такимъ образомъ, приблизительно четыре пятыхъ всѣхъ видимыхъ нами звѣздъ приходится на отроги, исходящіе отъ основнаго ядра.

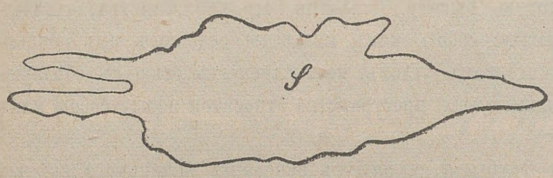


Рис. 222.

Рис. 222 только въ томъ случаѣ даетъ намъ вѣрное изображеніе вышеуказаннаго сѣченія, если справедливо предположеніе, что нигдѣ не встрѣчаются мѣстныя весьма значительныя скопленія звѣздъ. Но такія скопленія, по всей вѣроятности, существуютъ, какъ въ этомъ убѣдился еще В. Гершель въ послѣдніе годы своей жизни. Поэтому онъ неоднократно видоизмѣнялъ въ своемъ представленіи форму нашей звѣздной системы. В. Струве, который также весьма подробно занимался этимъ вопросомъ, полагаетъ, что въ плоскости млечнаго пути мы видимъ въ полѣ зрѣнія трубы заразъ такое большое число звѣздъ не только потому, что въ этомъ направленіи границы нашего звѣзднаго скопленія лежатъ дальше отъ насъ, чѣмъ по другимъ направленіямъ, но также и потому, что тамъ звѣзды и въ дѣйствительности находятся гораздо ближе другъ къ другу. Согласно съ этимъ взглядомъ, границы нашей звѣздной системы должны быть значительно ближе къ намъ, чѣмъ это предполагалъ Гершель, и потому форма нашего звѣзднаго скопленія должна болѣе приближаться къ шарообразной. Еще необходимо замѣтить, что, въ то время какъ въ млечномъ пути и вблизи него вообще звѣзды скучены болѣе всего, значительная часть яркихъ звѣздъ (до 4-ой величины) лежитъ въ полосѣ, которая съ млечнымъ путемъ составляетъ уголъ приблизительно въ 25^0 и пересѣкаетъ его около созвѣздій Южнаго Креста и Кассіопеи, — фактъ, который впервые былъ замѣченъ относительно южнаго полушарія Д. Гершелемъ, а впослѣдствіи болѣе подробно былъ изслѣдованъ Гульдомъ въ Кордобѣ (въ Аргентинской республикѣ) и въ Сѣверной Америкѣ.

§ 181. **Описаніе млечнаго пути.** Начнемъ описаніе млечнаго пути съ созвѣздія Кассіопеи. Млечный путь проходитъ между звѣздами γ и ε Кассіопеи, гдѣ отъ него отдѣляется боковая вѣтвь, принимающая болѣе южное направленіе на звѣзду ε Персея и затѣмъ теряющаяся вблизи Плеядъ и Гіадъ. Главная вѣтвь млечнаго пути, отличающаяся

въ этомъ мѣстѣ незначительною яркостью, направляется черезъ Капеллу въ Возничемъ, черезъ ноги Близнецовъ, черезъ рога Тельца и чрезъ палицу Ориона къ экватору, который она пересѣкаетъ въ шеѣ Единорога. Начиная отсюда яркость млечнаго пути значительно увеличивается. У кормы Корабля отдѣляется вѣтвь, идущая къ югу по направленію на γ Арго, гдѣ она внезапно прерывается. Главная часть млечнаго пути идетъ дальше до 33° южнаго склоненія, гдѣ она принимаетъ форму вѣера и также прерывается, достигая 20° въ ширину. Такимъ образомъ у звѣздъ γ и λ Арго образуется пробѣлъ въ млечномъ пути; впрочемъ вскорѣ онъ опять появляется, причемъ вначалѣ ширина его равняется, какъ и раньше 20°, но уже у ногъ Центавра и въ созвѣздіи Южнаго креста онъ дѣлается все уже и уже, пока наконецъ не переходитъ въ полосу шириною всего отъ 3° до 4°. Но вскорѣ послѣ этого млечный путь дѣлается опять болѣе яркимъ и болѣе широкимъ и на дальнѣйшемъ протяженіи заключаетъ въ себѣ звѣзды β Центавра, α и β Креста. Здѣсь среди млечнаго пути лежитъ черный грушевидный «Угольный мѣшокъ», представляющій собою весьма замѣчательную область южнаго неба, которая своей бросающейся въ глаза темнотой обязана не столько отсутствію звѣздъ (въ астрономическую трубу можно видѣть въ этомъ мѣстѣ не только большое число звѣздъ, но даже звѣздныя кучи), сколько контрасту съ весьма яркими областями млечнаго пути, которыя непосредственно, почти безъ всякаго *перехода*, окружаютъ «Угольный мѣшокъ» (рис. 223).

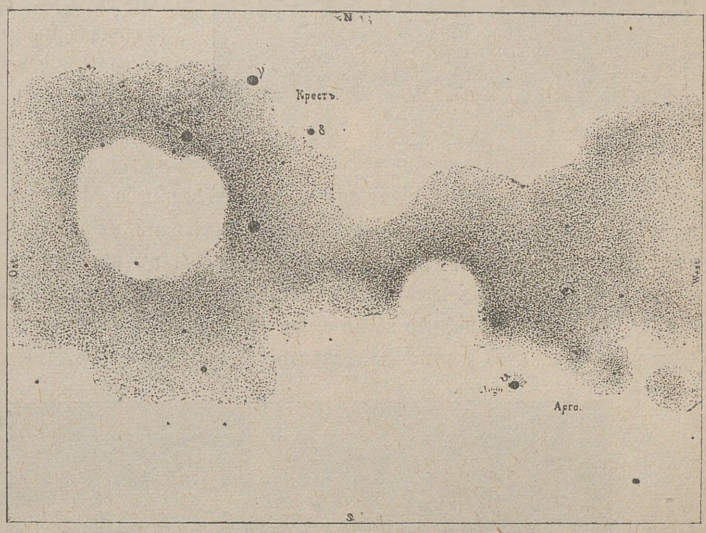


Рис. 223.

Въ этомъ мѣстѣ, нѣсколько ниже «Угольнаго мѣшка», млечный путь ближе всего подходитъ къ южному полюсу. Около α Центавра млечный путь раздѣляется на нѣсколько частей. Сначала идетъ узкая полоса къ сѣверу по направленію къ созвѣздію Волка, гдѣ она и теряется; другая вѣтвь начинается вблизи звѣзды γ Южнаго Треугольника. Эта вѣтвь въ свою очередь раздѣляется на двѣ части. Сѣверная часть отличается неправильными очертаніями и тянется до ногъ Змѣеносца, гдѣ она и исчезаетъ; южная часть представляетъ теперь главную вѣтвь млечнаго пути и идетъ черезъ созвѣздіе Алтаря, черезъ хвостъ Скорпіона по направленію къ луку Стрѣльца; далѣе, эта вѣтвь млечнаго пути, безъ перерывовъ, въ видѣ туманной полосы, проходитъ черезъ созвѣздія Орла, Стрѣлы и Лисицы до созвѣздія Лебедя. Здѣсь млечный путь принимаетъ весьма неправильныя очертанія, причемъ между ε, α и γ Лебедя находится большое темное пространство, которое Д. Гершель сравнивалъ съ «Угольнымъ мѣшкомъ» въ Южномъ Крестѣ и которое служитъ какъ бы центромъ для трехъ вѣтвей млечнаго пути. Одна изъ этихъ вѣтвей, отличающаяся значительною яркостью, направляется назадъ черезъ β Лебедя и ε Орла, но все же не доходитъ до выше упомянутой вѣтви, которая теряется въ ногахъ Офіуха (Змѣеносца). О богатствѣ звѣздъ млечнаго пути около звѣзды β Лебедя на-

глядное понятіе даетъ рис. 224, представляющій собою фотографію, снятую Барнардомъ на Ликской обсерваторіи. Около головы Цефея, слѣдовательно, вблизи созвѣздія Кассіопеи, съ котораго мы начали наше описаніе, отъ млечнаго пути отдѣляется значительная побочная вѣтвь, которая направляется къ созвѣздію Малой Медвѣдицы и къ сѣверному полюсу. На рис. 225 изображена, на основаніи наблюденій Хейса, часть сѣвернаго млечнаго пути, содержащая между прочимъ и эту вѣтвь.

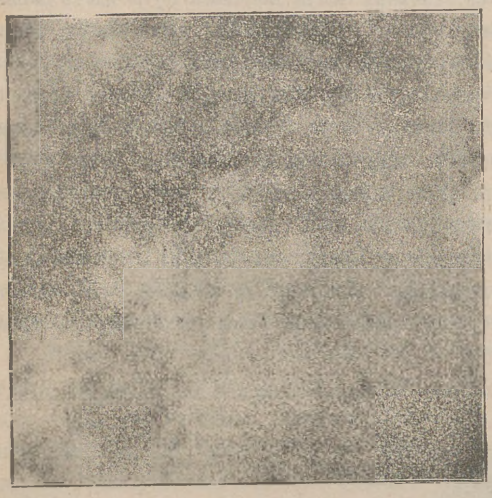


Рис. 224.

Та половина млечнаго пути, въ серединѣ которой приблизительно находится созвѣздіе Стрѣльца (см. прилагаемую при семъ таблицу), въ общемъ гораздо шире, чѣмъ другая, середину которой занимаетъ приблизительно Оріонъ. Далѣе, южная часть млечнаго пути значительно ярче сѣверной.

§ 182. **Другіе млечные пути.** Такъ какъ мы находимся приблизительно въ центрѣ чечевицеобразнаго скопленія звѣздъ, то при наблюденіи съ земли острый край этой чечевицы или самая яркая часть ея представляется намъ въ видѣ дуги большого круга, проходящей черезъ все небо. Но если бы нашъ глазъ былъ удаленъ отъ центра этого чечевицеобразнаго скопленія на разстояніе, равное діаметру этой чечевицы, то все скопленіе намъ представилось бы въ видѣ диска съ діаметромъ въ 53°. На разстояніи 100 діаметровъ мы усматривали бы весь млечный путь только подъ угломъ въ 36′, и, слѣдовательно, что касается до его видимыхъ размѣровъ, то онъ былъ бы меньше извѣстнаго туманнаго пятна въ созвѣздіи Андромеды, имѣющаго также форму чечевицы.

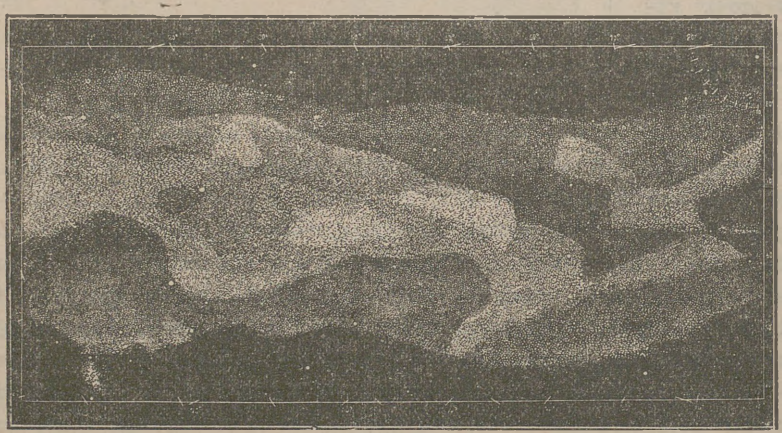
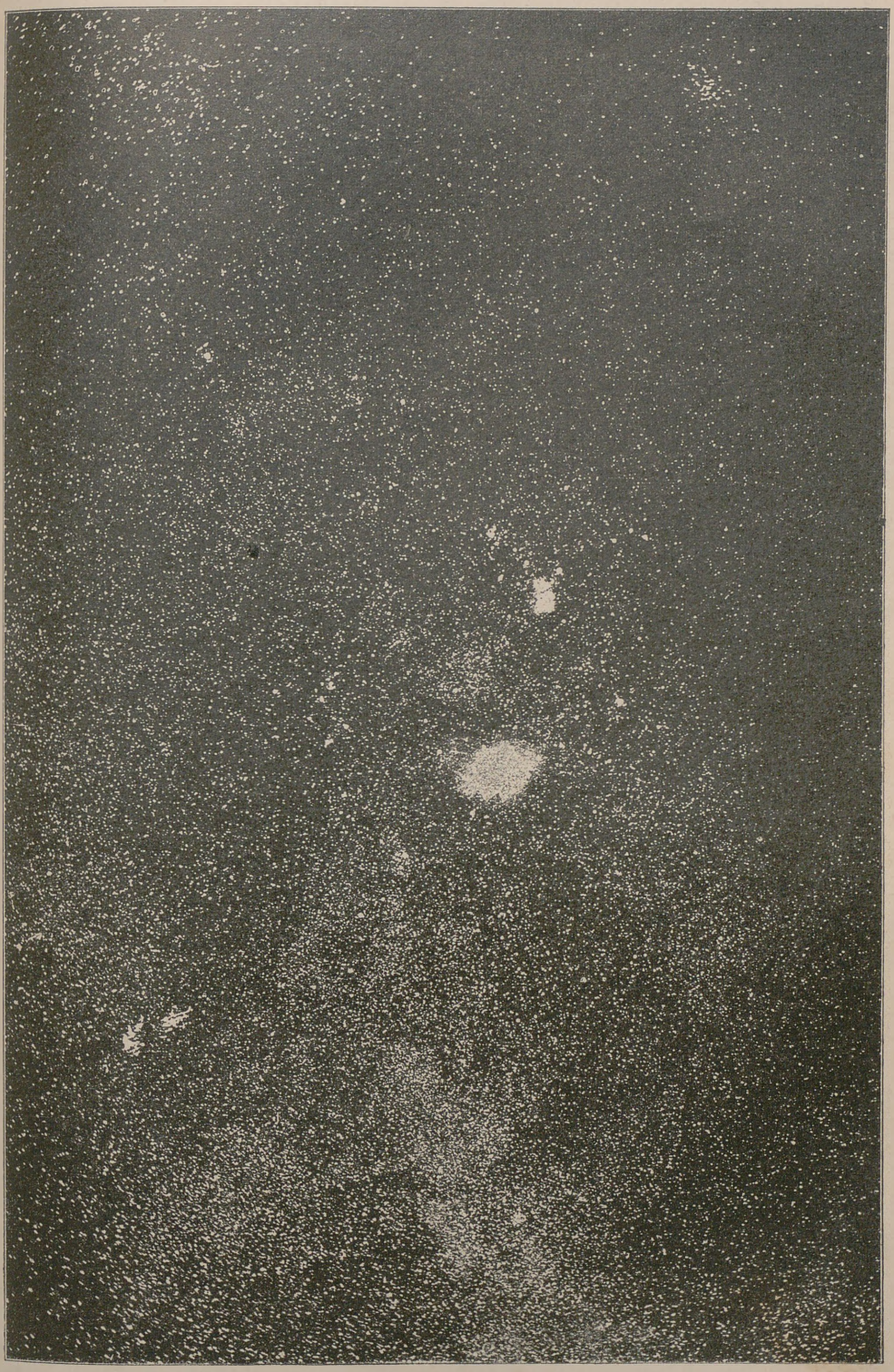


Рис. 225.

А въ такомъ случаѣ, не представляетъ ли и это туманное пятно тоже млечный путь, но настолько удаленный отъ насъ, что мы не можемъ отличить отдѣльныя звѣзды, входящія въ его составъ, и потому усматриваемъ его лишь въ видѣ слабаго туманнаго облака? Такихъ туманностей на небѣ существуетъ много, и только что высказанное предположеніе во всякомъ случаѣ является довольно вѣроятнымъ. Въ самомъ дѣлѣ, еще



Часть млечнаго пути въ созвѣздіи Стрѣльца, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Ареквипѣ.

В. Гершель многія изъ этихъ удивительныхъ туманностей призналъ за весьма тѣсныя скопленія звѣздъ: при помощи своего могущественнаго телескопа онъ могъ разложить ихъ на большое число весьма слабыхъ и въ высшей степени близкихъ другъ къ другу звѣздочекъ, между тѣмъ какъ другія подобныя же образованія, даже въ сильнѣйшія астрономическія трубы, сохраняли видъ туманностей. Отсюда онъ заключилъ, что эти послѣднія удалены отъ насъ по крайней тѣрѣ на 10000 сиріусовыхъ разстояній.

Но въ такомъ случаѣ кто можетъ сосчитать число всѣхъ звѣздъ на небѣ? На основаніи выше изложенныхъ соображеній мы, очевидно, должны допустить, что число звѣздъ по истинѣ безконечно велико и совершенно не поддается подсчету. Подобнымъ же образомъ, мы должны считать міровое пространство безконечнымъ по всѣмъ направленіямъ и должны предположить, что оно всюду, до безконечности, наполнено небесными тѣлами.

Но съ другой стороны, если бы число звѣздъ на небѣ было дѣйствительно безконечно велико, то, какое бы направленіе ни имѣлъ лучъ нашего зрѣнія, онъ непремѣнно встрѣтилъ бы какую-нибудь звѣзду, и вслѣдствіе этого все небо, во всѣхъ своихъ частяхъ, должно было бы казаться намъ такимъ же яркимъ, какъ солнце. Но такъ какъ это противорѣчитъ нашимъ наблюденіямъ, то предположеніе, что число звѣздъ безконечно велико, повидимому, не можетъ быть допущено.

Однако, изъ ежедневнаго опыта мы знаемъ, что яркость источника свѣта уменьшается пропорціонально не первой степени, а квадрату разстоянія, отдѣляющаго его отъ насъ. Такимъ образомъ, если бы какая-нибудь звѣзда находилась отъ насъ въ 10 разъ дальше, чѣмъ она находится въ дѣйствительности, то она была бы въ 100 разъ слабѣе, чѣмъ теперь; точно также, если бы ея разстояніе отъ насъ увеличилось въ 10 000 разъ, она сдѣлалась бы въ 100 милліоновъ разъ слабѣе. Но яркость звѣздъ уменьшается не только въ зависимости отъ разстоянія, но также еще вслѣдствіе другой причины. Опытъ намъ показываетъ, что нигдѣ во всей природѣ не встрѣчается совершенно пустого пространства. Поэтому невѣроятно, чтобы были совершенно пусты и не были наполнены никакой матеріей: 1) огромное пространство, раздѣляющее наши планеты другъ отъ друга, и 2) пространство еще большихъ размѣровъ, раздѣляющее звѣздныя системы нашего млечнаго пути, а также различные млечные пути одинъ отъ другого. Каковъ бы ни былъ этотъ эѳиръ, какъ бы велика ни была его разрѣженность и прозрачность, во всякомъ случаѣ онъ долженъ ослаблять свѣтъ, идущій къ намъ отъ звѣздъ, и вслѣдствіе этого отъ весьма далекихъ звѣздъ свѣтъ, въ концѣ концовъ, можетъ совсѣмъ не дойти до насъ или, по крайней мѣрѣ, долженъ произвести совершенно незамѣтное впечатлѣніе на нашъ глазъ. Положимъ, что изъ 800 лучей, которые посылаетъ намъ звѣзда, удаленная отъ насъ на 31 биллiонъ километровъ (единица длины, употребляемая при измѣреніи разстояній до звѣздъ, § 175), вслѣдствіе сопротивленія эѳира теряется только одинъ лучъ. При такомъ предположеніи, принимая яркость звѣзды въ этомъ случаѣ за единицу, мы при помощи простыхъ вычисленій находимъ, что, если бы звѣзда отстояла отъ насъ въ 84 раза дальше, ея яркость составляла бы лишь $^{9}/_{10}$ первоначальной яркости, и, слѣдовательно, звѣзда потеряла бы $^{1}/_{10}$ яркости. Подобнымъ же образомъ, при увеличеніи разстоянія отъ земли до звѣзды въ 554, 5500 и 10 000 разъ, ея яркость уменьшилась бы соотвѣтственно въ 2, 1000 и 300 000 разъ. Но принимая во вниманіе, кромѣ того, уменьшеніе яркости, зависящее исключительно отъ увеличенія разстоянія, мы находимъ, что яркость звѣзды, находящейся отъ насъ на разстояніи 10000 единицъ длины, введенныхъ въ разсмотрѣніе въ § 175, должна быть въ 30 биллiоновъ разъ меньше, чѣмъ яркость звѣзды, удаленной отъ насъ на разстояніе, равное одной такой единицѣ длины. Поэтому требуется весьма большое число очень близкихъ другъ къ другу звѣздъ, чтобы звѣздное скопленіе, находящееся на такомъ далекомъ отъ насъ разстояніи, могло представиться намъ, даже въ самую темную ночь, въ видѣ блѣднаго туманнаго пятна.

Принимая во вниманіе только что изложенныя соображенія, мы должны согласиться, что выше упомянутое возраженіе не препятствуетъ болѣе признать число звѣздъ въ дѣйствительности безконечно большимъ, а міровое пространство безграничнымъ по всѣмъ направленіямъ.

§ 183. **Собственныя движенія звѣздъ.** Уже въ древнія времена выдающіеся астрономы опредѣляли положенія звѣздъ относительно нѣкоторыхъ, извѣстнымъ образомъ выбранныхъ точекъ и круговъ на небѣ, отчасти съ цѣлію составленія полныхъ и точныхъ звѣздныхъ каталоговъ, которые дали бы возможность будущимъ астрономамъ легче замѣтить вновь появившіяся или же исчезнувшія звѣзды, отчасти съ цѣлію полученія опорныхъ точекъ при изученіи движеній планетъ и кометъ. Впрочемъ весьма возможно, что ими руководило смутное предчувствіе, что всѣ эти безчисленныя неподвижныя звѣзды въ дѣйствительности не остаются совершенно неподвижными; а въ такомъ случаѣ, знаніе этихъ движеній послужило бы къ прекрасному обогащенію астрономіи. И дѣйствительно, еще Гиппархъ, сравнивъ свой большой звѣздный каталогъ съ древними каталогами Тимохариса и Аристилля, объяснилъ предвареніемъ равноденствій (часть I, § 50) измѣненія въ положеніи звѣздъ, замѣченныя еще китайцами, индусами и египтянами. Каталогъ Птоломея впослѣдствіи далъ Галлею возможность показать, что не всѣ звѣзды сохраняютъ неизмѣннымъ свое положеніе на небѣ, но что есть такія звѣзды, которыя, подобно планетамъ и кометамъ, замѣтнымъ образомъ перемѣщаются относительно остальныхъ. Какъ бы ни былъ неточенъ каталогъ Птоломея въ сравненіи съ новѣйшими наблюденіями, тѣмъ не менѣе Галлей для нѣкоторыхъ яркихъ звѣздъ обнаружилъ такое значительное различіе между положеніями, съ одной стороны взятыми изъ каталога Птоломея, съ другой стороны выведенными изъ наблюденій Фламстида, что онъ по необходимости приписалъ ихъ дѣйствительнымъ измѣненіямъ въ положеніяхъ звѣздъ. Такимъ образомъ Галлей болѣе не сомнѣвался въ томъ, что нѣкоторыя звѣзды обладаютъ собственнымъ движеніемъ, и Кассини II, Лемонье и въ особенности Тобіасъ Майеръ, побуждаемые открытіемъ Галлея, предприняли точныя наблюденія нѣкоторыхъ звѣздъ, съ цѣлію подробнѣе изучить ихъ движенія. Эти изслѣдованія съ тѣхъ поръ продолжались самымъ ревностнымъ образомъ, и мы въ настоящее время, благодаря многочисленнымъ точнымъ каталогамъ новѣйшаго времени, знаемъ съ большею или меньшею точностью собственныя движенія болѣе, чѣмъ для 4000 звѣздъ. Эти собственныя движенія вообще весьма малы; Медлеръ самымъ точнымъ образомъ изслѣдовалъ въ этомъ отношеніи всѣ звѣзды каталога, составленнаго Брадлеемъ, и при этомъ нашелъ, что для звѣздъ различной яркости годичное собственное движеніе въ среднемъ составляетъ:

для	65	звѣздъ	1-ой и 2-ой величины	0,222″
»	154	»	3-ой »	0,168
»	312	»	4-ой »	0,137
»	690	»	5-ой »	0,111
»	994	»	6-ой »	0,090
»	912	»	7-ой »	0,086

Такимъ образомъ очевидно, что средняя величина собственнаго движенія уменьшается съ уменьшеніемъ яркости звѣздъ; впрочемъ, это заключеніе справедливо лишь вообще, и его никоимъ образомъ нельзя примѣнять къ отдѣльнымъ частымъ случаямъ, какъ это съ достаточной очевидностью вытекаетъ изъ нижеслѣдующей таблички, въ которой приведены наиболѣе значительныя изъ извѣстныхъ до сихъ поръ собственныхъ движеній. Въ этой табличкѣ положенія звѣздъ даны для 1900 года; величина собственнаго движенія соотвѣтствуетъ годичному промежутку времени и представляетъ движеніе по дугѣ большого круга; уголъ, опредѣляющій направленіе движенія, отсчитывается отъ сѣвера черезъ востокъ; наконецъ, для слабыхъ звѣздъ число послѣ имени обозначаетъ номеръ

звѣзды въ соотвѣтственномъ каталогѣ, въ которомъ впервые встрѣчается ея точное положеніе.

Звѣзда.	Величина.	Прямое восх.	Склоненіе.	Год. собств. дв.	Направленіе.
Грумбриджъ 1830 . .	6,9	$11^h\ 47{,}2^m$	$+38^\circ\ 26'$	7,04″	145,1°
Лакайль 9352 . . .	7,5	22 59,4	—36 26	6,95	79,2
Гульдъ 32416 . . .	8,5	23 59,5	—37 51	6,07	112,6
61 Лебедя	5,7	21 2,4	+38 15	5,20	51,5
Лаландъ 21185 . .	7,3	10 57,9	+36 38	4,76	187,1
ε Индѣйца	5,2	21 55,7	—57 22	4,61	122,7
Лаландъ 21258 . .	8,7	11 0,5	+44 2	4,41	282,3
40 0^2 Эридана . . .	4,6	4 10,7	— 7 49	4,05	212,0
μ Кассіопеи	5,7	1 1,6	+54 26	3,74	114,9
Арг. В. 11702 . . .	9,2	15 4,7	—15 59	3,69	195,5
Арг. В. 11703 . . .	9,0	15 4,7	—15 54	3,68	195,4
α Центавра	1	14 32,8	—60 25	3,61	283,6
Лакайль 8760 . . .	7,3	21 11,4	—39 15	3,53	249,5
Лакайль 1060 . . .	4,4	3 15,9	—43 27	3,12	75,5
Арг. Ольценъ 11677 .	9,0	11 14,8	+66 23	3,03	273,9

Кромѣ только что названныхъ звѣздъ мы знаемъ еще около 12 съ годичнымъ собственнымъ движеніемъ отъ 2″ до 3″ и около 60 съ собственнымъ движеніемъ отъ 1″ до 2″, слѣдовательно, въ общемъ мы знаемъ около 90 звѣздъ, которыя въ теченіе года мѣняютъ свое положеніе болѣе чѣмъ на одну секунду. Въ это число, кромѣ упомянутой уже въ предыдущей табличкѣ α Центавра, входятъ еще только три весьма яркихъ звѣзды, а именно Арктуръ, Сиріусъ и Проціонъ съ годичными собственными движеніями соотвѣтственно въ 2,27″, 1,31″ и 1,25″.

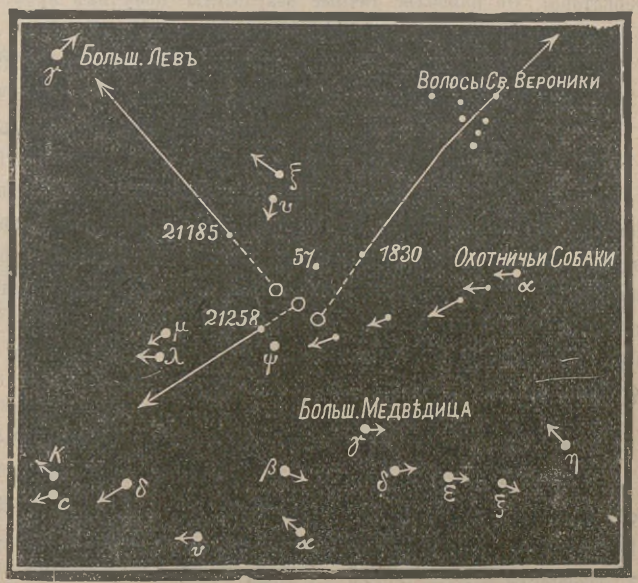


Рис. 226.

* На рис. 226 графически изображены, согласно съ изслѣдованіями Фламмаріона, собственныя движенія нѣкоторыхъ звѣздъ, какъ по величинѣ, такъ и по направленію, за 10 000 лѣтъ. При этомъ замѣчательно, что для трехъ звѣздъ, обладающихъ весьма большимъ собственнымъ движеніемъ и между прочимъ помѣщенныхъ въ предыдущей табличкѣ, а именно для звѣздъ Грумбриджъ 1830, Лаландъ 21185 и Лаландъ 21258, линіи, изображающія ихъ собственныя движенія, при своемъ продолженіи назадъ, сходятся въ одной и той-же части неба, и изъ своихъ первоначальныхъ положеній, представленныхъ на рис. 226 въ видѣ кружечковъ, всѣ три звѣзды вышли, повидимому, въ одну и ту-же эпоху. *

Впрочемъ необходимо замѣтить, что мы видимъ только проекцію дѣйствительнаго движенія на небесную сферу, т.-е. составляющую этого движенія по направленію, перпендикулярному къ лучу зрѣнія, между тѣмъ какъ другую составляющую по направленію самого луча зрѣнія мы вовсе не замѣчаемъ. Поэтому, нѣкоторыя звѣзды съ весьма незначительнымъ видимымъ движеніемъ, каковы, напр. Спика, Антаресъ, Ригель и др., въ дѣйствительности могутъ обладать весьма значительнымъ движеніемъ въ пространствѣ, если только онѣ движутся или прямо на насъ, или прямо отъ насъ. Для опредѣленія движенія по направленію луча зрѣнія въ послѣднее время астрономы стали пользоваться спектроскопомъ.

На основаніи принципа Доплера (§ 19) темныя спектральныя линіи при приближеніи къ намъ свѣтящагося предмета должны смѣщаться къ фіолетовому концу спектра, а при удаленіи отъ насъ—къ красному. Какъ бы малы ни были эти смѣщенія, все же они могутъ быть замѣчены и измѣрены при помощи нашихъ весьма чувствительныхъ, сильно разсѣивающихъ спектроскоповъ. Поэтому, не была лишена основанія надежда опредѣлить по смѣщенію спектральныхъ линій движеніе звѣздъ по направленію луча зрѣнія, хотя все же астрономы сознавали, что эти изслѣдованія принадлежатъ къ числу самыхъ трудныхъ и самыхъ деликатныхъ вслѣдствіе малости тѣхъ величинъ, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь. Первыя наблюденія, проложившія путь въ этомъ направленіи, были сдѣланы Гуггинсомъ въ 1868 г., и на основаніи этихъ наблюденій онъ заключилъ, что Сиріусъ удаляется отъ насъ со скоростью 41 километра въ секунду. Послѣ этого подобныя изслѣдованія производились различными астрономами и на различныхъ обсерваторіяхъ и между прочимъ на гринвичской обсерваторіи. Но наиболѣе точные результаты получилъ проф. Фогель, который, благодаря усовершенствованію способовъ наблюденія и благодаря фотографированію спектровъ, опредѣлялъ движеніе по лучу зрѣнія съ точностью до нѣсколькихъ километровъ. Ниже мы даемъ результаты его наблюденій только для такихъ звѣздъ, движенія которыхъ имъ были опредѣлены съ вполнѣ удовлетворительною точностью. Въ табличкѣ указано число километровъ, проходимыхъ каждой звѣздой въ секунду. Для сравненія напомнимъ читателямъ, что наша земля при своемъ движеніи вокругъ солнца въ среднемъ проходитъ 30 километровъ въ секунду. * Наконецъ замѣтимъ еще, что на рис. 227 изображенъ спектръ Ригеля, удаляющагося отъ насъ со скоростью 16 километровъ въ секунду; поэтому, для него спектральная линія (бѣлый промежутокъ на рисункѣ) смѣщена относительно своего нормальнаго положенія (тонкая черная линія) къ красному концу. *



Рис. 227.

а) Звѣзды, приближающіяся къ нашей солнечной системѣ.

Звѣзда.	Кил.	Звѣзда.	Кил.	Звѣзда.	Кил.
α Кассіопеи	16	Проціонъ	9	ζ Большой Медв. . .	31
Полярная . . .	26	Регулъ	9	η » » . .	26
γ Андромеды . . .	13	γ Льва	39	Арктуръ	7
α Овна	15	δ Большой Медв. . .	30	ε Волопаса	16
α Персея	10	α » » . .	12	β Геркулеса	36
β Возничаго . . .	28	δ Льва	14	Вега	16
γ Близнецовъ . . .	16	β »	12	α Водолея	37
Сиріусъ	16	γ Большой Медв. . .	27	γ Лебедя	7
Касторъ	30	ε » » . .	30	Денебъ	8
		Спика	15		

b) Звѣзды, удаляющіяся отъ нашей солнечной системы.

Звѣзда	Кил.	Звѣзда	Кил.	Звѣзда	Кил.
β Андромеды . . .	11	γ Оріона	9	β Малой Медв. . .	14
Альдебаранъ	48	β Тельца	8	Гемма	32
Капелла	25	ε Оріона	27	α Офіуха	19
Ригель	16	ζ »	15	ε Пегаса	8
		Бетейгейзе	17		

Но гораздо болѣе значительнымъ движеніемъ, чѣмъ всѣ вышеприведенныя звѣзды, обладаетъ ζ Геркулеса. Эта звѣзда приближается къ намъ по опредѣленію Бѣлопольскаго — со скоростью 70 километровъ въ секунду, а по опредѣленію Деландра — со скоростью 62 километровъ въ секунду. Но все же эта скорость не очень значительно превосходитъ скорость орбитальнаго движенія ближайшей къ солнцу планеты, Меркурія (47,5 километровъ). Поэтому, движенія въ междузвѣздномъ пространствѣ вообще, повидимому, носятъ такой-же характеръ, какъ и движенія въ нашей солнечной системѣ.

Теперь можно предложить себѣ такой вопросъ: не являются эти движенія причиной выше упомянутыхъ (§ 174) вѣковыхъ измѣненій яркости нѣкоторыхъ звѣздъ? По изслѣдованіямъ Аудеманса, этого не можетъ быть, такъ какъ оказывается, что даже ближайшія къ намъ звѣзды, обладающія наиболѣе значительнымъ движеніемъ, отъ этой причины въ теченіе нѣсколькихъ тысячелѣтій могутъ измѣнить свою яркость только на 0,1 звѣздной величины.

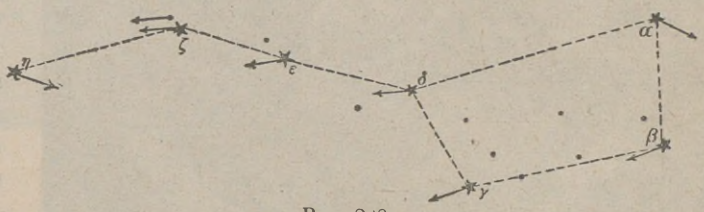


Рис. 228.

По какимъ законамъ совершаются движенія звѣздъ въ пространствѣ? Образуютъ ли онѣ нѣсколько отдѣльныхъ системъ, или только одну большую систему? Существуетъ ли центральное тѣло съ огромной массой, которое извѣстнымъ образомъ управляетъ движеніями звѣздъ, какъ наше солнце управляетъ движеніями планетъ и кометъ, или такого тѣла вовсе нѣтъ? — на эти и имъ подобные вопросы въ настоящее время мы не можемъ дать сколько-нибудь удовлетворительнаго отвѣта.

Послѣ изслѣдованій Гершеля относительно строенія нашего млечнаго пути (§ 180), среди астрономовъ былъ весьма распространенъ взглядъ, что всѣ безчисленныя окружающія насъ звѣзды образуютъ одну большую систему, отдѣльные члены которой описываютъ замкнутыя орбиты около общаго центра тяжести. Этотъ взглядъ самого краснорѣчиваго выразителя нашелъ въ Медлерѣ, который, послѣ продолжительныхъ и обширныхъ изслѣдованій этого предмета, пришелъ къ заключенію, что Плеяды (§ 185) представляютъ динамическій центръ вселенной, и что самая яркая звѣзда этой группы, Альціона или γ Тельца, является центральнымъ солнцемъ всего міра. Эта гипотеза, благодаря своей величественности, вначалѣ имѣла много приверженцевъ; но не говоря уже о томъ, что о собственныхъ движеніяхъ звѣздъ мы имѣемъ слишкомъ скудныя свѣдѣнія, чтобы отсюда выводить столь широкія заключенія, мы на основаніи нѣкоторыхъ явленій скорѣе должны признать, что наше звѣздное небо не представляетъ одной большой системы, а состоитъ изъ нѣкотораго числа менѣе значительныхъ частныхъ системъ, о взаимной связи между которыми пока мы не имѣемъ ни малѣйшаго представленія. Такъ, нѣкоторыя группы звѣздъ, раздѣленныя огромными разстояніями, обнаруживаютъ такое

согласіе въ направленіи ихъ собственныхъ движеній, что совершенно нельзя сомнѣваться въ ихъ тѣсной взаимной связи. На наиболѣе замѣчательный примѣръ этого рода обратилъ вниманіе еще Медлеръ. Изъ семи главныхъ звѣздъ Большой Медвѣдицы (рис. 228) пять звѣздъ, а именно: β, γ, δ, ε и ζ со своимъ спутникомъ Алькоромъ обладаютъ настолько одинаковыми собственными движеніями, что, безъ сомнѣнія, составляютъ одну общую группу, между тѣмъ какъ звѣзды α и η въ этомъ отношеніи стоятъ совершенно особо. Замѣчательно, что, по изслѣдованіямъ Гуггинса, эти двѣ звѣзды даютъ спектры, также отличные отъ спектровъ остальныхъ звѣздъ того-же созвѣздія. Такое же общее движеніе находимъ мы у α, β и η Малаго Пса; у δ, ε и ζ Гидры; у ζ Тукана, e Эридана, ζ_1 и ζ_2 Сѣти и т. д. Къ этой же категоріи должны быть отнесены вышеупомянутыя звѣзды Арг. В. 11702 и 11703, годичное собственное движеніе которыхъ составляетъ 3,70″.

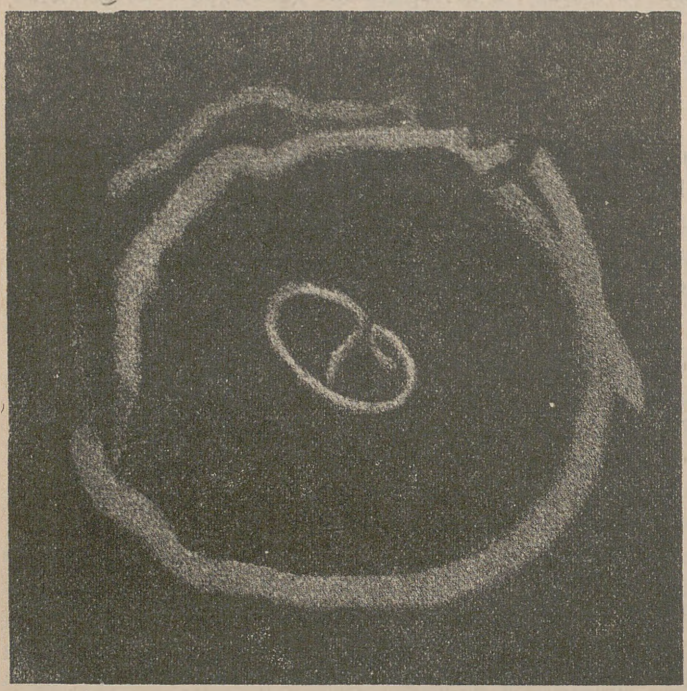


Рис. 229.

Здѣсь мы стоимъ, очевидно, на порогѣ важныхъ открытій относительно строенія вселенной. Первыя попытки разгадать это строеніе были сдѣланы болѣе ста лѣтъ тому назадъ Михелемъ и В. Гершелемъ. Въ новѣйшее время эти изслѣдованія развивали дальше Прокторъ, Саффордъ, Стоне и др. * Прокторъ между прочимъ представлялъ себѣ, что Млечный путь имѣетъ спиральное строеніе (рис. 229). * Не вдаваясь въ подробности относительно этого предмета, упомянемъ только, что вслѣдствіе значительнаго различія въ движеніяхъ сосѣднихъ звѣздъ въ теченіе тысячелѣтій звѣздное небо мало-по-малу должно совершенно измѣнить свой видъ, такъ какъ звѣзды, входящія въ составъ извѣстнаго созвѣздія, съ теченіемъ времени должны принять совершенно иное распредѣленіе, чѣмъ то, которое мы наблюдаемъ теперь. На измѣненіе вида неба подъ вліяніемъ собственныхъ движеній звѣздъ впервые указалъ, насколько мы знаемъ, Фламмаріонъ. На рис. 230 изображена, согласно съ его изслѣдованіями, Большая Медвѣдица a) въ томъ видѣ, какой она имѣла 50000 лѣтъ тому назадъ. b) въ томъ видѣ, въ какомъ мы ее наблюдаемъ теперь, и c) въ томъ видѣ, какой она приметъ 50000 лѣтъ спустя.

§ 184. **Движеніе нашего солнца въ пространствѣ.** Солнце, какъ это впослѣдствіи будетъ изложено болѣе подробно, благодаря притяженію, которое оно оказываетъ на планеты, является причиной движенія этихъ послѣднихъ. Но дѣйствіе равно противодѣйствію, и потому каждая планета, въ свою очередь, притягиваетъ къ себѣ солнце и вслѣдствіе этого сообщаетъ также и ему движеніе въ пространствѣ. Какъ планета подъ дѣйствіемъ притягательной силы солнца описываетъ вокругъ него эллипсъ, такъ точно и центръ

солнца подъ вліяніемъ притяженія планеты движется по эллиптической кривой. Только окружность эллипса, описываемаго солнцемъ, во столько разъ меньше окружности эллипса, описываемаго планетой, во сколько разъ масса этой послѣдней меньше массы солнца; поэтому, такъ какъ масса солнца необыкновенно велика въ сравненіи съ массами планетъ, то эллипсъ, описываемый солнцемъ, долженъ быть весьма малымъ сравнительно съ эллипсомъ, описываемымъ планетой. Но въ виду того, что на солнце дѣйствуютъ всѣ планеты заразъ, орбита, описываемая центромъ солнца, должна быть въ дѣйствительности весьма сложной кривой. Къ счастью, мы не нуждаемся въ болѣе близкомъ знакомствѣ съ этой кривой, такъ какъ мы наблюдаемъ не абсолютныя движенія планетъ и кометъ въ пространствѣ, а ихъ относительныя движенія по отношенію къ солнцу.

Но солнце, кромѣ только что указаннаго движенія и кромѣ вращенія вокругъ своей оси, которое обнаруживается непосредственно изъ наблюденій (§ 17), должно обладать еще третьимъ, поступательнымъ движеніемъ въ пространствѣ. Въ самомъ дѣлѣ, наблюдаемое нами вращеніе солнца вокругъ оси могъ вызвать только первоначальный толчокъ, который солнце получило при своемъ образованіи или непосредственно, или подъ дѣйствіемъ какого-нибудь внѣшняго тѣла. Кромѣ того, солнце есть не что иное, какъ одна изъ безчисленныхъ звѣздъ, а эти послѣднія, какъ мы видѣли въ предыдущемъ параграфѣ, также обладаютъ собственными движеніями. На этомъ основаніи еще Лаландъ высказалъ предположеніе, что солнце кромѣ вращенія около оси должно имѣть еще поступательное движеніе въ пространствѣ, которое, конечно, должно быть общимъ для всѣхъ тѣлъ

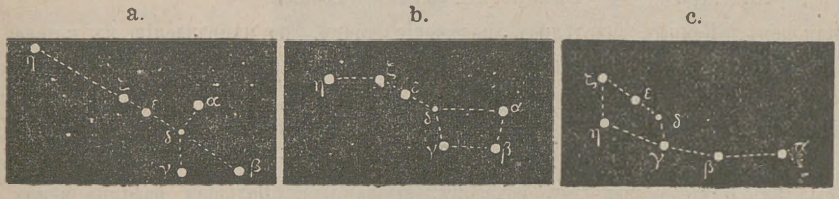


Рис. 230.

нашей солнечной системы, и которое, поэтому, можетъ быть обнаружено лишь благодаря движеніямъ, наблюдаемымъ внѣ этой системы. Вслѣдствіе этого, было вполнѣ естественно заняться изслѣдованіемъ, не могутъ ли быть объяснены собственныя движенія звѣздъ, по крайней мѣрѣ отчасти, поступательнымъ движеніемъ нашей солнечной системы. Въ этомъ случаѣ, тѣ звѣзды, по направленію къ которымъ движется солнце, должны удаляться другъ отъ друга, а тѣ, которыя при движеніи солнца остаются позади, должны сближаться, и, кромѣ того, наиболѣе значительныя измѣненія въ положеніяхъ должны наблюдаться у такихъ звѣздъ, которыя отстоятъ на 90^0 отъ направленія движенія солнца. Относящіяся сюда изслѣдованія впервые были предприняты В. Гершелемъ, Прево и Клюгелемъ. Гершель нашелъ, что точка, по направленію къ которой движется наше солнце, опредѣляется слѣдующими координатами: $\alpha = 257^0$ и $\delta = +27^0$ (α—прямое восхожденіе, δ—склоненіе). Прево и Клюгель пришли къ подобному же результату, несмотря на то, что послѣдній изъ нихъ пользовался совершенно другимъ способомъ.

Несмотря на хорошее согласіе, все же нельзя приписывать этому результату слишкомъ большой точности, такъ какъ всѣ эти вычисленія были основаны на весьма ограниченномъ числѣ звѣздъ, и потому движенія, присущія самимъ звѣздамъ, могли оказать весьма значительное вліяніе на направленіе движенія солнца. Поэтому, послѣ этихъ первыхъ попытокъ, съ расширеніемъ нашихъ свѣдѣній о собственныхъ движеніяхъ звѣздъ, неоднократно повторялись въ высшей степени интересныя и важныя изслѣдованія о направленіи движенія нашего солнца, причемъ эти изслѣдованія постоянно основывались все на большемъ и большемъ числѣ звѣздъ, и, кромѣ того, различные ученые дѣлали раз-

личныя предположенія относительно зависимости собственныхъ движеній звѣздъ отъ движенія солнца и различнымъ образомъ группировали звѣзды: то по ихъ яркости, то по величинѣ ихъ собственныхъ движеній, то по ихъ положенію относительно млечнаго пути, то, наконецъ, по ихъ принадлежности къ тому или другому спектральному типу. При этомъ оказалось, что для координатъ точки, по направленію къ которой движется наше солнце, получаются, какъ видно изъ нижеприведенной таблицы, весьма различныя значенія въ зависимости отъ исходной точки зрѣнія. Въ этой таблицѣ сопоставлены важнѣйшія изъ многочисленныхъ новѣйшихъ опредѣленій направленія движенія нашей солнечной системы; буквами α и δ въ ней обозначены прямое восхожденіе и склоненіе той точки, по направленію къ которой движется наше солнце; далѣе, въ тѣхъ случаяхъ, когда въ результатѣ своихъ изслѣдованій авторы, напр., Дункинъ, Плуммеръ и др., получали нѣсколько значеній для вышеупомянутыхъ координатъ, въ таблицѣ приведено только одно значеніе, именно то, которое самъ вычислитель считалъ наиболѣе вѣроятнымъ.

Положеніе точки, по направленію къ которой движется наше солнце.

Изслѣдователь.	α	δ	Число звѣздъ.	Изслѣдователь.	α	δ	Число звѣздъ.	Изслѣдователь.	α	δ	Число звѣздъ.
Аргеландеръ	259,9°	+32,5°	390	Медлеръ .	261,6°	+39.9°	2163	Л. Струве.	273,3°	+27,3°	2509
Лундаль .	252,5	+14,4	147	Эйри .	261,5	+24,7	113	Ступе . .	285	+39	1054
О. Струве.	261,5	+37,6	392	Дункинъ . .	263,7	+25,0	1167	Портеръ . .	281,2	+40,7	1340
Убагсъ . . .	262,4	+26,6	464	Л. де Балль .	269,0	+23,2	67	Ристенпартъ.	281	+39	454
Плуммеръ .	276,1	+26,5	274	Ранкенъ . .	284,6	+31,9	106	Кобольдъ . .	266,5	—3,1	1427
Боссъ . . .	287	+47	—	Бишофъ . .	285,2	+48,5	480				

Наконецъ, Кемпфъ опредѣлилъ положеніе точки, по направленію къ которой движется наше солнце, по собственнымъ движеніямъ, выведеннымъ проф. Фогелемъ изъ его спектроскопическихъ наблюденій для 51 звѣзды (§ 183), и получилъ для α и δ по два значенія, а именно: $\alpha = 206^0$, $\delta = +46^0$ или $\alpha = 160^0$, $\delta = +50^0$, въ зависимости отъ того, принять ли во вниманіе при вычисленіи всѣ упомянутыя звѣзды, или только нѣкоторыя изъ нихъ, особеннымъ образомъ выбранныя. Большая разница между полученными такимъ образомъ результатами наглядымъ образомъ показываетъ, какое значительное вліяніе имѣетъ, при небольшомъ числѣ звѣздъ, та или иная ихъ группировка.

ГЛАВА XVI.

Двойныя звѣзды.

§ 185. **Области, богатыя звѣздами.** Даже невооруженнымъ глазомъ можно замѣтить, что нѣкоторыя части неба несравненно обильнѣе другихъ усѣяны звѣздами. Такъ, напримѣръ, южная часть красиваго созвѣздія Ріона, созвѣздіе Лиры, область около β и ξ Тельца и т. д. очень богаты звѣздами; другія же созвѣздія, напр., созвѣздіе Рыси, созвѣздіе Жирафа и проч., содержатъ лишь небольшое число да и то слабыхъ звѣздъ. Сюда же слѣдуетъ отнести совершенно лишенныя звѣздъ части неба вблизи созвѣздія Скорпіона, въ созвѣздіи Лисицы и, наконецъ, такъ называемый Угольный Мѣшокъ въ Южномъ Крестѣ.

Точно также часто можно видѣть цѣлыя скопленія звѣздъ, т.-е. такія мѣста, гдѣ на небольшомъ пространствѣ сосредоточено очень много довольно яркихъ звѣздъ. Напримѣръ, въ Плеядахъ на шеѣ Тельца, которыя извѣстны также подъ именемъ Насѣдки, на пространствѣ лишь одного квадратнаго градуса заключаются: одна звѣзда третьей величины (Алціона), двѣ звѣзды отъ четвертой до пятой величины (Электра и Атласъ), три—пятой (Меропа, Майя и Тайгета), двѣ—шестой (Плейона и Целено), нѣсколько звѣздъ седьмой и отъ седьмой до восьмой величины (напримѣръ, Астеропа) и очень много слабыхъ звѣздочекъ. На рис. 231 эта звѣздная группа изображена по фото-

графіи, снятой братьями Анри въ Парижѣ. Хорошій глазъ легко различаетъ въ этой группѣ шесть первыхъ звѣздъ, болѣе зоркій видитъ еще Плейону и Целено, а очень зоркій и еще нѣсколько мелкихъ звѣздъ. Э. Вейсъ зналъ молодыхъ людей, которые могли различать въ Плеядахъ отъ 14 до 16 звѣздъ. Недалеко отъ Плеядъ находятся Гіады (рис. 232), также одна изъ самыхъ богатыхъ звѣздныхъ группъ. Извѣстныя Ясли въ созвѣздіи Рака ($AR = 128^0 45'$, $D = +20^0 4'$) *) содержатъ на пространствѣ $^1/_2$ квадратнаго градуса, не говоря уже о мелкихъ звѣздахъ, около 40 такихъ, которыя можно различить даже въ слабую трубу.



Рис. 231.

Трудно допустить, чтобы такое скопленіе звѣздъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ неба представляло собою лишь видимое явленіе, зависящее исключительно отъ положенія нашего глаза. Сравнивая извѣстное изъ наблюденій число звѣздъ до 10-ой величины, съ сотней звѣздъ, входящихъ въ составъ Плеядъ, мы, основываясь на теоріи вѣроятностей, заключаемъ, что можно поставить милліонъ противъ одного за то, что такое скопленіе звѣздъ въ небольшомъ пространствѣ не есть дѣло простого случая, какъ на это впервые обратилъ вниманіе Михель въ 1767 г.

§ 186. **Раздѣленіе двойныхъ звѣздъ на классы, яркость составляющихъ въ двойныхъ звѣздахъ, число и распредѣленіе двойныхъ звѣздъ.** Сказанное справедливо и по отношенію къ такимъ звѣздамъ, которыя нерѣдко встрѣчаются на небѣ парами и которыя отстоятъ другъ отъ друга на очень маломъ разстояніи. Такія звѣзды называются двойными. Замѣчательнымъ примѣромъ двойной звѣзды можетъ служить средняя звѣзда третьей величины въ хвостѣ Большой Медвѣдицы, носящая названіе Мицаръ или ζ Ursae majoris. Зоркій глазъ видитъ очень близко отъ Мицара звѣздочку 5-ой величины (g Большой Медвѣдицы); эта звѣздочка называется Алькоромъ или Наѣзднико мъ, и ея разстояніе отъ Мицара составляетъ приблизительно 11′. Уже въ небольшую трубу видно, что Мицаръ самъ представляетъ двойную звѣзду, причемъ одна составляющая третьей величины, а другая — пятой, и взаимное разстояніе между ними равно 14″ (рис. 233).

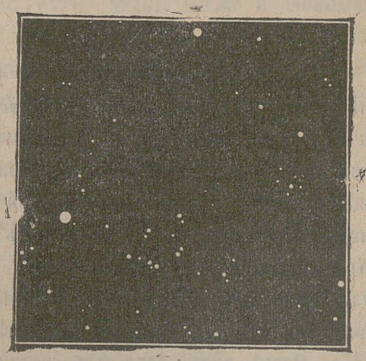


Рис. 232.

*) Буквы AR обозначаютъ прямое восхожденіе, буква D—склоненіе.

Переводчикъ.

Двойственность этой звѣзды открылъ Рикчіоли въ 1650 г., и это, вообще, было первое открытіе двойной звѣзды; въ 1700 г. ее наблюдалъ также Готфридъ Кирхъ. Къ югу отъ линіи, соединяющей Мицаръ и Алькоръ, находится звѣздочка 8-ой величины, которую впервые замѣтилъ нюренбергскій астрономъ Эймартъ въ 1691 году; при помощи же сильнаго телескопа можно видѣть вблизи Мицара еще нѣсколько мелкихъ звѣздъ.

Часто разстояніе между составляющими двойной звѣзды равно лишь нѣсколькимъ секундамъ дуги, а иногда даже нѣкоторой дробной части секунды. В. Гершель, который первый началъ заниматься подробнымъ изслѣдованіемъ двойныхъ звѣздъ, взаимное разстояніе между составляющими положилъ въ основаніе своей классификаціи двойныхъ звѣздъ. Къ первому классу онъ отнесъ такія звѣзды, для которыхъ разстояніе между составляющими меньше 4″; ко второму онъ причислилъ звѣзды съ разстояніемъ отъ 4″ до 8″; къ третьему—съ разстояніемъ отъ 8″ до 16″; и, наконецъ, къ четвертому съ разстояніемъ отъ 16″ до 32″.

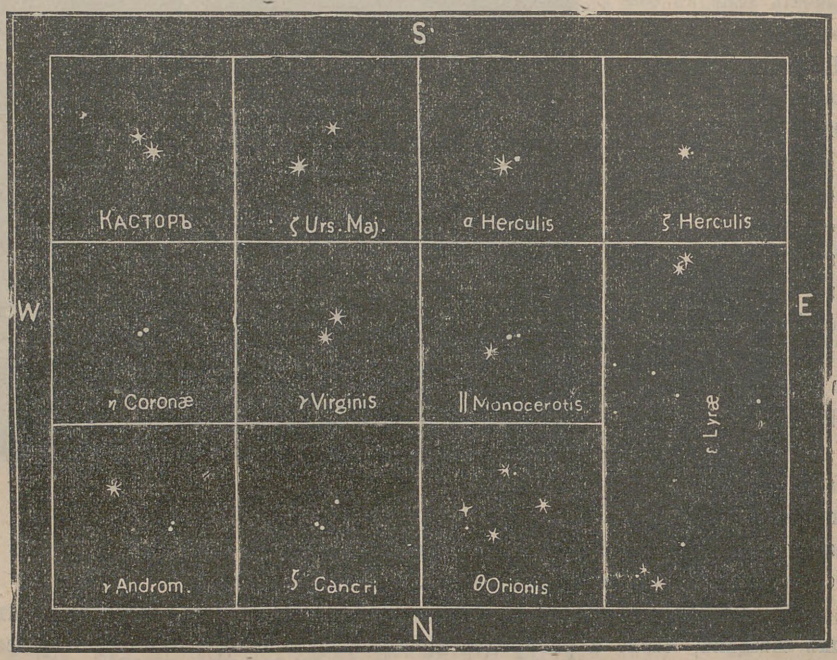


Рис. 233.

Положеніе двойныхъ звѣздъ на небесной сферѣ опредѣляется такъ же, какъ и положеніе всѣхъ остальныхъ звѣздъ, а именно въ звѣздныхъ каталогахъ даются прямое восхожденіе и склоненіе болѣе яркой составляющей. Но къ этимъ даннымъ необходимо еще прибавить взаимное разстояніе Δ между составляющими и уголъ положенія П, т.-е. уголъ, заключающійся между линіей, соединяющей обѣ составляющія, и кругомъ склоненія, проходящимъ черезъ болѣе яркую звѣзду. Этотъ уголъ считается отъ сѣвера черезъ востокъ и т. д. Кромѣ того нужно указать время, которому соотвѣтствуютъ величины Δ и П, потому что для большаго числа двойныхъ звѣздъ разстояніе и уголъ положенія не суть величины постоянныя, но непрерывно мѣняются съ теченіемъ времени.

Очень часто одна изъ составляющихъ двойной звѣзды бываетъ гораздо ярче другой; напримѣръ, полярная звѣзда состоитъ изъ двухъ: одна изъ нихъ 2-ой величины, а другая 9-ой. Но бываютъ и такія пары, въ которыхъ составляющія обладаютъ почти одинаковою яркостью. Къ этому разряду двойныхъ звѣздъ, между прочимъ, относятся: γ Овна (обѣ

звѣзды 5-ой величины), Касторъ (одна звѣзда 3-ей величины, другая 4-ой), γ Дѣвы (обѣ приблизительно 3-ьей величины), ξ Большой Медвѣдицы (4-ой и 5-ой величины), γ Льва (2-ой и 4-ой величины), α Центавра (1-ой и 3-ей величины) и т. д. (см. рис. 233).

Изъ пзслѣдованій В. Струве можно заключить, что число простыхъ звѣздъ лишь въ три, а можетъ быть даже только въ два раза больше числа двойныхъ. Однако, здѣсь надо замѣтить, что это вѣрно только относительно болѣе яркихъ звѣздъ, и что вмѣстѣ съ тѣмъ число двойныхъ звѣздъ сильно убываетъ съ уменьшеніемъ ихъ яркости. Впрочемъ, это явленіе можетъ быть лишь кажущимся, и его достаточно хорошо можно объяснить тѣмъ, что въ двойныхъ звѣздахъ одна изъ составляющихъ обыкновенно бываетъ гораздо слабѣе другой; поэтому, если болѣе яркая изъ нихъ сама уже достаточно слаба, то менѣе яркая не вызываетъ въ нашемъ глазу никакого ощущенія.

Наконецъ, замѣчательно, что громадное число двойныхъ звѣздъ относится къ 1-му классу Гершеля. Но если бы двойныя звѣзды представляли собою лишь оптическія пары, т.-е. если бы ихъ двойственность обусловливалась только вліяніемъ перспективы, то мы чаще всего встрѣчали бы звѣзды 4-го класса и рѣже всего 1-го класса. Дѣйствительно, площади круговъ, радіусы которыхъ соотвѣтственно равны 4, 8, 16 и 32 секундамъ, относятся между собою какъ числа 1, 4, 16 и 64, и, слѣдовательно, если бы двойныя звѣзды представляли собою лишь оптическія пары, то числа звѣздъ, принадлежащихъ къ четыремъ классамъ, относились бы какъ 1, 3, 12 и 48; такъ что изъ 64 оптически двойныхъ звѣздъ лишь одна принадлежала бы къ 1-му классу, 3—ко второму, 12—къ третьему и 48—къ четвертому. Еще В. Струве зналъ около 1450 двойныхъ звѣздъ, принадлежащихъ къ четвертому классу, такъ что, если бы всѣ эти звѣзды представляли собою лишь оптическія пары, то звѣздъ 3-ьяго класса было бы 362, второго 91 и перваго лишь 30. Однако, наблюденія показали, что ко второму и третьему классу принадлежатъ къ каждому по 1310 звѣздъ, а къ первому 1930. Столь явное разногласіе указываетъ на то, что двойныя звѣзды 1-го класса принадлежатъ почти исключительно къ истиннымъ двойнымъ звѣздамъ или представляютъ собою физическія пары; то же самое относится и ко многимъ звѣзднымъ парамъ второго и третьяго класса. Физическая связь звѣздъ, составляющихъ пару, становится тѣмъ болѣе вѣроятной, если обѣ составляющія относятся къ яркимъ звѣздамъ и очень близко отстоятъ одна отъ другой; подобные примѣры представляютъ между прочимъ Касторъ, для котораго разстояніе равняется $5''$, и γ Льва, для котораго разстояніе едва достигаетъ $3''$.

Что касается распредѣленія двойныхъ звѣздъ на небѣ, то, вообще, тѣ мѣста, которыя содержатъ весьма мало простыхъ звѣздъ, напримѣръ, созвѣздія Гончихъ Псовъ, Дракона и особенно области, лежащія вблизи полюсовъ млечнаго пути, бѣдны также и двойными звѣздами. По мѣрѣ же приближенія къ млечному пути число звѣздъ какъ простыхъ, такъ и двойныхъ быстро возрастаетъ. Впрочемъ, кромѣ млечнаго пути существуютъ на небѣ еще отдѣльныя мѣста, весьма богатыя двойными звѣздами. Таковы, напр., созвѣздія Овна, Лебедя, Мухи, Близнецовъ и въ особенности Оріона.

Нерѣдко можно видѣть въ полѣ зрѣнія трубы сразу двѣ двойныя звѣзды. Это имѣетъ мѣсто, напримѣръ, въ тѣхъ случаяхъ, когда зрительная труба направлена на ε Лиры (рис. 233), χ Лебедя, υ Скорпіона, на точку $AR=246^0\ 52'$, $D=+\ 19^0\ 29'$ въ созвѣздіи Геркулеса, на точку $AR=166^0\ 20'$, $D=+66^0\ 37'$ въ Большой Медвѣдицѣ и т. д.

Случается также, хотя и рѣдко, что въ полѣ зрѣнія трубы находятся сразу три двойныхъ звѣзды, какъ напримѣръ, около η Лиры, около точки $AR=324^0\ 38'$, $D=-0^0\ 13'$ въ Водолеѣ, около точки $AR=293^0\ 10'$, $D=-10^0\ 33'$ въ Антиноѣ, около точки $AR=16^0\ 9'$, $D=+50^0\ 32'$ въ Кассіопеѣ.

§ 187. **Тройныя и вообще кратныя звѣзды.** Иногда можно видѣть три звѣзды необыкновенно близко другъ отъ друга. Таковы, напримѣръ, ζ Рака (рис. 233), δ Персея,

λ Лебедя, 7 Тельца ($AR=52^{0}\ 8'$; $D=+24^{0}\ 8'$), 12 Рыси ($AR=99^{0}\ 21'$ $D=+59^{0}\ 33'$). Нерѣдко случается, что главная звѣзда простая, а спутникъ ея представляетъ, въ свою очередь, очень тѣсную пару. Таковы, между прочимъ, γ Андромеды (рис. 233), ψ Кассіопеи, μ Геркулеса, 0^{2} Эридана ($AR=62^{0}\ 40'$; $D=-7^{0}\ 46'$).

Встрѣчаются на небѣ и четверныя звѣзды; очень красивой, хотя и трудной для наблюденія, представительницей такихъ звѣздъ является β Дельфина. При этомъ часто случается, что звѣздная система состоитъ собственно изъ трехъ звѣздъ, но она обращается въ четверную звѣзду, потому что въ однихъ случаяхъ ближайшій, напримѣръ, у ξ Оріона или у звѣзды $AR=306^{0}\ 36'$, $D=+10^{0}\ 55'$ въ созвѣздіи Дельфина, въ другихъ — болѣе далекій спутникъ, наприм., у звѣзды $AR=21^{0}\ 46'$, $D=+35^{0}\ 20'$ въ созвѣздіи Андромеды, сами представляютъ весьма тѣсную двойную звѣзду.

Долгое время четверной звѣздой считалась ϑ Оріона, которая находится въ самой темной части извѣстной туманности Оріона, и которая, вслѣдствіе особеннаго расположенія звѣздъ была названа «трапеціей въ Оріонѣ» (рис. 233). Въ 1825 году В. Струве открылъ въ этой трапеціи пятую звѣзду, а нѣсколько позже (1832 г.) Дж. Гершель еще и шестую; видѣть эти звѣздочки весьма трудно, и возможно, что обѣ онѣ перемѣнныя (глава XVII). Въ новѣйшее время внутри трапеціи неоднократно видѣли еще одну слабую звѣздочку, такъ что ϑ Оріона, можетъ-быть, представляетъ семикратную звѣзду. Впрочемъ, вообще нерѣдко случалось, что какую-нибудь звѣзду сначала считали двойной или тройной, а нѣсколько времени спустя открывали еще одного или нѣсколькихъ спутниковъ. Такъ, вышеупомянутая звѣзда υ Скорпіона была признана Х. Мейеромъ въ 1776 году за двойную; въ 1846 году Митчель открылъ, что спутникъ ея, въ свою очередь, представляетъ весьма тѣсную двойную звѣзду; наконецъ, въ 1874 г. Бёрнхемъ раздвоилъ также и главную звѣзду. То же самое было и съ β Дельфина. В. Гершель открылъ у нея лишь дальняго спутника и описалъ ее какъ двойную. Съ 1830 г., когда Дж. Гершель открылъ средняго спутника, она стала тройной, а въ 1873 г. Бёрнхемъ открылъ у главной звѣзды очень близкаго къ ней спутника, такъ что теперь мы считаемъ β Дельфина четверной звѣздой.

Не вдаваясь въ дальнѣйшія подробности относительно кратныхъ звѣздъ, замѣтимъ только, что вблизи α Зайца ($AR=83^{0}\ 43'$, $D=-17^{0}\ 53'$) находится шестикратная или, вѣрнѣе, восьмикратная звѣзда, такъ какъ, согласно съ наблюденіями Бёрнхема, двѣ изъ ея составляющихъ, въ свою очередь, являются очень тѣсными двойными звѣздами; далѣе, В. Струве призналъ σ Оріона, которая находится непосредственно подъ болѣе южной изъ трехъ звѣздъ, извѣстныхъ подъ именемъ «посоха Іакова», даже за шестнадцатикратную звѣзду.

§ 188. **Цвѣта двойныхъ звѣздъ.** Мы остановимся еще на одной особенности двойныхъ звѣздъ, которая слишкомъ бросается въ глаза, чтобы можно было о ней умолчать.

Простыя звѣзды сіяютъ на небѣ обыкновенно бѣлымъ свѣтомъ, который иногда болѣе или менѣе приближается къ желтому, и лишь въ очень рѣдкихъ случаяхъ переходитъ въ красный. Голубыхъ же или зеленыхъ звѣздъ среди нихъ мы почти совсѣмъ не встрѣчаемъ. Иначе обстоитъ дѣло съ двойными звѣздами. Въ двойныхъ звѣздахъ болѣе яркая или главная составляющая обыкновенно бываетъ бѣлаго цвѣта, который, какъ и у простыхъ звѣздъ, переходитъ часто въ желтый, и лишь изрѣдка въ красный, тогда какъ звѣзда-спутница иногда бываетъ голубого или зеленаго цвѣта. Иногда же, хотя и болѣе рѣдко, случается, что главная звѣзда окрашена въ бѣлый или желтый цвѣтъ, а другая въ красный; или же яркая звѣзда бываетъ оранжеваго цвѣта, а болѣе слабая зеленаго цвѣта. Вообще, часто краски составляющихъ звѣздъ представляютъ столь красивое сочетаніе, что останавливаютъ на себѣ вниманіе даже поверхностнаго наблюдателя.

Доберкъ изслѣдовалъ цвѣта 270 двойныхъ звѣздъ, заключающихся въ Mens. micr., и при этомъ оказалось, что въ 192 случаяхъ цвѣта главной звѣзды и ея спутника были одинаковы или, по крайней мѣрѣ, весьма сходны. Эти пары относятся, главнымъ образомъ, къ болѣе тѣснымъ двойнымъ звѣздамъ, и, такъ какъ у нихъ, кромѣ того, обѣ составляющія по большей части обладаютъ одной и той же яркостью, то одинаковая ихъ окраска подтверждаетъ замѣчаніе Струве, что цвѣта составляющихъ, вообще, тѣмъ болѣе отличаются другъ отъ друга, чѣмъ значительнѣе разница ихъ звѣздныхъ величинъ. Въ остальныхъ 78 парахъ мы ни разу не встрѣчаемъ главной звѣзды, окрашенной въ зеленый и голубой цвѣта, но цвѣтъ ея всегда обусловливается менѣе преломляемыми лучами спектра, тогда какъ, наоборотъ, весьма часто встрѣчаются спутники голубоватаго цвѣта, и притомъ тѣмъ чаще, чѣмъ больше взаимное разстояніе между составляющими. Пирсъ объясняетъ это субъективнымъ впечатлѣніемъ: именно, по его изслѣдованіямъ, изъ двухъ находящихся очень близко другъ отъ друга свѣтовыхъ источниковъ одинаковаго цвѣта, но различной интенсивности, болѣе слабый, вслѣдствіе физіологическихъ причинъ, представляется окрашеннымъ въ цвѣтъ, обусловливаемый болѣе преломляемыми лучами спектра, такъ что, напримѣръ, если оба источника желтаго цвѣта, то болѣе слабый изъ нихъ принимаетъ голубой оттѣнокъ. Примѣромъ такихъ звѣздъ служатъ λ Овна, ε Персея, β Цефея, ι Кассіопеи и т. д., у которыхъ главная звѣзда бѣлаго цвѣта, а спутникъ голубого; точно также у α Кита, β Лебедя, o Цефея и др. главная звѣзда желтаго цвѣта, а спутникъ опять голубого.

На подобномъ же принципѣ основаны попытки объяснить цвѣта двойныхъ звѣздъ дѣйствіемъ контраста. Дѣйствительно, если къ слабо освѣщенной бѣлой пластинкѣ поднести сильный окрашенный источникъ свѣта, то она покажется намъ окрашенною въ цвѣтъ, дополнительный (§ 7) къ цвѣту поднесеннаго источника свѣта. Напримѣръ, если къ слабо освѣщенному кусочку бѣлой бумаги мы приблизимъ красный источникъ свѣта, то бумага покажется намъ зеленой; точно также, въ присутствіи желтаго или голубого свѣта, она приметъ соотвѣтственно фіолетовый или оранжевый оттѣнокъ. Дѣйствіемъ контраста объясняется также и появленіе на бѣлой стѣнѣ фіолетовыхъ пятенъ, если мы быстро переведемъ нашъ глазъ отъ солнца на стѣну.

Цельнеръ дѣйствительно показалъ, что цвѣтъ одной звѣзды сильно зависитъ отъ окраски близко отъ нея находящейся другой звѣзды. Для этого въ полѣ зрѣнія изобрѣтеннаго имъ фотометра помѣщалась близь бѣлой естественной звѣзды другая искусственная, такъ что получалось впечатлѣніе двойной звѣзды; затѣмъ искусственной звѣздѣ придавались различныя окраски, и въ такомъ случаѣ естественная замѣчательно рѣзко принимала дополнительные цвѣта. Примѣровъ такого сочетанія красокъ довольно много. Такъ, напр., у γ Андромеды главная звѣзда красная, а спутникъ зеленый; у 57 Большой Медвѣдицы ($AR = 11^h\ 23{,}7^m$, $D = +49^0\ 53'$) главная—свѣтло-желтая, а другая—фіолетовая; у σ Короны и у ι Рака одна звѣзда оранжевая, другая свѣтло-голубая и т. д. По Пикерингу, въ такихъ звѣздныхъ парахъ, гдѣ главная звѣзда красная или желтая, а ея спутникъ зеленый или голубой, происходитъ оптическій обманъ, потому что въ этихъ случаяхъ главная звѣзда обладаетъ спектромъ II класса, а спутникъ—спектромъ V класса.

Однако, нѣтъ недостатка и въ такихъ парахъ, гдѣ сочетаніе красокъ нельзя объяснить дѣйствіемъ контраста. Такъ, напр., у γ Короны главная звѣзда желтая, а болѣе слабая—красная; то же самое наблюдаемъ мы и у ξ Волопаса; напротивъ того, у ε Волопаса, ζ Короны и ρ Геркулеса болѣе яркая звѣзда свѣтло-желтая, а болѣе слабая зеленая; у γ Дельфина болѣе яркая оранжевая, менѣе яркая зеленоватая; у $\varkappa$ Арго главная звѣзда даже голубая, а спутникъ темно-красный и т. д. Во многихъ случаяхъ можно убѣдиться, какой характеръ имѣютъ цвѣтовые оттѣнки, субъективный или объективный; для этого нужно главную звѣзду покрыть толстою нитью, натянутой въ фокусѣ зрительной трубы,

и посмотрѣть, сохраняетъ ли при этомъ свой первоначальный цвѣтъ другая звѣзда, которая, такимъ образомъ, одна только и видна въ трубу. Въ дѣйствительности цвѣтъ спутника часто при этомъ сохраняется, чѣмъ и доказывается, что онъ присущъ этому спутнику. Впрочемъ, здѣсь надо замѣтить, что цвѣтовые оттѣнки, вообще, до такой степени нѣжны и слабы, что ихъ можетъ замѣтить только очень чувствительный глазъ; поэтому понятно, что различные наблюдатели очень неодинаково опредѣляютъ цвѣта двойныхъ звѣздъ. Такъ, оба Гершеля, оцѣнивая цвѣта звѣздъ, всегда считали ихъ, въ противоположность астрономамъ, наблюдавшимъ рефракторами, болѣе приближающимися къ желтому и красному оттѣнкамъ. Это объясняется, съ одной стороны, тѣмъ, что политура металлическаго зеркала Гершелева телескопа содержала, какъ извѣстно, очень много мѣди, которая обладаетъ свойствомъ отражать красные и желтые лучи гораздо лучше, чѣмъ голубые или зеленые, съ другой стороны, тѣмъ, что въ старинныхъ ахроматическихъ трубахъ часто употреблялся кронгласъ зеленоватаго цвѣта, при прохожденіи черезъ который желтые и красные лучи, наоборотъ, ослабляются.

§ 189. **Движеніе двойныхъ звѣздъ**. Выше (§ 183) уже было упомянуто, что каждая неподвижная звѣзда, кромѣ общихъ всѣмъ звѣздамъ движеній, зависящихъ отъ прецессіи, нутаціи и аберраціи, обладаетъ еще собственнымъ движеніемъ, причинами котораго служатъ отчасти движеніе нашей солнечной системы, отчасти то обстоятельство, что сами звѣзды мѣняютъ свое положеніе въ пространствѣ.

Такія собственныя движенія наблюдаются, конечно, и у двойныхъ звѣздъ. Если обѣ составляющія обладаютъ однимъ и тѣмъ же собственнымъ движеніемъ, то болѣе нельзя сомнѣваться, что эти двѣ звѣзды составляютъ особую физическую систему, а не кажутся намъ близкими, лишь вслѣдствіе вліянія перспективы. Однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ примѣровъ такихъ паръ является уже нѣсколько разъ упоминавшаяся двойная звѣзда 61 Лебедя. Эта пара находится на небѣ между двумя болѣе яркими звѣздами σ и τ того же созвѣздія, почти посрединѣ между ними, и опредѣляется слѣдующими координатами: $AR = 315^{0}37'$, $D = +\ 38^{0}15'$.

Если же, напротивъ, составляющія двойной звѣзды не обладаютъ одинаковымъ собственнымъ движеніемъ, и если, напримѣръ, у болѣе яркой звѣзды наблюдается значительное собственное движеніе, въ которомъ болѣе слабая не принимаетъ участія, то это служитъ также вѣрнымъ признакомъ того, что эти двѣ звѣзды лишь случайно находятся для насъ приблизительно на одномъ и томъ же лучѣ зрѣнія, и, что онѣ, слѣдовательно, составляютъ оптическую пару. Въ этомъ случаѣ примѣромъ можетъ служить α Андромеды. Въ 1781 году В. Гершель открылъ у нея слабаго спутника 11-ой величины, находившагося тогда на разстояніи 59″ отъ нея; позднѣйшія наблюденія показали, что α Андромеды ежегодно удаляется отъ этого спутника на величину своего годичнаго собственнаго движенія (0,13″), такъ что теперь разстояніе между ними равно 72″. То же самое имѣетъ мѣсто и относительно двойной звѣздой въ созвѣздіи Рыси ($AR = 129^{0}39'$, $D = +\ 42^{0}3'$), у которой одна составляющая 8-ой, а другая 9-ой величины. Согласно съ наблюденіями В. Струве, разстояніе между ними въ 1828 году было 4,9″, а въ 1884 году оно составляло уже 44″, такъ какъ болѣе яркая составляющая, обладающая годичнымъ собственнымъ движеніемъ равнымъ 0,67″, прошла мимо менѣе яркой и теперь постоянно удаляется отъ нея. Наименьшее разстояніе между ними должно было быть въ 1822 г., и тогда оно равнялось приблизительно 1,9″. Съ этого времени эти двѣ звѣзды стали расходиться, и впредь разстояніе между ними будетъ все болѣе и болѣе возрастать, такъ что эта пара, мало-по-малу, потеряетъ особенность, характеризующую двойныя звѣзды. Очень интересна въ этомъ отношеніи звѣзда третьей величины 41 Овна ($AR = 41^{0}\ 1'$, $D = +\ 26^{0}\ 51'$), которая вмѣстѣ съ тремя другими звѣздами 11-ой, 10-ой и 9-ой величинъ, находящимися отъ нея на разстояніяхъ 19″, 36″ и 127″, составляетъ оптическую

систему четверной звѣзды. Но иногда въ дѣйствительности двойная звѣзда вмѣстѣ съ одной или нѣсколькими находящимися по близости звѣздочками составляетъ оптическую систему тройной или, вообще, кратной звѣзды. Какъ примѣръ этого можно привести красивую двойную звѣзду въ созвѣздіи Дѣвы ($AR = 181^{0}5'$, $D = -11^{0}19'$); въ этой парѣ главная желтая звѣзда сопровождается спутникомъ пурпуроваго цвѣта, находящимся отъ нея на разстояніи $12''$, между тѣмъ какъ еще одна маленькая звѣздочка желтаго цвѣта, которую открылъ В. Струве, со времени ея открытія приблизилась къ этой парѣ на $19''$, такъ что ея разстояніе уменьшилось съ $58''$ до $39''$. Точно также очень тѣсная двойная звѣзда δ Малаго Коня имѣетъ, на разстояніи $38''$ отъ нея, оптическаго спутника 10-ой величины; далѣе, красивая двойная звѣзда σ Сѣверной Короны съ двумя звѣздочками, которыя отстоятъ отъ нея на разстояніяхъ $16''$ и $54''$, и отъ которыхъ она быстро удаляется, составляетъ четверную звѣзду и т. д. Особенный интересъ въ этомъ отношеніи представляетъ $\varkappa$ Пегаса, такъ какъ она составляетъ физическую систему со звѣздочкой, находящейся къ юго-востоку отъ нея на разстояніи $3'45''$, а съ другой звѣздочкой отъ 11-ой до 12-ой величины, несмотря на близкое разстояніе, равное всего $11''$, связана лишь оптически.

Если тождественность собственныхъ движеній составляющихъ двойной звѣзды уже ясно говоритъ въ пользу того, что между ними существуетъ физическая связь, то другое движеніе, которое замѣчено уже у бо́льшаго числа двойныхъ звѣздъ, обращаетъ это предположеніе въ достовѣрность: именно во многихъ звѣздныхъ парахъ наблюдается движеніе одной звѣзды вокругъ другой. Спутникъ описываетъ вокругъ центральной звѣзды эллиптическую орбиту, совершенно такъ же, какъ планеты около солнца или спутники около своихъ планетъ.

Именно, если мы въ системѣ двойной звѣзды въ различныя эпохи произведемъ нѣсколько наблюденій разстоянія Δ и угла положенія Π, то мы замѣтимъ, что эти величины правильнымъ образомъ мѣняются, и что при этомъ особенно быстро мѣняется уголъ положенія: извѣстно болѣе десяти случаевъ, гдѣ со времени открытія двойной звѣзды спутникъ совершилъ уже болѣе одного оборота вокругъ главной звѣзды. Если при этомъ плоскость орбиты составляетъ такой незначительный уголъ съ лучемъ нашего зрѣнія, что эти орбиты представляются намъ въ видѣ прямой линіи, то намъ кажется, что спутникъ движется по прямой, проходящей черезъ главную звѣзду, и что по временамъ или спутникъ покрываетъ центральную звѣзду, или самъ покрывается ею, смотря потому, проходитъ ли онъ, по отношенію къ намъ передъ главной звѣздой или сзади нея. Таковы двойныя звѣзды: ι Волопаса, γ Сѣверной Короны, ζ Геркулеса, ξ Скорпіона, γ Дѣвы и др. Вслѣдствіе такого положенія орбиты часто случается, что звѣзда, которая первоначально была двойной или тройной, черезъ нѣкоторое время кажется намъ соотвѣтственно простой или двойной; точно также и наоборотъ, звѣзда, которая первоначально была простой, съ теченіемъ времени можетъ обратиться въ двойную. Напримѣръ, Гершель въ 1782 году наблюдалъ ζ Геркулеса какъ очень тѣсную двойную звѣзду; но въ 1795 году, несмотря на всѣ свои усилія, онъ не могъ отыскать спутника, и такимъ образомъ онъ въ этомъ случаѣ, кстати сказать, впервые наблюдалъ покрытіе одной звѣзды другою. Только въ 1826 году, когда спутникъ вышелъ изъ сіянія главной звѣзды, Струве снова могъ его замѣтить. Точно также звѣзду ξ Скорпіона Гершель наблюдалъ въ 1782 году какъ тройную; съ 1858 до 1863 г. ближайшій спутникъ оставался невидимымъ, между тѣмъ какъ теперь раздѣленіе этой звѣзды снова не представляетъ особеннаго затрудненія. Точно также въ системѣ двойной звѣзды 25 Гончихъ Псовъ ($AR = 203^{0}15'$, $D = +36^{0}48'$) разстояніе спутника отъ главной звѣзды, начиная съ 1827 года, когда оно было равно $1''$, все уменьшалось, и съ 1856 до 1876 г., въ продолженіе двадцати лѣтъ, эта звѣзда имѣла видъ простой. Теперь опять обѣ звѣзды расходятся, хотя и очень медленно. То же самое произошло и съ красивой двойной звѣздой γ Дѣвы; въ этой парѣ разстояніе между со-

ставляющими въ 1836 году сдѣлалось такъ мало, что можно было ожидать покрытія; однако, съ тѣхъ поръ разстояніе стало увеличиваться, и теперь оно такъ значительно, что обѣ звѣзды можно различить даже въ слабую зрительную трубу.

Въ нѣкоторыхъ звѣздныхъ парахъ уже нѣсколько разъ наблюдалось покрытіе. Такъ, γ Сѣверной Короны съ 1833 г. до 1838 г. имѣла видъ простой звѣзды, и то же самое явленіе наблюдалось опять въ 1875 г. Въ системѣ звѣзды 42 α Волосъ Вероники подобное покрытіе происходитъ каждыя одиннадцать лѣтъ. Точно также звѣзду δ Малаго Коня, которая и вообще представляетъ очень трудный объектъ для наблюденій, нельзя было раздѣлить на двѣ составляющія въ 1854, 1865, 1874 и т. д. годахъ.

§ 190. **Опредѣленіе орбитъ двойныхъ звѣздъ.** Какъ только у нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ было открыто орбитальное движеніе, сейчасъ же явилось желаніе узнать природу и свойства этого движенія. Если исходить изъ предположенія, что законъ Ньютонова притяженія имѣетъ силу и въ этихъ отдаленныхъ мірахъ, въ чемъ едва ли можно сомнѣваться, то необходимо допустить, что спутникъ описываетъ эллипсъ вокругъ главной звѣзды, какъ планета вокругъ солнца, или, точнѣе, что обѣ звѣзды движутся по эллиптическимъ орбитамъ около общаго центра тяжести системы. Поэтому для полнаго опредѣленія орбиты двойной звѣзды нужно знать, вообще, тѣ же самые элементы, какъ и для орбитъ планетъ нашей солнечной системы (часть I, § 82). Разница заключается только въ томъ, что въ данномъ случаѣ время обращенія и большую полуось нужно считать за величины, независимыя другъ отъ друга, такъ какъ намъ неизвѣстны массы составляющихъ системы (часть I, § 78). Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ является однимъ неизвѣстнымъ больше, но за то есть и преимущество, заключающееся въ томъ, что вслѣдствіе бо́льшаго разстоянія, отдѣляющаго звѣзды отъ земли, измѣненіе положенія этой послѣдней не вліяетъ на видимое движеніе двойной звѣзды. Съ другой стороны, въ случаѣ двойной звѣзды дѣло усложняется оттого, что мы видимъ не истинную орбиту, описываемую спутникомъ, а лишь ея проекцію на небесную сферу, и, зная эту проекцію, мы должны найти истинную орбиту. Вслѣдствіе этого задача становится настолько трудной, что, безъ употребленія математическихъ формулъ, рѣшительно нельзя дать понятія о способахъ ея рѣшенія. Поэтому мы ограничимся перечисленіемъ тѣхъ элементовъ, которые въ данномъ случаѣ должны быть опредѣлены изъ наблюденій. Эти элементы суть: 1) большая ось эллипса, т.-е. число секундъ, заключающихся въ углѣ между направленіями на оба конца оси, если бы она была перпендикулярна къ лучу зрѣнія; 2) эксцентриситетъ этого эллипса; 3) наклонность, т.-е. уголъ между плоскостью орбиты спутника и плоскостью, касающеюся небесной сферы въ той точкѣ, гдѣ находится двойная звѣзда; 4) долгота узла, или уголъ между кругомъ склоненія главной звѣзды и пересѣченіемъ плоскости орбиты съ упомянутой касательной плоскостью; 5) долгота періастрона, или уголъ между большой осью орбиты и линіей узловъ; 6) время прохожденія звѣзднаго спутника черезъ періастронъ. Если возможно, то слѣдуетъ еще опредѣлить разстояніе отъ звѣзды до земли, а также массы составляющихъ.

Впервые опредѣлилъ орбиту двойной звѣзды Савари, который опубликовалъ свой способъ въ 1830 году и тотчасъ же съ полнымъ успѣхомъ примѣнилъ его къ опредѣленію орбиты замѣчательной двойной звѣзды ξ Большой Медвѣдицы. Послѣ Савари Энке въ 1832 г. предложилъ другое рѣшеніе того же вопроса и примѣнилъ свои весьма элегантныя формулы къ звѣздѣ 70 p Офіуха. И въ томъ, и другомъ способѣ въ основу вычисленій кладется лишь необходимое для данной цѣли число разстояній Δ и угловъ положенія П, выведенныхъ изъ наблюденій. Дж. Гершель предложилъ другой, весьма остроумный пріемъ для опредѣленія орбитъ двойныхъ звѣздъ; въ основу своихъ вычисленій или, лучше сказать, въ основу своего графическаго способа, онъ положилъ всѣ наблюденные углы положенія П, а разстоянія Δ, какъ не заслуживающія довѣрія, совершенно от-

бросилъ. Впослѣдствіи были даны прекрасныя рѣшенія этой задачи Клинкерфюсомъ, Тиле, Зеелигеромъ, Глазенапомъ, М. Ковальскимъ., Си и др.

Орбиты тѣхъ двойныхъ звѣздъ, время обращенія которыхъ не превосходитъ одного или нѣсколькихъ столѣтій, обладаютъ, если оставить въ сторонѣ совершенно исключительные случаи, очень незначительными размѣрами. Поэтому достаточно уже весьма незначительныхъ ошибокъ наблюденій, чтобы сильно исказить орбиту; а такъ какъ, кромѣ того, бо́льшая часть такихъ орбитъ обладаетъ значительнымъ эксцентриситетомъ, то въ виду всего этого опредѣленіе элементовъ этихъ звѣздъ оказывается мало удовлетворительнымъ, и это относится особенно ко времени обращенія, которое можно опредѣлить съ сколько-нибудь достаточною точностью только въ томъ случаѣ, если спутникъ совершилъ бо́льшую часть своего оборота. Поэтому, въ нижеслѣдующей таблицѣ, помѣщенный на стр. 620, мы приводимъ приблизительно только третью часть всѣхъ опредѣленныхъ до сихъ поръ орбитъ двойныхъ звѣздъ, причемъ мы выбрали лишь такія звѣзды, элементы которыхъ настолько точно извѣстны, что болѣе не могутъ подвергнуться значительнымъ измѣненіямъ. Въ этой таблицѣ во второмъ столбцѣ даны названія звѣздъ, а для нѣкоторыхъ болѣе слабыхъ звѣздъ указаны: 1) каталогъ, въ которомъ впервые были опубликованы измѣренія звѣзды, и 2) порядковый нумеръ звѣзды въ этомъ каталогѣ; при этомъ Σ означаетъ каталогъ В. Струве, OΣ — каталогъ О. Струве и β — каталогъ Бёрнхема. Въ 5-омъ столбцѣ приведены величины составляющихъ; 12-ый содержитъ время оборота, выраженное въ годахъ; въ 3-мъ и 4-мъ дано положеніе главной звѣзды на небѣ для 1900 г. Наконецъ 13-ый показываетъ, уменьшается ли (—), или увеличивается (+) уголъ положенія при движеніи спутника. Остальные столбцы не требуютъ никакихъ дальнѣйшихъ объясненій.

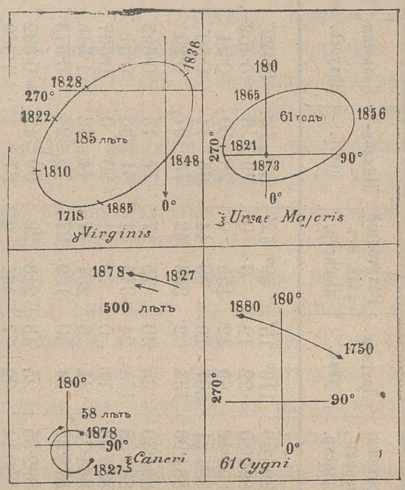


Рис. 234.

* На рис. 234 изображены видимыя орбиты нѣкоторыхъ интересныхъ двойныхъ звѣздъ. *

Въ теченіе послѣднихъ лѣтъ, число хорошо опредѣленныхъ орбитъ двойныхъ звѣздъ сильно увеличилось, потому что многія изъ открытыхъ въ большомъ числѣ Бёрнхемомъ весьма тѣсныхъ двойныхъ звѣздъ обладаютъ столь короткимъ періодомъ обращенія, что со времени ихъ открытія прошли уже значительную часть своего эллиптическаго пути. Къ такимъ звѣздамъ, между прочимъ, принадлежатъ: ζ Стрѣльца, β 612 ($AR=13^h\,35{,}0^m$ $D=+11°16'$), β 416 ($AR=17^h\,21{,}1^m$, $D=-34°53'$), τ Лебедя, для которыхъ предварительныя вычисленія дали времена обращенія соотвѣтственно въ 18, 30, 34,5 и 36,5 лѣтъ.

§ 191. **Подробности относительно нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ.** Въ нижеслѣдующихъ замѣчаніяхъ мы удержимъ нумерацію приведенной на стр. 620 таблицы.

1. ϰ Пегаса. Собственно тройная звѣзда. Болѣе отдаленный спутникъ, на разстояніи 12″, былъ открытъ еще В. Гершелемъ, а въ 1880 году Бёрнхемъ показалъ, что главная звѣзда сама двойная.

2. δ Малаго Коня. Время обращенія этой звѣзды долго считалось самымъ короткимъ, пока, наконецъ, первое мѣсто въ этомъ отношеніи не заняла ϰ Пегаса. Орбита этой звѣзды лежитъ въ плоскости, почти совпадающей съ лучемъ нашего зрѣнія, вслѣдствіе чего уголъ положенія мѣняется сразу на 180°. Кромѣ того, даже во время наибольшей элонгаціи спутникъ находится отъ главной звѣзды всего на разстояніи около 0,5″; по-

этому раздѣлить эту звѣзду, двойственность которой открылъ О. Струве 19-го августа 1852 года, можно лишь въ самые сильные инструменты.

3. β 883. Собственно тройная звѣзда. Очень слабый, болѣе отдаленный спутникъ

№	Названіе.	Пр. восх.	Склон.	Величина.	Прохожд. черезъ періастр.	Долгота узла.	Разстояніе узла отъ періастр.	Наклонность.	Большая полуось.	Эксцентрисит.	Время обращенія.	Движ.	Имя вычислителя.	№
1	ϰ Пегаса	21h 40·1m	+ 35° 11′	4·8, 5·3	1896·03	116° 15′	89° 12′	81° 12′	0·422″	0·49	11·4	—	Си	1
2	δ Малаго Коня.	21 9·6	+ 9 37	4·1, 5·0	1892·80	22 12	0 0	79 3	0·452	0·14	11·5	—	Си	2
3	β 883	4 45·6	+ 10 55	7·0, 7·0	1890·42	69 42	155 0	28 30	0·24	0·48	16·4	+	Глазенапъ	3
4	85 Пегаса . . .	23 56.9	+ 26 33	6·0, 11·0	1884·21	307 19	69 44	66 44	0·80	0·164	17·5	+	Глазенапъ	4
5	20 Персея . . .	2 47·4	+ 37 56	7·0, 7·0	1884·96	133 2	263 42	73 37	0·25	0·478	20·8	.	Глазенапъ	5
6	9 Аріо	7 47·1	— 13 38	5·6, 6·7	1892·30	95 30	75 17	77 43	0·655	0.70	22.0	+	Си	6
7	β Дельфина . . .	20 33.2	— 1 27	3·5, 11·0	1882·38	174 24	344 11	64 38	0·51	0·284	24.2	+	Глазенапъ	7
8	42α Волосъ . .	13 5·2	+ 18 4	6·0, 6·0	1885 63	11 0	99 11	90 0	0·657	0·480	25·7	.	Дубяго	8
9	ζ Геркулеса . .	16 37·5	+ 31 47	3·0, 6·5	1864·78	44 6	251 47	44 32	1·345	0·467	34·4	—	Доберкъ	9
10	Σ 3121	9 11·9	+ 29 2	7·5, 7.8	1878·52	24 50	129 27	75 23	0·673	0·309	34·6	+	Челорія	10
11	η Сѣв. Короны .	15 19·1	+ 30 39	5·2, 5·7	1892·35	25 43	218 22	59 41	0·892	0·267	41·6	+	Доберкъ	11
12	μ Геркулеса . .	17 42·6	+ 27 47	9·5, 10·5	1880·14	62 7	181 6	67 1	1·369	0.214	45·4	+	Лёшнеръ	12
13	221 Офіуха . .	17 25·3	— 0 59	5·8, 6·1	1869·50	153 42	322 12	80 45	1·143	0·20	46·0	—	Си	13
14	OΣ 269	13 28·3	+ 35 25	7·2, 7·7	1883·12	51 56	43 31	82 49	0·58	0·058	47·7	+	Горе	14
15	Сиріусъ	6 40·7	— 16 35	1·0, 10·0	1893·61	37 31	39 56	42 25	7·568	0·629	49·4	—	Ауверсъ	15
16	99b Геркулеса .	18 3·2	+ 30 33	6·0, 11·5	1885·58	50 5	110 44	38 37	1·12	0·793	53·6	+	Горе	16
17	OΣ 298	15 32.4	+ 40 9	7·0, 7·3	1882·86	2 8	21 54	65 51	0·884	0·584	56·6	+	Челорія	17
18	ζ Рака	8 6·5	+ 17 58	5·0, 5·7	1868·12	80 11	109 44	11 8	0·86	0 382	59·1	—	Зелигеръ	18
19	ξ Больш. Медв.	11 12·9	+ 32 7	4·0, 5·5	1875·22	100 48	126 20	55 55	2·508	0·397	60·0	—	Си	19
20	γ Центавра . . .	12 36·0	— 48 25	4·0, 4·0	1840·84	177 57	46 49	84 6	1·50	0·632	61·9	—	Горе	20
21	OΣ 285	14 41·7	+ 42 48	7·0, 7·2	1885·3	54 18	180 0	44 18	0·387	0·429	62·1	—	Бёрнхемъ	21
22	α Центавра . .	14 32·7	— 60 25	1·0, 3·5	1875·72	25 6	52 1	79 22	17·71	0·529	81·2	+	Робертсъ	22
23	70р Офіуха . .	18 0·4	+ 2 32	4·1, 6·1	1896·47	121 19	168 18	60 5	4·60	0·475	88·4	—	Шуръ	23
24	φ Больш. Медв.	9 45·3	+ 54 33	5·0, 5·6	1885·37	165 42	19 0	34 42	0·294	0·453	91·9	+	Глазенапъ	24
25	γ Сѣв. Короны .	15 38·5	+ 26 36	4·0, 7·0	1843.7	111 0	239 0	83 0	0·75	0·387	95·5	—	Доберкъ	25
26	Σ 3062	0 1·0	+ 57 53	6·9, 8·0	1836·26	47 9	90 54	43 51	1·371	0·450	104·6	+	Си	26
27	ξ Скорпіона . .	15 58·9	— 11 5	4·9, 5·2	1862·32	10 27	102 37	67 38	1·309	0·122	105·2	+	Шорръ	27
28	ω Льва	9 23·1	+ 9 30	6·2, 7·0	1842.10	146 42	124 13	63 28	0·882	0·537	116·2	+	Си	28
29	37 Пегаса . . .	22 24·9	+ 3 55	6·0, 7·5	1885·51	120 10	154 33	80 46	0·64	0.784	117·5	+	Горе	29
30	25 Гонч. Псовъ	13 33·0	+ 36 48	5·0, 7·6	1863·04	42 22	245 0	33 20	0·81	0·722	119·9	—	Доберкъ	30
31	Σ 2525	19 22·5	+ 27 7	7·2, 7·3	1887·12	78 19	4 19	54 0	0·75	0.802	138·5	—	Горе	31
32	γ Дѣвы	12 36·6	— 0 53	3·0, 3·0	1836·53	50 24	270 0	31 0	3·989	0·897	194·0	+	Си	32
33	η Кассіопеи . .	0 42 9	+ 57 17	4·0, 7·6	1908·9	47 6	214 10	47 36	8·45	0·50	208·1	+	Левисъ	33
34	τ Офіуха	17 57·6	— 8 11	5·0, 5·7	1821·91	65 26	41 24	58 42	1·193	0·606	217·9	+	Доберкъ	34
35	μ² Волопаса . .	15 20.7	+ 37 43	6·7, 7·3	1865·30	163 48	329 45	43 54	1.268	0·537	219·4	—	Си	35

находится на разстояніи 18″ отъ тѣсной пары; эта звѣзда была открыта Бёрнхемомъ въ 1879 г.; въ 1891 г. раздвоить ее было невозможно.

4. 85 Пегаса. Эта звѣзда обладаетъ значительнымъ годичнымъ собственнымъ движеніемъ, равнымъ 1,29″. Параллаксъ ея, по изслѣдованіямъ Брюннова, составляетъ 0,05″. Съ этимъ значеніемъ параллакса находимъ, что большая полуось орбиты равна 16 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца, а масса системы въ 13,4 разъ больше массы солнца.

5. 20 Персея. Болѣе отдаленный спутникъ, на разстояніи 14″, былъ открытъ еще В. Гершелемъ въ 1783 г., а Бёрнхему въ 1878 г. удалось еще раздвоить главную звѣзду.

6. 9 Арго. Эта звѣзда уже совершила полный оборотъ. Ея двойственность была открыта Бёрнхемомъ 11 марта 1873 года. Тѣ же самыя замѣчанія могутъ быть отнесены и къ слѣдующей звѣздѣ, именно къ β Дельфина.

8. 42α Волосъ Вероники. Эта звѣзда открыта В. Струве въ 1827 году и особенно замѣчательна тѣмъ, что въ среднемъ каждыя 12 лѣтъ составляющія взаимно покрываютъ другъ друга (1834, 1845, 1860, 1871 и т. д.); орбита спутника почти совпадаетъ съ лучемъ зрѣнія, такъ что уголъ положенія всегда приблизительно равенъ или 11°, или 191°.

9. ζ Геркулеса. При открытіи этой звѣзды въ 1772 г. В. Гершель нашелъ, что уголъ положенія былъ равенъ 69°, а разстояніе — приблизительно одной секундѣ; въ 1795 году она казалась ему лишь продолговатой, а въ 1802 она совершенно отчетливо представлялась въ видѣ простой звѣзды. Это наблюденіе важно съ исторической точки зрѣнія, такъ какъ въ этомъ случаѣ впервые наблюдалось покрытіе одной неподвижной звѣзды другою. Гершель по этому случаю замѣчаетъ: «мои измѣренія этой звѣзды обнаружили совершенно новое явленіе въ астрономіи, именно покрытіе одной неподвижной звѣзды другою. Это явленіе во всякомъ случаѣ весьма замѣчательно, обусловливается ли оно параллаксомъ, или собственнымъ движеніемъ, или, наконецъ, движеніемъ по орбитѣ, плоскость которой почти совпадаетъ съ лучемъ зрѣнія, идущимъ къ этой звѣздѣ». Въ высшей степени интересны также и дальнѣйшія наблюденія этой звѣзды. Дж. Гершель и Соутъ (South) съ 1821 до 1825 года не видѣли никакихъ слѣдовъ спутника; это тѣмъ болѣе удивительно, что вычисленія, основанныя на позднѣйшихъ наблюденіяхъ, показали, что разстояніе между составляющими въ то время должно было быть не меньше 1″. Въ 1826 году В. Струве въ Дерптѣ ясно видѣлъ спутника, но осенью 1828 года онъ снова исчезъ; исчезновеніе его наблюдалось также осенью 1829 г. и лѣтомъ 1831 г. Въ 1832 г. Струве снова наблюдалъ эту двойную звѣзду и опредѣлилъ разстояніе между составляющими въ 0,8″. Въ 1833 году нельзя было замѣтить никакихъ слѣдовъ двойственности, а въ маѣ 1834 г. опять можно было производить измѣренія. Можетъ-быть, спутникъ есть звѣзда перемѣнная.

11. η Сѣверной Короны. Дж. Гершель, сравнивая свои наблюденія (1823 г.) съ наблюденіями своего отца (1781 г.), замѣтилъ, что въ этой системѣ спутникъ уже совершилъ полный оборотъ. Такимъ образомъ, на этой звѣздѣ впервые удалось наглядно прослѣдить, что въ системахъ двойныхъ звѣздъ спутникъ описываетъ около центральной звѣзды замкнутую кривую. Взаимное разстояніе между составляющими въ этой парѣ настолько мало (оно оцѣнивается обыкновенно лишь долями секунды), что точное опредѣленіе элементовъ орбиты представляетъ значительныя затрудненія.

12. μ Геркулеса. Эта звѣзда собственно представляетъ очень интересную систему трехъ тѣлъ. Вокругъ главной бѣлой звѣзды отъ 3-й до 4-й величины, на разстояніи 31″, движется голубой спутникъ, который со времени Гершеля лишь незначительно измѣнилъ свое положеніе относительно главной звѣзды, какъ этого и можно было ожидать, въ виду довольно большого разстоянія между составляющими. Въ 1857 г. Довесъ открылъ, что спутникъ самъ представляетъ очень тѣсную двойную звѣзду, и въ этой парѣ одна звѣзда

такъ быстро движется вокругъ другой, что со времени открытія совершила уже болѣе двухъ третей полнаго оборота.

13. 221 Офіуха. Эта звѣзда, открытая В. Струве въ 1829 г., совершила приблизительно уже полтора оборота. Вслѣдствіе малой наклонности плоскости орбиты къ лучу нашего зрѣнія, составляющія иногда такъ близко подходятъ другъ къ другу, что звѣзда кажется простой, какъ это было, напримѣръ, въ 1836 и 1866 годахъ.

15. Сиріусъ. Къ этой звѣздѣ мы еще вернемся впослѣдствіи, въ § 194.

18. ζ Рака (рис. 234). Эта звѣзда опять относится къ числу тройныхъ. Болѣе отдаленную составляющую наблюдалъ еще Мейеръ въ 1756 г. Этотъ спутникъ представляетъ звѣзду 5,5 величины и находится на разстояніи 5″ отъ главной звѣзды. Его уголъ положенія со времени открытія звѣзды измѣнился всего лишь на 80°, между тѣмъ какъ болѣе близкая составляющая съ 1781 года, когда она была впервые замѣчена Гершелемъ, совершила почти два полныхъ оборота. Эта звѣзда особенно интересна тѣмъ, что Зелигеръ сдѣлалъ попытку опредѣлить массы составляющихъ по возмущеніямъ, которыя оказываютъ другъ на друга три тѣла, входящія въ составъ системы. При современномъ состояніи математическаго анализа эта задача представляетъ весьма значительныя трудности. Въ результатѣ своихъ изслѣдованій Зелигеръ нашелъ, что масса болѣе отдаленнаго спутника въ 2,37 разъ больше суммы массъ главной звѣзды и ближайшаго къ ней спутника. Кромѣ того, Зелигеръ пришелъ еще къ другому очень интересному заключенію. Уголъ положенія отдаленнаго спутника представляетъ при своемъ измѣненіи такія особенности, которыя могутъ быть объяснены лишь при допущеніи, что этотъ спутникъ вращается около нѣкотораго, еще не открытаго и, слѣдовательно, темнаго тѣла значительной массы, находящагося очень близко къ нему. Время обращенія только-что упомянутаго спутника около этого темнаго тѣла, по вычисленіямъ Зелигера, оказывается равнымъ 17,6 годамъ; большая полуось его орбиты равняется 0,22″, а эксцентриситетъ 0,11 (см. подобныя же изслѣдованія относительно Сиріуса и Проціона, § 194).

19. ξ Большой Медвѣдицы (рис. 234). Къ этой звѣздѣ былъ впервые примѣненъ, какъ мы выше видѣли, способъ опредѣленія орбитъ двойныхъ звѣздъ (§ 190); такъ какъ, съ одной стороны, со времени первыхъ измѣреній Гершеля въ 1781 г. спутникъ совершилъ уже болѣе двухъ полныхъ оборотовъ около главной звѣзды, а съ другой, измѣренія этой пары никогда не представляли значительныхъ затрудненій, то элементы орбиты этой звѣзды можно считать извѣстными съ бо́льшей точностью, чѣмъ для какой-нибудь другой двойной звѣзды.

20. γ Центавра. Элементы орбиты γ Центавра еще недостаточно точны, несмотря на то, что со времени ея открытія Д. Гершелемъ въ 1835 г. спутникъ совершилъ уже почти полный оборотъ.

21. OΣ 285. Хотя спутникъ, со времени его открытія Медлеромъ въ 1843 году, прошелъ уже три четверти своего пути, однако элементы его орбиты еще весьма неточны, такъ какъ Горе изъ того же наблюдательнаго матеріала, какъ и Бёрнхемъ, получилъ для времени обращенія число лѣтъ, почти вдвое бо́льшее, чѣмъ этотъ послѣдній, а именно 119 лѣтъ. Въ 1881 г. этой звѣзды нельзя было раздѣлить.

22. α Центавра. Эта звѣзда была признана Дж. Гершелемъ самой красивой изъ всѣхъ двойныхъ звѣздъ, и, кромѣ того, насколько намъ извѣстно, она является самой ближайшей къ намъ звѣздой. Ея двойственность открылъ еще въ 1709 г. Фейэ (Feuillée) въ Чили; однако, точныя наблюденія и измѣренія начались лишь съ 1822 г., и съ тѣхъ поръ спутникъ совершилъ уже одинъ полный оборотъ. Онъ тоже опредѣлилъ элементы спутника и получилъ для нихъ величины почти совершенно такія же, какъ и Робертсъ. Принимая тѣ или другіе элементы и считая параллаксъ равнымъ 0,75″ (§ 176), мы находимъ, что масса всей системы въ 2 раза больше массы солнца, а большая полуось орбиты

спутника равна 23,6 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца, т.-е. равна приблизительно полусуммѣ разстояній Урана и Нептуна отъ солнца.

23. 70 *p* Офіуха. Эта звѣзда, которую было бы правильнѣе называть просто 70 Офіуха, такъ какъ буква *p* здѣсь поставлена по ошибкѣ, доставила много хлопотъ вычислителямъ, потому что въ отдѣльные ряды наблюденій вкралась, повидимому, нѣкоторая постоянная ошибка, а также потому, что въ движеніи этой звѣзды существуютъ возмущенія, производимыя третьимъ невидимымъ тѣломъ. Открылъ эту двойную звѣзду еще Гершель въ 1779 г., но систематическія наблюденія начались только съ 1819 г. Параллаксъ ея по опредѣленію Крюгера равенъ 0,16″, а по опредѣленію Шора 0,29″. Принимая для параллакса въ среднемъ круглое число 0,2″, находимъ, что масса системы въ 1,6 разъ больше массы солнца, а большая полуось приблизительно такая же, какъ и у α Центавра, а именно она равна 23,0 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца.

25. γ Сѣверной Короны. Эта система, состоящая изъ двухъ звѣздъ 4-й и 7-й величины, представляетъ собою очень трудный для наблюденій предметъ. Главная звѣзда зеленоватая, спутникъ пурпуроваго цвѣта. Открылъ эту пару В. Струве въ 1826 году, когда разстояніе между составляющими равнялось 0,7″. Шесть лѣтъ спустя разстояніе уменьшилось до 0,4″, такъ что ни въ одинъ изъ тогдашнихъ инструментовъ, кромѣ дерптскаго рефрактора, нельзя было раздвоить эту звѣзду. Въ 1835 и 1836 годахъ и самъ Струве могъ обнаружить, да и то съ трудомъ, лишь продолговатую форму главной звѣзды; но въ 1843 году Довесъ могъ уже свободно различить обѣ звѣзды, причемъ спутникъ въ это время находился съ другой стороны отъ главной звѣзды, чѣмъ при первыхъ наблюденіяхъ Струве въ 1826 г. Послѣ этого въ 1873 году спутникъ опять исчезъ на нѣсколько лѣтъ. Положеніе орбиты относительно луча зрѣнія почти такое же, какъ у δ Малаго Коня и 42 α Волосъ Вероники.

26. Σ 3062. Цвѣта составляющихъ этой интересной, открытой В. Гершелемъ 25 августа 1782 г. пары, желтый и оливково-зеленый. Эта система замѣчательна также своимъ сравнительно значительнымъ собственнымъ движеніемъ, которое равно приблизительно 0,35″ въ годъ.

27. ξ Скорпіона. Эта звѣзда у Фламстида обозначена какъ 51 Вѣсовъ, а впослѣдствіи часто, но совершенно неправильно называлась ξ Вѣсовъ. Она представляетъ собственно тройную звѣзду. Третья составляющая 8-й величины находится на разстояніи 7″ отъ главной звѣзды, и замѣчательно, что для нея уголъ положенія уменьшается въ то время, какъ для болѣе близкаго спутника онъ увеличивается, такъ что этотъ спутникъ движется въ противоположную сторону относительно болѣе отдаленнаго спутника, и при этомъ онъ со времени первыхъ измѣреній, произведенныхъ Гершелемъ, совершилъ уже около одного полнаго оборота. На разстояніи 5′ къ юго-востоку отъ этой системы находится еще одна звѣздная пара, составляющія которой 7,4 и 8,1 величины находятся на разстояніи 10″ другъ отъ друга. Можетъ-быть, эта пара принадлежитъ также къ системѣ ξ Скорпіона.

28. ω Льва. Эта звѣзда со времени ея открытія В. Гершелемъ 8 февраля 1782 г., совершила почти полный оборотъ. Эта двойная звѣзда представляетъ прекрасный объектъ для испытанія телескопа небольшихъ размѣровъ (§ 192).

30. 25 Гончихъ Псовъ. Въ этой парѣ главная звѣзда бѣлая, спутникъ голубой. Разстояніе между составляющими настолько незначительно, что раздѣлить эту звѣзду можно лишь въ самые сильные инструменты.

32. γ Дѣвы (рис. 234). Эта прекрасная звѣзда привлекала къ себѣ вниманіе уже многихъ астрономовъ. Благодаря многочисленнымъ наблюденіямъ и опредѣленіямъ орбиты, основаннымъ на этихъ наблюденіяхъ, мы съ большой точностью знаемъ движеніе спутника. Его орбита отличается большимъ эксцентриситетомъ, а это обусловливаетъ столь

значительное приближеніе спутника къ главной звѣздѣ, во время его прохожденія черезъ періастронъ, что въ это время очень трудно бываетъ раздѣлить ихъ. Первая оцѣнка угла положенія была сдѣлана еще Поундомъ и Брадлеемъ въ 1718 г. Для 1756 г. уголъ положенія былъ вычисленъ изъ наблюденій Т. Майера, который измѣрилъ разности прямыхъ восхожденій и склоненій обѣихъ звѣздъ. Съ 1780 г. начались микрометрическія измѣренія В. Гершеля, къ которымъ съ теченіемъ времени прибавилось очень большое число наблюденій. Во время прохожденія спутника черезъ періастронъ только В. Струве при помощи дерптскаго рефрактора съ свободнымъ отверстіемъ въ 24 сант. могъ раздвоить эту звѣзду, что оказалось не подъ силу даже большому отражательному телескопу, которымъ наблюдалъ Дж. Гершель на мысѣ Доброй Надежды.

33. η Кассіопеи. Ни для одной другой звѣзды не было сдѣлано такъ много опредѣленій орбиты, какъ для η Кассіопеи; время ея оборота составляетъ по Доберку 222 года, по Груберу—195 лѣтъ, по Дюнеру—176, по Л. Струве—149, по Куа (Coit)—167 и, наконецъ, по новымъ вычисленіямъ Левиса 208 лѣтъ. Такимъ образомъ, ошибка въ опредѣленіи времени обращенія достигаетъ нѣсколькихъ десятковъ лѣтъ, что вовсе не должно удивлять насъ, такъ какъ спутникъ прошелъ по своей орбитѣ дугу всего лишь въ 140^0. Точно также параллаксъ этой звѣзды опредѣлялся неоднократно. О. Струве получилъ для него 0,15″, Соколовъ изъ наблюденій Швейцера 0,27″, Девисъ на основаніи измѣренія фотографическихъ пластинокъ Рутерфорда 0,44″. Если примемъ для параллакса круглое число 0,3″, то съ элементами Девиса найдемъ, что масса системы равна 0,52 массы солнца, а большая полуось въ 28,2 разъ больше средняго разстоянія отъ земли до солнца, т.-е. приблизительно равна среднему разстоянію отъ Нептуна до солнца. Кромѣ того, эта система интересна своимъ большимъ годичнымъ собственнымъ движеніемъ, равнымъ 1,19″, и особеннымъ сочетаніемъ цвѣтовъ составляющихъ ее звѣздъ: главная звѣзда—желтая, ея спутникъ—пурпуровый.

34. τ Офіуха. При открытіи этой звѣзды въ 1783 г. В. Гершель считалъ ее самой тѣсной парой изъ всѣхъ измѣренныхъ имъ. Въ 1825 г. В. Струве не могъ замѣтить никакихъ слѣдовъ двойственности звѣзды, и только въ 1827 г. можно было смѣло подозрѣвать, что она двойная. Однако, съ этого времени разстояніе между составляющими настолько увеличилось, что теперь звѣзда раздваивается сравнительно легко.

35. μ^2 Волопаса. Эта звѣзда связана физически съ звѣздой 4-й величины μ^1 Волопаса, находящейся отъ нея на разстояніи 2′ къ югу. Со времени открытія этой двойной звѣзды Гершелемъ 10 сентября 1781 года, спутникъ описалъ уже дугу, превосходящую 270^0.

Теперь перечислимъ нѣкоторыя двойныя звѣзды, для которыхъ элементы или совсѣмъ не опредѣлены, или извѣстны очень неточно, но которыя весьма интересны въ другихъ отношеніяхъ.

γ Андромеды открыта въ 1778 г. Хр. Майеромъ. Болѣе яркая звѣзда красная, другая—зеленая. Поэтому, при наблюденіи въ сильные телескопы, вслѣдствіе исключительнаго контраста красокъ, она представляетъ очень красивое зрѣлище. В. Струве въ 1842 году, въ Пулковѣ, замѣтилъ, что болѣе слабая звѣзда сама двойная, причемъ въ этой парѣ болѣе яркая составляющая зеленаго цвѣта, а другая звѣздочка голубая. Но послѣднюю пару надо причислить къ наиболѣе труднымъ для наблюденія небеснымъ объектамъ, такъ какъ раздвоить ее очень трудно вслѣдствіе незначительнаго разстоянія между составляющими (около 0,5″). Эта тѣсная двойная звѣзда отстоитъ отъ главной на разстояніи 10″. Ея раздвоеніе легче всего удается въ сумерки. Величины трехъ звѣздъ, входящихъ въ составъ системы γ Андромеды, соотвѣтственно равны 3,5, 5,5 и 8,0.

Весьма интересную тройную звѣзду представляетъ 40 O^2 Эридана. Къ востоку отъ оранжевой звѣзды 4-й величины, носящей это названіе, находится на разстояніи 1′20″

двойная звѣзда, составляющія которой, 9-й и 10-й величины, отстоятъ другъ отъ друга круглымъ числомъ на 4″. Эта двойная звѣзда имѣетъ общее съ вышеназванной звѣздой весьма значительное собственное движеніе, равное 4,09″, и потому, безъ сомнѣнія, между ними существуетъ физическая связь, хотя никакого орбитальнаго движенія этой двойной звѣзды вокругъ главной до сихъ поръ замѣчено не было, что, впрочемъ, легко объясняется ихъ значительнымъ взаимнымъ разстояніемъ. У двойной же звѣзды болѣе слабый спутникъ, со времени его открытія В. Гершелемъ въ 1783 г., прошелъ уже по своей орбитѣ дугу приблизительно въ 200°, откуда Бёрнхемъ заключилъ, что время оборота этого спутника составляетъ 180 лѣтъ, а большая полуось равна 6,25″. Однако, эти результаты еще очень ненадежны, такъ какъ со времени перваго наблюденія В. Гершеля до 1851 года, когда астрономы стали ревностно слѣдить за этой парой, существуетъ лишь одна грубая оцѣнка угла положенія въ 1825 г., произведенная В. Струве. Параллаксъ этой звѣздной системы по Гилю равенъ 0,17″, по Холю 0,22″; принимая для параллакса въ среднемъ 0,19″, находимъ, что большая полуось орбиты равна 32,9 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца, а масса системы равна 1,1 массы солнца. Продолжительность же обращенія около главной звѣзды измѣряется, во всякомъ случаѣ, тысячелѣтіями.

Для Кастора или α Близнецовъ, болѣе западной изъ двухъ самыхъ красивыхъ звѣздъ этого созвѣздія, уголъ положенія подобно тому, какъ и для γ Дѣвы, былъ скорѣе оцѣненъ, чѣмъ измѣренъ еще въ 1720 г. Поундомъ и Брадлеемъ, а для 1760 года онъ былъ выведенъ изъ наблюденій Брадлея. Далѣе слѣдуютъ измѣренія В. Гершеля съ 1779 до 1803 г., къ которымъ затѣмъ примыкаютъ наблюденія В. Струве въ 1814 г. и Дж. Гершеля въ 1816 г. Наконецъ, въ новѣйшія времена различные астрономы производили весьма тщательныя измѣренія этой звѣзды, такъ что для этого въ высшей степени замѣчательнаго небеснаго объекта мы имѣемъ въ своемъ распоряженіи прекрасный рядъ наблюденій, охватывающій почти полтора столѣтія. Однако, элементы орбиты этой звѣзды извѣстны намъ еще очень не точно, какъ это можно видѣть хотя бы изъ того, что для времени полнаго обращенія Медлеръ получилъ 519 лѣтъ, Хиндъ и Якобъ 640, Тиле, Вильсонъ и Доберкъ около 1000 лѣтъ, а по новѣйшимъ вычисленіямъ Манна оно равно 266 годамъ. Для болѣе надежнаго опредѣленія продолжительности полнаго оборота спутника вокругъ главной звѣзды рѣшающими являются наступающія теперь десятилѣтія, такъ что только въ настоящемъ XX столѣтіи можно надѣяться получить точную орбиту этой звѣзды. На основаніи сильныхъ измѣненій угла положенія въ системѣ Кастора В. Гершель заключилъ, что эта звѣзда представляетъ физическую систему, а потому къ Кастору, равно какъ и къ упомянутой выше звѣздѣ γ Дѣвы, Дж. Гершель прежде всего примѣнилъ свой способъ опредѣленія орбиты двойныхъ звѣздъ. На разстояніи 1′ 13″ отъ Кастора находится еще одна звѣздочка отъ 9-ой до 10-ой величины, имѣющая такое же собственное движеніе, какъ и Каструръ, а потому, по всей вѣроятности, составляющая съ нимъ физически-тройную систему.

По интенсивности красокъ очень интересна ξ Волопаса. Главная звѣзда 4,5 величины окрашена въ оранжевый цвѣтъ, спутникъ 5-ой величины—въ пурпуровый. Доберкъ, предпринявшій опредѣленіе орбиты спутника, который уже описалъ дугу въ 130°, получилъ для большой полуоси 4,86″, а для времени оборота 127 лѣтъ.

Красивая двойная звѣзда α Геркулеса была открыта въ 1777 году Хр. Майеромъ и Маскелиномъ, а два года спустя, независимо отъ нихъ, В. Гершелемъ. Центральная звѣзда 3-ей величины окрашена въ темно-желтый цвѣтъ, спутникъ 6-ой величины — въ голубой или голубовато-зеленый. α Геркулеса принадлежитъ къ числу перемѣнныхъ звѣздъ, и яркость ея мѣняется въ предѣлахъ отъ 4-ой до 3-ей величины. Періодъ, въ теченіе котораго яркость мѣняется отъ наибольшей величины до наименьшей, равенъ приблизи-

тельно тремъ мѣсяцамъ. В. Струве полагалъ, что яркость спутника также періодически мѣняется; по крайней мѣрѣ, онъ оцѣнивалъ его то какъ звѣзду 5-ой величины, то какъ звѣзду 7-ой величины.

Въ системѣ 19 *H.* Жираффа ($AR = 5^h\ 6{,}1^m$, $D = +\ 79^0\ 7'$), состоящей изъ двухъ звѣздъ 4,5 и 8-ой величины, взаимное разстояніе между составляющими въ 1825 г. по В. Струве было равно $37''$, послѣ чего оно стало постепенно уменьшаться и въ 1877 году сдѣлалось равнымъ только $20''$, тогда какъ уголъ положенія съ 1825 года, когда онъ былъ равенъ 346^0, постепенно увеличился приблизительно на 16^0. Но особенный интересъ пріобрѣтаетъ эта пара благодаря тому, что обѣ составляющія имѣютъ собственное движеніе, одинаковое по величинѣ ($0{,}17''$ въ годъ по большому кругу), но противоположное по направленію. И такъ какъ измѣненіе взаимнаго разстоянія могло произойти не только вслѣдствіе относительнаго движенія одной звѣзды вокругъ другой, но также и вслѣдствіе абсолютнаго движенія обѣихъ звѣздъ въ пространствѣ, то еще неизвѣстно, существуетъ ли между ними физическая связь, и это можетъ быть выяснено только дальнѣйшими измѣреніями. Если такой связи между звѣздами нѣтъ, то въ 1932 году взаимное разстояніе между составляющими должно достичь наименьшаго значенія, и тогда оно будетъ равно приблизительно $9''$ Въ случаѣ же существованія физической связи измѣренія, по всей вѣроятности, гораздо раньше обнаружатъ значительно меньшее разстояніе.

Двойная звѣзда 61 Лебедя (рис. 234), названная такъ еще Фламстидомъ, является во многихъ отношеніяхъ очень интересной и важной для науки. Положеніе ея опредѣляется координатами ($AR = 21^h\ 2{,}4^m$, $D = +\ 38^0\ 15'$). Обѣ ея составляющія принадлежатъ приблизительно къ звѣздамъ 6-ой величины. Значительное собственное движеніе этой звѣзды (§ 183), какъ извѣстно, подало поводъ къ опредѣленію ея параллакса, и это было вообще первое опредѣленіе звѣзднаго параллакса, а, слѣдовательно, и разстоянія до неподвижныхъ звѣздъ (§ 176). Разстояніе между составляющими равно теперь приблизительно $21''$, и хотя съ 1753 (Брадлей) до 1875 года уголъ положенія измѣнился на 92^0 (отъ 35^0 до 127^0), а разстояніе возросло на $5''$, однако, путь, описанный за этотъ промежутокъ времени спутникомъ, не отличается замѣтнымъ образомъ отъ прямой линіи. Только въ послѣднее время впервые обнаружилась нѣкоторая кривизна этого пути, и Петерсъ, предположивъ, что въ тотъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго астрономы слѣдили за этой звѣздой, спутникъ прошелъ черезъ апастронъ, пришелъ къ заключенію, что орбита спутника есть эллипсъ съ незначительнымъ эксцентриситетомъ: большая полуось его равна $29{,}5''$, а время обращенія охватываетъ 782,6 лѣтъ. Въ среднемъ изъ нѣсколькихъ опредѣленій параллаксъ этой звѣзды равенъ $0{,}50''$ (§ 176). Съ этимъ параллаксомъ и вышеприведенными элементами орбиты спутника мы находимъ, что большая полуось равняется 59,0 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца и, слѣдовательно, почти вдвое больше средняго разстоянія отъ Нептуна до солнца, а масса системы приблизительно въ три раза меньше массы нашего солнца. Сравнивая эти результаты съ приведенными выше (§ 177) звѣздными величинами, которыми выразилась бы яркость нашего солнца на различныхъ разстояніяхъ, мы видимъ, что 61 Лебедя значительно уступаетъ ему по силѣ свѣта. Въ 1893 году Вильзингъ, измѣряя фотографическіе снимки этой звѣздной пары, сдѣлалъ очень интересное открытіе: взаимное разстояніе составляющихъ подвергается періодическимъ колебаніямъ съ амплитудой въ $1{,}5''$, а періодъ этихъ колебаній равенъ 1,8 годамъ. Это явленіе можно объяснить только тѣмъ, что одна изъ составляющихъ имѣетъ спутникъ и образуетъ съ нимъ особую физическую систему, въ которой полный оборотъ около центра тяжести совершается въ теченіе вышеупомянутаго промежутка времени. Вскорѣ послѣ этого Гарольдъ Якоби, измѣряя фотографическія пластинки, снятыя Притчардомъ въ 1886 и 1887 годахъ съ цѣлью опредѣленія параллакса, подтвердилъ открытіе Вильзинга.

§ 192. Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ. Если наблюдать какой-нибудь земной предметъ при помощи нѣсколькихъ различныхъ зрительныхъ трубъ, то иногда бываетъ очень трудно сказать, въ какую изъ нихъ наблюдаемый предметъ виденъ лучше. Не останавливаясь на различныхъ способахъ, предложенныхъ для испытанія зрительныхъ трубъ при помощи земныхъ предметовъ, мы укажемъ лишь на одинъ болѣе или менѣе точный; онъ состоитъ въ томъ, что печатный листъ помѣщается послѣдовательно передъ различными трубами и отодвигается каждый разъ на такое отъ нихъ разстояніе, чтобы нельзя было уже разобрать въ трубу напечатаннаго. Что касается астрономовъ, привыкшихъ также и для этой цѣли пользоваться небесными предметами, то они характеризуютъ качество своихъ телескоповъ тѣмъ, что говорятъ: въ эту трубу можно видѣть болѣе или менѣе отчетливо фазы Венеры, полосы Юпитера, тѣнь колецъ Сатурна и т. д. Но очевидно, что въ этомъ способѣ заключается еще много неопредѣленнаго, и потому онъ не можетъ дать надежнаго основанія для настоящей классификаціи астрономическихъ трубъ.

Совсѣмъ иначе дѣло обстоитъ съ двойными звѣздами. Такъ какъ при изслѣдованіи качествъ телескопа прежде всего надо обращать вниманіе на то, чтобы полученное при помощи него изображеніе какого-нибудь предмета было вполнѣ отчетливо и совершенно ясно, или, другими словами, необходимо убѣдиться въ томъ, сходятся ли послѣ прохожденія черезъ объективъ телескопа въ одной точкѣ свѣтовые лучи, вышедшіе изъ какой-нибудь точки внѣ телескопа, то двойныя звѣзды представляютъ отличное средство для опредѣленія достоинства изслѣдуемаго телескопа. Въ самомъ дѣлѣ, если обѣ составляющія двойной звѣзды очень ярки, напримѣръ, относятся къ звѣздамъ отъ 1 до 5 величины, и, если онѣ находятся очень близко другъ отъ друга, каковы, напр., Касторъ, ξ Большой Медвѣдицы, γ Льва, λ Кассіопеи, δ Малаго Коня, то нужна большая отчетливость изображеній, чтобы эти двѣ яркія точки рѣзко выдѣлялись на темномъ фонѣ, чтобы очертанія обѣихъ звѣздочекъ не были размыты, и чтобы самыя звѣздочки не сливались другъ съ другомъ если же, наоборотъ, только одна звѣзда очень яркая, а другая слабая, какъ это мы наблюдаемъ у Ригеля, β Зайца, Сиріуса, то телескопъ долженъ обладать, по выраженію В. Гершеля, большой пронизывающей пространство силой, чтобы при помощи него можно было видѣть маленькую, слабо свѣтящуюся звѣздочку даже тогда, когда она одна находится на небѣ и тѣмъ болѣе въ томъ случаѣ, когда вблизи нея находится очень яркая звѣзда, вслѣдствіе чего она кажется еще слабѣе. Дѣйствительно, при прохожденіи черезъ роговую оболочку глаза съ лучами яркой звѣзды происходитъ то же самое, что и при прохожденіи черезъ тѣло, хотя и прозрачное, но лишь слегка и не особенно тщательно отшлифованное на поверхности. Именно часть этихъ лучей преломляется правильно и даетъ на сѣтчатой оболочкѣ изображеніе яркой звѣзды, другая же весьма значительная часть разсѣивается и освѣщаетъ всю сѣтчатую оболочку. Вотъ почему слабая звѣздочка на свѣтломъ фонѣ кажется еще слабѣе, и ея изображеніе какъ бы меркнетъ отъ сосѣдства съ яркой звѣздой.

Ясно, что двойныя звѣзды могутъ служить очень удобнымъ средствомъ для точнаго опредѣленія какъ силы телескопа, такъ и правильности его конструкціи, и что такимъ образомъ можно составить, такъ сказать, вполнѣ опредѣленную шкалу сравненія различныхъ инструментовъ между собой.

Съ этой цѣлью мы приводимъ ниже нѣсколько двойныхъ звѣздъ, которыя могутъ служить для испытанія какъ сильныхъ, такъ и слабыхъ телескоповъ.

I. Очень легко, даже въ обыкновенную трубу съ фокуснымъ разстояніемъ въ 80 см. и отверстіемъ объектива въ 5 см., различаются слѣдующія двойныя звѣзды:

ζ Большой Медвѣдицы (Мицаръ), разстояніе $\Delta = 14''$, величины составляющихъ 3 и 5 (§ 186).

γ Андромеды . . . . $\Delta = 11''$, величины 3 и 5.
ϑ Змѣи . . . . . $\Delta = 22''$, » 4 » 4.
κ Геркулеса . . . . . $\Delta = 30''$, » 5 » 6.
ζ Лиры . . . . . $\Delta = 44''$, » 4 » 5.

II. Для испытанія болѣе сильнаго телескопа, нѣсколько болѣе 1 метра фокуснаго разстоянія и съ отверстіемъ объектива въ 8—10 см. служатъ слѣдующія звѣзды:

Касторъ . . . . . $\Delta = 6''$, величины 3 и 3.
π Волопаса. . . . . $\Delta = 6''$, » 5 » 6.
ζ Короны . . . . . $\Delta = 6''$, » 4 » 6.
ζ Рака . . . . . $\Delta = 5''$, » 5 » 6 (здѣсь имѣется въ виду болѣе далекій спутникъ, § 191).
ι Рыбъ . . . . . $\Delta = 4''$, величины 7 и 7.

α Малой Медвѣдицы или Полярная $\Delta = 19''$, величины 2 и 9; эту звѣзду наблюдать довольно трудно вслѣдствіе слабости спутника.

III. Для изслѣдованія трубъ съ фокуснымъ разстояніемъ, по крайней мѣрѣ, въ два метра и отверстіемъ объектива въ 12—16 см. служатъ слѣдующія звѣзды:

φ Дѣвы . . . . . $\Delta = 4''$, величины 5 и 10.
ρ Геркулеса . . . . . $\Delta = 4''$, » 4 » 6.
ε Волопаса . . . . . $\Delta = 3''$, » 3 » 6.
β Оріона (Ригель) . . . $\Delta = 9''$, » 1 » 10.
ζ Волопаса . . . . . $\Delta = 1''$, » 4 » 5.
ε Овна. . . . . $\Delta = 1''$, » 5 » 6.

IV. Слѣдующія звѣзды считаются очень трудными для наблюденія и видны лишь въ отличные телескопы:

Обѣ маленькія звѣзды въ трапеціи ϑ Оріона (§ 187).
ζ Геркулеса.
φ Большой Медвѣдицы.
ω Льва.
γ Андромеды и ея спутникъ, который самъ представляетъ двойную звѣзду (§ 191).

V. Пока еще чувствуется недостатокъ въ средствахъ для испытанія очень большихъ телескоповъ новѣйшаго времени; для этой цѣли могутъ служить многія открытыя Бёрнхемомъ тѣсныя пары, въ которыхъ часто рядомъ съ яркой звѣздой находится очень слабый спутникъ. Таковы, напр., звѣзды: β Зайца (главная звѣзда 3-ей величины, спутникъ 11-ой, разстояніе между ними 3″); β Скорпіона (собственно тройная звѣзда, такъ какъ въ 1879 г. на разстояніи 0,7″ отъ главной звѣзды 2-ой величины былъ открытъ спутникъ 10-ой величины); η Рыбъ (главная звѣзда 4-ой величины, спутникъ 11-ой, разстояніе между ними 1″); 85 Пегаса ($AR = 23^h\ 57{,}0^m$, $D = +26^\circ\ 33'$, § 191) и т. д.

Прекраснымъ объектомъ для испытанія можетъ служить также Сиріусъ. Далѣе очень хорошимъ средствомъ для опредѣленія раздѣляющей силы телескопа служатъ такія двойныя звѣзды, орбиты которыхъ лежатъ въ плоскостяхъ, проходящихъ черезъ лучъ нашего зрѣнія, какъ это, напр., имѣетъ мѣсто у звѣздъ γ Сѣверной Короны, 42α Волосъ, δ Малаго Коня и др. (§ 190 и 191), потому что въ этихъ случаяхъ спутникъ можетъ подходить необыкновенно близко къ главной звѣздѣ. Въ менѣе совершенную и менѣе сильную астрономическую трубу такая звѣзда иногда кажется уже простой, тогда какъ въ лучшій и болѣе сильный телескопъ ее можно еще раздѣлить на двѣ. Впрочемъ, надо замѣтить, что при

наблюденія весьма трудныхъ объектовъ зоркость глаза, чувствительность его къ малѣйшимъ свѣтовымъ эффектамъ, навыкъ въ подобнаго рода наблюденіяхъ и т. д., словомъ — индивидуальность наблюдателя играетъ немаловажную роль, какъ это мы имѣли уже случай замѣтить въ другомъ мѣстѣ (§ 120).

§ 193. **Орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ; видъ неба съ этихъ планетъ.** Въ сущности мы до сихъ поръ не имѣемъ строгаго доказательства того, что движеніями въ системахъ двойныхъ звѣздъ управляетъ законъ тяготѣнія, открытый Ньютономъ. Но съ другой стороны, очевидно, нѣтъ достаточныхъ основаній утверждать противное, такъ какъ мы опредѣляемъ орбиты двойныхъ звѣздъ именно въ этомъ предположеніи и еще ни разу не пришли къ такому результату, который былъ бы совершенно не согласенъ съ наблюденіями или подалъ бы поводъ сомнѣваться въ справедливости основного допущенія. Поэтому мы имѣемъ право предположить, что этотъ законъ, управляющій всѣми движеніями въ нашей солнечной системѣ, имѣетъ силу также и въ системахъ двойныхъ звѣздъ и является общимъ закономъ для всей вселенной.

На этомъ же допущеніи основаны также вышеприведенныя данныя относительно массъ нѣкоторыхъ системъ двойныхъ звѣздъ. Дѣйствительно, если π есть годичный параллаксъ данной звѣзды, a — большая полуось эллиптической орбиты, выраженная въ секундахъ, r — та же величина, выраженная въ тѣхъ единицахъ длины, которыя употребляются при измѣреніи разстояній отъ земли до звѣздъ (§ 175), t—время обращенія спутника въ годахъ, m—масса системы, причемъ за единицу массы принята масса солнца, то на основаніи положеній, съ которыми мы познакомимся въ главахъ I и II третьей части этой книги, мы можемъ написать слѣдующія соотношенія:

$$r = \frac{a}{\pi} \quad , \quad m = \frac{a^3}{\pi^3 t^2} .$$

Такъ какъ двойныя звѣзды суть тѣла, подобныя нашему солнцу, то едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что и онѣ, какъ и наше солнце, посылаютъ свѣтъ и теплоту обращающимся вокругъ нихъ планетамъ и кометамъ. Но орбиты этихъ послѣднихъ должны значительно отличаться отъ орбитъ нашихъ кометъ и планетъ.

Въ нашей системѣ всѣ планеты и кометы совершаютъ свои движенія около одного центральнаго тѣла, именно около солнца, и вслѣдствіе этого, по закону Ньютона, ихъ орбитами могутъ быть только коническія сѣченія, т.-е. эллиптическія, параболическія или гиперболическія кривыя. Дѣло принимаетъ болѣе сложный оборотъ въ томъ случаѣ, когда планета притягивается двумя солнцами: тогда при различныхъ предположеніяхъ объ отношеніи массы одного центральнаго тѣла къ массѣ другого мы можемъ получить для орбиты планеты безчисленное множество разнообразныхъ, часто весьма замѣчательныхъ по виду кривыхъ линій. Эйлеръ и послѣ него Лежандръ произвели касающіяся этого вопроса изслѣдованія при наиболѣе простыхъ гипотезахъ объ отношеніи массъ и пришли къ весьма интереснымъ результатамъ, изъ которыхъ нѣкоторые мы изложимъ здѣсь въ краткихъ словахъ.

Если массы обоихъ солнцъ одинаковы, то планета описываетъ эллипсъ, въ фокусахъ котораго находятся оба притягивающія тѣла, причемъ скорости планеты на обоихъ концахъ большой оси эллипса имѣютъ одинаковую величину, и, кромѣ того, планета употребляетъ одинаковые промежутки времени на прохожденіе каждаго изъ четырехъ квадрантовъ, т.-е. на прохожденіе отъ конца одной оси до конца другой.

При извѣстномъ отношеніи притягивающихъ силъ обоихъ солнцъ, въ связи съ первоначальнымъ толчкомъ, который планета получила при своемъ образованіи, она опять должна описывать эллипсъ, но только эллипсъ, мѣняющійся съ теченіемъ времени. Если планета выходитъ, напримѣръ, изъ точки A большой оси $A''B''$ (рис. 235), то она опишетъ дугу ADB, но затѣмъ съ другой стороны оси $A''B''$ она будетъ двигаться по

такому пути, что въ концѣ перваго оборота пересѣчетъ эту ось уже не въ точкѣ A, а въ A'; описавъ, далѣе, дугу $A'D'B'$, планета подъ линіей $A''B''$ будетъ двигаться такъ, что въ концѣ второго оборота она встрѣтитъ ось $A''B''$ въ точкѣ A''. Отъ этой точки она движется уже по линіи $A''D''B''$, причемъ подъ осью $A'B''$ описываетъ теперь такую дугу, что въ концѣ третьяго оборота приходитъ опять въ точку A', а въ концѣ четвертаго она будетъ снова въ точкѣ A, откуда она вышла въ самомъ началѣ. Въ другихъ случаяхъ планета возвращается снова въ точку отправленія черезъ пять, шесть и больше оборотовъ; а иногда при слѣдующихъ другъ за другомъ оборотахъ она пересѣкаетъ отрѣзки AA'' и BB'' послѣдовательно во всѣхъ точкахъ, такъ что путь планеты всегда заключается между двумя пограничными эллипсами ADB и $A''D''B''$, и въ этомъ пространствѣ истинная орбита малу-по-малу сначала какъ бы растягивается, а потомъ снова сжимается.

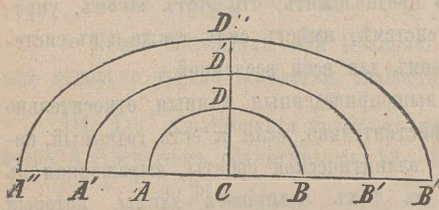


Рис. 235.

Наконецъ, въ иныхъ случаяхъ орбита имѣетъ видъ двойной кривой, подобной той, которая изображена на рис. 236. Въ этомъ случаѣ планета выходитъ изъ точки A большой оси и описываетъ половину AaB эллипсообразной кривой $AaBb$; въ точкѣ B она вступаетъ на другую эллиптическую кривую BCD; придя въ точку D она оканчиваетъ половину полнаго оборота и затѣмъ по дугѣ $DEBb$ снова возвращается въ точку отправленія A.

Столь разнообразны могутъ быть орбиты планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ даже въ томъ случаѣ, если движеніе происходитъ постоянно въ одной и той же плоскости. Безъ дальнѣйшихъ объясненій ясно, что безъ этого ограниченія число кривыхъ линій, которыя могли бы служить орбитами, весьма значительно увеличивается, причемъ видъ кривыхъ дѣлается весьма сложнымъ, и математическій анализъ становится безсильнымъ даже приблизительно опредѣлить всѣ эти въ высшей степени запутанныя движенія.

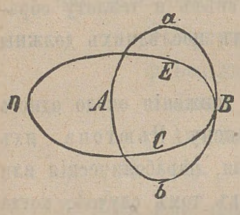


Рис. 236.

Выше мы уже указывали на то, какую необыкновенную картину должно представлять небо при наблюденіи съ поверхности луны или съ поверхности спутниковъ Юпитера и Сатурна. Но еще болѣе поразительную картину представляетъ небо для жителей планетъ въ системахъ двойныхъ звѣздъ. По всей вѣроятности, орбиты этихъ планетъ, весьма сложныя по формѣ и удивительнымъ образомъ между собою перепутанныя, служатъ причиной того, что свѣдѣнія жителей этихъ планетъ объ истинныхъ движеніяхъ этихъ послѣднихъ весьма скудны даже въ сравненіи съ тѣми свѣдѣніями, которыя мы имѣли въ теченіе тысячелѣтій относительно истинныхъ орбитъ нашихъ планетъ. Прибавимъ къ этому еще спутники и кольца планетъ, цѣлый рой кометъ, летающихъ по всѣмъ направленіямъ, и тогда лишь съ большимъ трудомъ мы можемъ составить себѣ хотя бы приближенное представленіе объ этомъ удивительномъ зрѣлищѣ.

Какое поразительное впечатлѣніе на нашъ глазъ, какія замѣчательныя измѣненія во всей окружающей насъ природѣ произвело бы, напримѣръ, красное, зеленое или голубое солнце! Мы уже имѣли случай (§ 7) подробно разсмотрѣть, какое вліяніе производятъ на тѣла природы цвѣтные лучи солнца. Если уже при одномъ солнцѣ получается въ природѣ столь замѣчательная игра красокъ, то какое же удивительное зрѣлище можетъ представиться тамъ, гдѣ свѣтитъ два или нѣсколько различно окрашенныхъ солнцъ! Вотъ красное солнце поднимается надъ горизонтомъ передъ удивленнымъ наблюдателемъ, и небо и земля приняли ярко-пурпуровую окраску. Черезъ нѣсколько часовъ восходитъ другое солнце, голубое или зеленое, и съ его появленіемъ сразу мѣняется весь обликъ природы. Пока сіяетъ одно красное солнце, вся земля залита розовымъ свѣтомъ; если же,

послѣ его захода, надъ горизонтомъ появляется голубое или зеленое солнце, то все, и моря, и пустыни, покрывается лазурнымъ или изумруднымъ ковромъ. Когда же, наконецъ, надъ горизонтомъ находятся одновременно оба солнца, и, такимъ образомъ, вся природа освѣщается лучами двухъ дополнительныхъ цвѣтовъ, тогда съ предметовъ сразу исчезаетъ ихъ пестрый нарядъ, и все кругомъ принимаетъ однообразный пепельно-сѣрый оттѣнокъ.

§ 194. **Измѣнчивость собственнаго движенія нѣкоторыхъ неподвижныхъ звѣздъ.** Прежде чѣмъ кончить эту главу, мы остановимся нѣсколько подробнѣе еще на двухъ типахъ двойныхъ звѣздъ, на одинъ изъ которыхъ указалъ намъ Бессель незадолго до своей смерти. Мы имѣемъ въ виду тотъ случай, когда неподвижная звѣзда имѣетъ темнаго, или во всякомъ случаѣ настолько слабосвѣтящагося спутника, что онъ остается для насъ невидимымъ, и потому его существованіе обнаруживается не помощію непосредственныхъ наблюденій, а благодаря тому дѣйствію, которое онъ производитъ на свѣтящееся тѣло системы. Но такъ какъ вначалѣ многіе астрономы сомнѣвались въ возможности темнаго тѣла значительныхъ размѣровъ, то мы прежде всего изложимъ вкратцѣ ходъ мыслей, которыя Бессель, положилъ въ основу своихъ замѣчательныхъ изслѣдованій, а затѣмъ перейдемъ къ описанію открытій, подтвердившихъ его заключенія.

Такъ какъ собственныя движенія (§ 183) неподвижныхъ звѣздъ, безъ сомнѣнія, можно разсматривать какъ результатъ взаимнаго притяженія всѣхъ тѣлъ окружающей насъ звѣздной системы, и такъ какъ вслѣдствіе этого взаимное положеніе всѣхъ этихъ тѣлъ въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени измѣняется лишь весьма незначительно, то это движеніе многіе годы и даже многія столѣтія подрядъ представляется равномѣрнымъ, если только нѣтъ какихъ-нибудь возмущающихъ причинъ. Отсюда слѣдуетъ, что собственное движеніе неподвижной звѣзды за какой-нибудь промежутокъ времени, напримѣръ, за одинъ годъ, можно опредѣлить, зная ея положенія на небѣ, соотвѣтствующія двумъ болѣе или менѣе удаленнымъ другъ отъ друга моментамъ: для этого нужно только число секундъ, пройденныхъ звѣздой за это время по дугѣ большого круга, раздѣлить на число лѣтъ, заключающихся въ разсматриваемомъ промежуткѣ. Именно этимъ простымъ способомъ и опредѣлены всѣ собственныя движенія неподвижныхъ звѣздъ, обыкновенно указываемыя въ звѣздныхъ каталогахъ. Однако, Бессель въ 1844 г. показалъ, что предположеніе о постоянствѣ собственныхъ движеній справедливо во всякомъ случаѣ не для всѣхъ звѣздъ. Именно онъ съ особенной тщательностью изслѣдовалъ положенія 36 яркихъ, такъ называемыхъ основныхъ Маскелиновыхъ звѣздъ и, пользуясь наблюденіями Брадлея и своими собственными, вывелъ для этихъ звѣздъ ихъ собственныя движенія. Результаты его работы, достойной величайшаго удивленія какъ благодаря строгому плану, такъ и благодаря большому количеству выполненныхъ вычисленій, собраны въ книгѣ: «Tabulae Regiomontanae etc.», напечатанной въ 1830 году. Впослѣдствіи, именно въ 1840 году, было предпринято новое опредѣленіе положеній вышеупомянутыхъ фундаментальныхъ звѣздъ, и при этомъ для Проціона и Сиріуса совершенно неожиданно обнаружилось удивительное разногласіе съ первоначальными опредѣленіями, далеко превосходящее возможныя ошибки наблюденій. «Второе опредѣленіе склоненія фундаментальныхъ звѣздъ», говоритъ Бессель, «сдѣланное мною на основаніи наблюденій д-ра Буша, для Проціона даетъ результатъ, отличный отъ прежняго на 1,6″. Подобное же уклоненіе прямого восхожденія Сиріуса отъ прежнихъ опредѣленій, начиная съ 1834 года, обнаруживается благодаря тому, что поправка часовъ, выведенная по этой звѣздѣ, по большей части, представляетъ значительное несогласіе съ поправками, полученными по остальнымъ фундаментальнымъ звѣздамъ, причемъ, если она положительна, то Сиріусъ даетъ для нея меньшее, а если отрицательна, то—бо́льшее значеніе, чѣмъ другія звѣзды, такъ что прямое восхожденіе Сиріуса за послѣднія 10 лѣтъ, повидимому, увеличилось въ сравненіи съ прежними опредѣленіями. Разность эта достигла

почти $^1/_3$ секунды времени. Такія уклоненія показываютъ, что собственное движеніе не всегда бываетъ равномѣрно».

Бессель далѣе изслѣдуетъ вопросъ, отчего могутъ зависѣть такія измѣненія собственнаго движенія, и, разсмотрѣвъ подробно всѣ возможныя причины этого явленія, онъ пришелъ, наконецъ, къ тому заключенію, что оно можетъ обусловливаться только присутствіемъ неизвѣстнаго темнаго тѣла, которое находится очень близко отъ звѣзды съ перемѣннымъ собственнымъ движеніемъ и составляетъ вмѣстѣ съ нимъ тѣсную звѣздную систему. Въ самомъ дѣлѣ, одиночная звѣзда, не подверженная никакому дѣйствію внѣшнихъ силъ, можетъ только или находиться въ покоѣ, или двигаться прямолинейно и равномѣрно, какъ мы уже упоминали объ этомъ выше. Поэтому такая звѣзда или будетъ совершенно неподвижна, или же ея движеніе должно совершаться съ постоянной скоростью по дугѣ большого круга, плоскость котораго проходитъ черезъ направленіе движенія и точку, гдѣ находится наблюдатель. Если же взаимно притягиваются два или нѣсколько такихъ тѣлъ, которыя вслѣдствіе ихъ взаимной близости составляютъ одну систему, то по основнымъ принципамъ механики центръ тяжести системы опять двигается равномѣрно и прямолинейно, а каждое отдѣльное тѣло обладаетъ въ этомъ случаѣ неравномѣрнымъ движеніемъ, потому что оно не только перемѣщается вмѣстѣ съ центромъ тяжести, но, кромѣ того, совершаетъ движеніе вокругъ этого центра, и это послѣднее движеніе тѣмъ сложнѣе, чѣмъ больше число тѣлъ, составляющихъ систему. Такимъ образомъ, звѣзда съ перемѣннымъ собственнымъ движеніемъ есть только часть системы, состоящей изъ двухъ или нѣсколькихъ тѣсно связанныхъ между собой небесныхъ тѣлъ, и измѣненія собственнаго движенія обусловливаются внутреннимъ движеніемъ системы, а потому заключаются въ извѣстныхъ предѣлахъ и, слѣдовательно, представляютъ явленіе періодическаго характера. Если въ системѣ двойной звѣзды наблюденія обнаруживаютъ измѣненія въ движеніи одной изъ составляющихъ, то въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго, такъ какъ существованіе этихъ измѣненій и ихъ періодичность при каждомъ оборотѣ обѣихъ составляющихъ вокругъ общаго центра тяжести могутъ быть доказаны на основаніи законовъ механики. Если же измѣненія собственнаго движенія мы замѣчаемъ у простой звѣзды, то необходимо допустить, что это лишь единственная видимая часть цѣлой системы, и возразить противъ этого можно было бы лишь въ томъ случаѣ, если бы имѣлось какое-нибудь основаніе считать свѣтимость существеннымъ свойствомъ матеріи. Изъ того обстоятельства, что видимыхъ звѣздъ безчисленное множество, нельзя выводить заключенія, что не можетъ быть также безчисленнаго множества невидимыхъ тѣлъ. Едва ли можно сомнѣваться, что извѣстная звѣзда, открытая датскимъ астрономомъ Тихо-Браге въ созвѣздіи Кассіопеи, существуетъ и теперь, но только какъ невидимое тѣло (§ 198).

Затѣмъ Бессель приводитъ подробности своихъ изслѣдованій относительно измѣненій склоненія Проціона; при этомъ онъ пользуется особымъ методомъ съ цѣлію исключить, насколько возможно, систематическую разность между различными звѣздными каталогами и приходитъ «къ несомнѣнному, вытекающему изъ наблюденій, результату, заключающемуся въ томъ, что предположеніе о постоянствѣ собственнаго движенія Проціона по склоненію невѣрно». Какого характера эти неравенства собственнаго движенія и какому закону они подчинены, объ этомъ ничего опредѣленнаго сказать нельзя, но съ нѣкоторой увѣренностью можно заключить, что періодъ этихъ неравенствъ составляетъ приблизительно шестьдесятъ лѣтъ.

Подобнымъ же образомъ Бессель обработалъ прямыя восхожденія Сиріуса. Собственное движеніе Сиріуса онъ вывелъ изъ сравненія наблюденій Брадлея съ своими собственными, причемъ оба основныя положенія звѣзды были опредѣлены съ большой точностью. Но въ 1835 году обнаружилось значительное разногласіе между вычисленнымъ и наблюденнымъ положеніемъ Сиріуса: наблюденное прямое восхожденіе было приблизительно на

0,19^s больше вычисленнаго. Въ 1843 году эта ошибка достигла уже 0,32^s. Замѣтивъ это, Бесселъ сравниваетъ положеніе Сиріуса, данное имъ въ «Tabulae Regiomontanae», съ тѣми положеніями, которыя приведены въ различныхъ звѣздныхъ каталогахъ, а также съ результатами своихъ собственныхъ наблюденій и при этомъ приходитъ къ заключенію, что «допущеніе постоянства движенія Сиріуса по прямому восхожденію не согласно съ новѣйшими наблюденіями». Періодъ этихъ возмущеній, повидимому, составляетъ приблизительно пятьдесятъ лѣтъ.

Однако, самъ Бессель не вычислялъ орбиты, которыя Сиріусъ и Проціонъ описываютъ около предполагаемаго темнаго тѣла, или, говоря точнѣе, около центра тяжести своей системы, такъ какъ для этого ему показался недостаточнымъ имѣвшійся на лицо матеріалъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе значительнаго пробѣла въ наблюденіяхъ отъ 1755 до 1820 года. Это дополненіе къ работѣ Бесселя для одной изъ звѣздъ, именно для Сиріуса, было сдѣлано нѣсколько лѣтъ спустя К. А. Ф. Петерсомъ, бывшимъ въ то время еще въ Кенигсбергѣ. Такимъ образомъ, Петерсъ, предположивъ, что Сиріусъ составляетъ звѣздную систему съ другимъ невидимымъ, темнымъ тѣломъ, и что оба эти тѣла движутся около ихъ общаго центра тяжести по закону Ньютона, первый объяснилъ теоретически наблюдаемыя неравенства собственнаго движенія этой звѣзды и опредѣлилъ описываемую ею эллиптическую орбиту.

Впослѣдствіи Саффордъ кромѣ прямыхъ восхожденій обработалъ также и склоненія Сиріуса и обнаружилъ неравенства собственнаго движенія по склоненію, вполнѣ объяснимыя движеніемъ Сиріуса по орбитѣ, очень близкой къ той, какую опредѣлилъ Петерсъ изъ наблюденій прямыхъ восхожденій. Но самая обширная работа по этому вопросу была предпринята Ауверсомъ въ 1860 г. Принявъ во вниманіе всѣ наблюденія Сиріуса, имѣвшіяся на лицо до того времени, а именно около 7000 прямыхъ восхожденій и 4500 склоненій, Ауверсъ опредѣлилъ новую орбиту этой звѣзды, которая весьма точно представляла наблюденія. Въ результатѣ онъ получилъ слѣдующіе элементы:

Прохожденіе Сиріуса черезъ періастронъ	1843,28
Долгота узла	61°58′
Разстояніе узла отъ періастрона	18 55
Наклонность	47 9
Эксцентриситетъ	0,615
Среднее разстояніе Сиріуса отъ центра тяжести системы .	2,331″
Время обращенія	49,4 лѣтъ.
Движеніе: обратное.	

Но еще прежде, чѣмъ была окончена эта обширная и трудная работа, открытіе спутника Сиріуса, сдѣланное Кларкомъ въ Бостонѣ 31 января 1862 года при помощи имъ самимъ устроеннаго прекраснаго рефрактора съ отверстіемъ въ 47 сант., блестящимъ образомъ подтвердило предположеніе Бесселя, что Сиріусъ есть только одна часть двойной системы, другую часть которой мы до тѣхъ поръ не видѣли. Теперь оставалось только изслѣдовать вопросъ, дѣйствительно ли вліяніемъ открытаго спутника Сиріуса, близость котораго къ яркой звѣздѣ, очевидно, была причиной того, что всѣ розыски его до тѣхъ поръ были безуспѣшны, можно объяснить наблюдаемыя неравенства собственнаго движенія Сиріуса. Какъ только были опубликованы первыя наблюденія спутника, Ауверсъ тотчасъ же показалъ, что это возможно при допущеніи, что массы Сиріуса и его спутника относятся, какъ 2,05 къ 1. Чтобы можно было судить о степени согласія между вычисленіями и наблюденіями, онъ вычислилъ положенія спутника по вышеприведеннымъ элементамъ до 1890 года, когда онъ скрылся въ лучахъ главной звѣзды на нѣсколько лѣтъ даже для гигантскихъ телескоповъ нашего времени, и ниже приведены черезъ двухлѣтніе

промежутки тѣ уклоненія, которыя получились при сравненіи дѣйствительныхъ положеній спутника, выведенныхъ изъ наблюденій, съ упомянутой эфемеридой Ауверса.

Годъ.	Уклоненія разстоянія.	Уклоненія угла положенія.	Годъ.	Уклоненія разстоянія.	Уклоненія угла положенія.	Годъ.	Уклоненія разстоянія.	Уклоненія угла положенія.
1862,2	+0,08″	—0,40°	1872,2	+0,54″	—5,80°	1882,1	+1,18″	—6,52°
64,2	—0,37	—2,64	74,2	+0,60	—6,03	84,2	+1,53	—7,72
66,2	—0,25	—3,64	76,2	+0,69	—6,66	86,1	+1,59	—3,31
68,2	—0,26	—4,50	78,1	+0,76	—6,30	88,2	+1,69	+7,10
70,2	+0,07	—4,92	80,1	+0,84	—6,19	90,3	+1,72	+23,34

Постепенное увеличеніе уклоненій наблюденныхъ положеній отъ орбиты Ауверса, въ связи съ слишкомъ слабой яркостью спутника, вслѣдствіе которой становится даже невѣроятной столь незначительная разность между его массой и массой главной звѣзды, въ послѣднее время неоднократно служило поводомъ къ сомнѣніямъ, дѣйствительно ли звѣздочка, которую мы видимъ, есть тѣло, возмущающее движеніе Сиріуса, въ особенности послѣ того какъ опредѣленія орбиты, произведенныя безъ всякихъ допущеній, дали болѣе продолжительное время оборота. Напримѣръ, по Плуммеру орбита съ временемъ обращенія въ 442 года еще въ 1881 году лучше удовлетворяла наблюденіямъ, чѣмъ орбита, вычисленная Ауверсомъ, хотя, согласно съ наблюденіями, спутникъ за это время совершилъ уже около половины полнаго оборота. Это интересный примѣръ того, какъ ненадежны элементы орбитъ двойныхъ звѣздъ, если они опредѣлены по небольшой дугѣ. Чтобы положить конецъ всѣмъ этимъ сомнѣніямъ, Ауверсъ въ 1892 г. снова принялся за свои изслѣдованія и въ результатѣ получилъ элементы, которые приведены нами въ § 190, и которые удовлетворительно представили не только всѣ наблюденія спутника, но также всѣ неравенства въ собственномъ движеніи Сиріуса, обнаруженныя меридіанными наблюденіями со временъ Брадлея. По этимъ новымъ изслѣдованіямъ масса главной звѣзды въ $2^{1}/_{8}$ раза больше массы спутника.

По яркости спутникъ гораздо слабѣе Сиріуса. Онъ представляетъ звѣздочку не болѣе какъ 9-ой величины; если мы, какъ и прежде, примемъ, что Сиріусъ въ 9,12 разъ ярче нормальной звѣзды 1-ой величины, и что отношеніе яркостей звѣздъ двухъ сосѣднихъ классовъ составляетъ 2,5, то спутникъ долженъ быть въ 13900 разъ слабѣе Сиріуса, между тѣмъ какъ его масса равна приблизительно половинѣ массы главной звѣзды. По опредѣленіямъ Гиля и Элкина параллаксъ Сиріуса равняется 0,38″ (§ 176); поэтому большая полуось орбиты, составляющая 7,57″, будучи выражена въ линейныхъ единицахъ, равняется 19,9 среднимъ разстояніямъ отъ земли до солнца, т.-е. она приблизительно такой же величины, какъ и большая полуось эллипса, описываемаго Ураномъ. Масса всей системы въ 3,24 раза больше массы солнца, причемъ на долю Сиріуса приходится 2,20 массы солнца и на долю его спутника 1,04.

Какъ о любопытномъ фактѣ, слѣдуетъ еще упомянуть о томъ, что высказанное въ 1876 г. Дюнеромъ предположеніе, что въ большіе рефракторы новѣйшаго времени, по всей вѣроятности, можно будетъ видѣть спутника Сиріуса еще до заката солнца, оправдалось на самомъ дѣлѣ, такъ какъ въ Вашингтонѣ его нѣсколько разъ отчетливо видѣли незадолго до заката солнца.

Что касается второй звѣзды, именно Проціона, у котораго еще Бессель замѣтилъ неравномѣрность движенія по склоненію, то въ 1851 году Медлеръ обнаружилъ неравномѣрность движенія этой звѣзды также и по прямому восхожденію и нашелъ, что достаточно допустить существованіе спутника, описывающаго полный оборотъ по своей орбитѣ въ 50 лѣтъ, чтобы довольно хорошо объяснить эти неравенства. Болѣе точное опредѣленіе орбиты предпринято было только въ 1862 г. опять Ауверсомъ, который, воспользовавшись

всѣми пригодными для этой цѣли наблюденіями, охватывающими промежутокъ времени въ 118 лѣтъ, вычислилъ слѣдующую круговую орбиту:

Эпоха наименьшаго значенія $AR.$ . . .	1795,629
Время полнаго оборота	39,866 лѣтъ.
Годовое движеніе	9,02993°
Радіусъ круговой орбиты	0,9805″

Въ 1883 году Л. Струве, тщательно обработавъ наблюденія склоненія Проціона, произведенныя его отцемъ О. Струве, опредѣлилъ еще наклонность плоскости орбиты спутника и нашелъ ее равною $45^1/_2{}^0$.

* Открыть же спутника Проціона непосредственными наблюденіями удалось лишь 14 ноября 1896 года астроному Шеберле на Ликской обсерваторіи въ Калифорніи. Этотъ спутникъ представляетъ собою звѣздочку 13-ой величины. *

Шубертъ полагаетъ, что кромѣ Сиріуса и Проціона ему удалось замѣтить неравномѣрность собственнаго движенія также у β Оріона, α Гидры и въ особенности у α Дѣвы. Однако, Ауверсъ показалъ, что Шубертъ получилъ такой результатъ исключительно благодаря тому, что имѣвшійся въ его распоряженіи матеріалъ не былъ достаточно обширенъ. Напротивъ того, мы имѣемъ указанія на то, что въ системахъ нѣкоторыхъ двойныхъ звѣздъ, повидимому, существуютъ темные спутники, которые возмущаютъ движеніе видимыхъ составляющихъ (§ 191, №№ 18 и 23).

§ 195. **Открытіе двойныхъ звѣздъ при помощи спектроскопа.** Выше мы видѣли, что существуетъ много такихъ двойныхъ звѣздъ, составляющія которыхъ въ нѣкоторыхъ частяхъ своего пути настолько близко подходятъ другъ къ другу, что ихъ нельзя раздѣлить даже въ самые сильные наши телескопы. Поэтому легко можно ожидать, что существуютъ также и такія двойныя звѣзды, для которыхъ взаимное разстояніе столь незначительно, что вообще мы никогда не можемъ видѣть каждую составляющую отдѣльно. И, дѣйствительно, подобно тому, какъ Бессель на основаніи меридіанныхъ наблюденій Сиріуса и Проціона заключилъ о существованіи у нихъ темныхъ спутниковъ, совершенно также Фогель и Е. Пикерингъ почти одновременно доказали при помощи спектроскопа, что существуютъ тѣсныя двойныя звѣзды, которыя не могутъ быть раздвоены ни въ какіе телескопы. Принципъ, на которомъ основано это блестящее открытіе, состоитъ въ слѣдующемъ.

Въ системахъ двойныхъ звѣздъ, какъ и вообще при каждомъ орбитальномъ движеніи, обѣ составляющія A и B движутся вокругъ общаго центра тяжести. Въ извѣстный моментъ одна составляющая, напр., A движется по направленію къ землѣ, а другая B въ то же самое время удаляется отъ нея, и вслѣдствіе этого, на основаніи принципа Доплера (§ 183), спектральныя линіи звѣзды A перемѣстятся къ фіолетовому концу спектра, а звѣзды B — къ красному. По истеченіи половины полнаго оборота будутъ имѣть мѣсто обратныя явленія, именно звѣзда A будетъ двигаться отъ земли, а B — къ землѣ, такъ что въ спектрѣ составляющей A произойдетъ смѣщеніе линій къ красному концу, а въ спектрѣ B — къ фіолетовому. Въ серединѣ между этими двумя моментами обѣ составляющія движутся по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ лучу нашего зрѣнія, и никакого смѣщенія спектральныхъ линій въ это время не будетъ.

Если движеніе совершается столь быстро, что эти смѣщенія можно замѣтить при помощи нашихъ аппаратовъ, то измѣненія, которыя произойдутъ вслѣдствіе этого въ видѣ спектра, будутъ различны въ зависимости отъ характера двойной системы. Дѣйствительно, если одна изъ составляющихъ представляетъ темное тѣло или, по крайней мѣрѣ, обладаетъ настолько незначительной яркостью, что ея спектръ, вслѣдствіе необыкновенной слабости, вовсе не можетъ быть замѣченъ, то линіи періодически будутъ смѣщаться сначала отъ

краснаго конца спектра къ фіолетовому, а потомъ обратно. Согласно съ наблюденіями Фогеля, такой случай имѣетъ мѣсто, напр., у Спики, для которой періодъ этихъ смѣщеній равняется 4,0134 днямъ.

Можно сдѣлать еще одинъ шагъ впередъ. Измѣреніе наибольшаго смѣщенія даетъ намъ скорость g движенія звѣзды по орбитѣ, а промежутокъ времени t между двумя послѣдовательными моментами, которымъ соотвѣтствуютъ наибольшія смѣщенія, равняется продолжительности періода полнаго обращенія видимой звѣзды вокругъ центра тяжести. Далѣе, за недостаткомъ другой исходной точки, примемъ, что орбита есть окружность круга радіуса a, и что, слѣдовательно, длина этой окружности равна $2\,\pi a$, гдѣ подъ π разумѣется лудольфово число (см. стр. 29, примѣчаніе); въ такомъ случаѣ, очевидно, мы можемъ написать слѣдующее уравненіе:

$$2\,a\pi = gt.$$

Такимъ образомъ, мы можемъ опредѣлить приближенно размѣры орбиты, не зная разстоянія отъ земли до звѣзды, т.-е. не зная ея параллакса. Такъ, Фогель нашелъ, что скорость g движенія Спики въ одну секунду составляетъ 91,3 километровъ, t равняется 4,0134 днямъ или 346757 сек., отсюда для a онъ получилъ 5,04 милліоновъ километровъ, или 0,0339 средняго разстоянія отъ солнца до земли. Далѣе, сдѣлавъ какое-нибудь предположеніе объ отношеніи массъ, составляющихъ систему, мы можемъ выразить массу всей системы черезъ массу нашего солнца. Пусть, напримѣръ, массы Спики и невидимаго спутника равны между собой; въ такомъ случаѣ масса каждаго изъ этихъ тѣлъ должна составлять 1,3 массы нашего солнца.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ положеніе орбиты можетъ быть таково, что темный спутникъ при каждомъ своемъ оборотѣ закрываетъ часть видимой звѣзды и задерживаетъ, слѣдовательно, нѣкоторую часть идущихъ отъ нея лучей, такъ что яркость звѣзды во время прохожденія спутника сразу уменьшается и затѣмъ быстро принимаетъ свою обыкновенную величину. Такимъ образомъ, мы будемъ имѣть передъ собой звѣзду, яркость которой вообще не мѣняется, но по временамъ въ теченіе короткаго промежутка времени вдругъ падаетъ до нѣкотораго минимума и затѣмъ такъ же быстро принимаетъ свою обыкновенную величину. Среди перемѣнныхъ мы встрѣчаемъ нѣсколько такихъ звѣздъ. Типичнѣйшимъ представителемъ этихъ перемѣнныхъ является Алголь (§ 197, № 13), и спектроскопическія изслѣдованія Фогеля дѣйствительно показали, что Алголь имѣетъ темнаго спутника, который покрываетъ его въ теченіе 9 час. 45 мин. при каждомъ оборотѣ, равномъ 2,867 днямъ, причемъ яркость звѣзды со 2-й величины къ серединѣ затменія, т.-е. въ теченіе 4 час. 52,5 мин., падаетъ до 4-й.

Допустимъ опять, что орбита спутника круговая, что каждый разъ имѣетъ мѣсто центральное покрытіе главной звѣзды спутникомъ, и что его масса равна половинѣ массы Алголя. Въ такомъ случаѣ получимъ:

для разстоянія между центрами обоихъ тѣлъ 5,2 милліоновъ километровъ;

для скорости движенія главной звѣзды 42 километра;

для скорости движенія спутника 89 километровъ;

для массы главной звѣзды $\frac{4}{9}$ солнечной массы;

для массы спутника $\frac{2}{9}$ солнечной массы.

Изучая кривую, представляющую измѣненія яркости Алголя во время прохожденія передъ нимъ спутника, Фогель заключилъ, что оба эти небесныя тѣла окружены атмосферами довольно значительнаго протяженія, а по продолжительности прохожденія онъ нашелъ, что діаметръ главной звѣзды равняется 1,7 и діаметръ спутника 1,3 милліонамъ километровъ.

Послѣ этого Бѣлопольскій показалъ, что кромѣ Алголя также и у δ Цефея, при-

надлежащей къ тому же типу перемѣнныхъ звѣздъ, какъ и Алголь, измѣненія яркости зависятъ отъ прохожденія темнаго спутника передъ свѣтлой звѣздой.

Если же обѣ звѣзды настолько ярки, что видимый спектръ состоитъ изъ двухъ наложенныхъ другъ на друга спектровъ обѣихъ составляющихъ, то въ тотъ моментъ, когда обѣ звѣзды движутся относительно земли по прямо противоположнымъ направленіямъ, спектральныя линіи въ одномъ спектрѣ смѣстятся направо, а въ другомъ налѣво и въ это время будутъ, такимъ образомъ, казаться двойными. Впервые такое наблюденіе было сдѣлано надъ спектромъ Мицара (ζ Большой Медвѣдицы), причемъ на фотографіяхъ этого спектра было замѣчено, что черезъ каждые 52 дня магніевая линія дѣлалась двойной. На основаніи этого Пикерингъ заключилъ, что Мицаръ, не считая отдаленнаго спутника, самъ состоитъ изъ двухъ звѣздъ, которыя совершаютъ полный оборотъ вокругъ ихъ общаго центра тяжести въ 104—105 дней, и что орбиты ихъ обладаютъ большимъ эксцентриситетомъ, потому что спектральныя линіи остаются двойными каждый разъ лишь въ теченіе короткаго сравнительно промежутка времени. Подобное же явленіе наблюдается и у β Возничаго, причемъ въ этомъ случаѣ періодъ равняется всего 3,984 днямъ.

Если въ только-что разсмотрѣнномъ случаѣ положеніе орбитъ таково, что одна изъ составляющихъ при каждомъ оборотѣ покрываетъ другую, то такая пара также будетъ принадлежать къ числу перемѣнныхъ звѣздъ; но легко понять, что амплитуда измѣненій яркости въ этомъ случаѣ будетъ заключаться въ болѣе тѣсныхъ предѣлахъ, чѣмъ у звѣздъ типа Алголя. Намъ извѣстенъ уже одинъ представитель этой группы, именно звѣзда β Лиры (§ 198, № 90). Эта звѣзда интересна еще тѣмъ, что ея спектръ состоитъ изъ наложенныхъ другъ на друга спектровъ двухъ различныхъ типовъ, такъ какъ одна звѣзда принадлежитъ къ классу Ic_2, а другая къ классу II (§ 178).

Приведенныя здѣсь весьма важныя изслѣдованія расширили нашъ взглядъ на разнообразіе въ мірѣ двойныхъ звѣздъ, такъ какъ они показали намъ, что въ системахъ двойныхъ звѣздъ встрѣчаются времена обращенія отъ нѣсколькихъ столѣтій до небольшаго числа дней и разстоянія между составляющими отъ чрезвычайно громадныхъ до необыкновенно близкихъ, едва поддающихся нашему пониманію.

§ 196. **Исторія открытія двойныхъ звѣздъ.** Еще Гевелій и Ламбертъ знали нѣсколько двойныхъ звѣздъ, но они считали ихъ оптически двойными, такъ какъ по ихъ мнѣнію въ этихъ системахъ не было замѣтно никакого орбитальнаго движенія.

Іоганъ Михель впервые примѣнилъ къ звѣзднымъ группамъ исчисленіе вѣроятностей и, такимъ образомъ, показалъ, что въ Плеядахъ отдѣльныя звѣзды должны быть связаны между собою физически (§ 185). Къ подобному же результату пришелъ и Кассини въ 1738 г. Однако, ихъ современники не обратили вниманія на эти вполнѣ основательныя заключенія. Только Хр. Майеръ въ 1776—1778 годахъ сталъ систематически заниматься двойными звѣздами, въ полномъ сознаніи, что въ этой области должны быть сдѣланы неожиданныя открытія. Впрочемъ, его наблюденія не заслуживаютъ большого вниманія, такъ какъ они не соотвѣтствовали той цѣли, которая обыкновенно преслѣдуется при наблюденіи двойныхъ звѣздъ. Но все же первый каталогъ изъ 80 двойныхъ звѣздъ, помѣщенный въ «Berliner Jahrbuch» за 1784 г., былъ составленъ, главнымъ образомъ, на основаніи наблюденій Майера. В. Гершель, котораго можно считать настоящимъ основателемъ этого отдѣла астрономіи, начавъ около 1780 года заниматься двойными звѣздами, придерживался того мнѣнія, что онѣ представляются двойными лишь на основаніи законовъ перспективы, и что въ дѣйствительности составляющія находятся, можетъ-быть, очень далеко одна отъ другой, но только лучи зрѣнія, идущіе отъ нихъ къ намъ, почти совпадаютъ другъ съ другомъ. Онъ вскорѣ замѣтилъ, что такія звѣзды, если его мнѣніе справедливо, могутъ служить очень хорошимъ средствомъ для опредѣленія параллакса болѣе близкой звѣзды, на что указывалъ еще Галилей; имѣя въ виду именно эту послѣд-

нюю цѣль, Гершель и принялся за наблюденіе двойныхъ звѣздъ (§ 176). Но, подобно Брадлею (часть I, § 45), Гершель не нашелъ того, чего искалъ: онъ не опредѣлилъ параллаксовъ звѣздъ, но зато открылъ нѣчто другое, не менѣе интересное, а именно движеніе одной звѣзды около другой, и это открытіе со всѣми его послѣдствіями должно было поразить наблюдателя нисколько не менѣе, чѣмъ обрадовало бы его исполненіе перваго его желанія.

Въ 1782 г. В. Гершель опубликовалъ свой первый каталогъ, содержащій 269 кратныхъ звѣздъ, изъ которыхъ 227 до тѣхъ поръ были не извѣстны. Къ 1804 году онъ пронаблюдалъ уже 846 двойныхъ звѣздъ, причемъ пользовался при измѣреніяхъ особымъ, имъ изобрѣтеннымъ методомъ. Далѣе слѣдуетъ замѣчательный трудъ дерптскаго астронома В. Струве: «Stellarum duplicium et multiplicium mensurae micrometricae», гдѣ содержится 3133 положенія двойныхъ звѣздъ, опредѣленныхъ въ 1824—1837 гг. при помощи рефрактора съ отверстіемъ объектива въ 24,5 сантиметра. Въ 1840 г. въ Пулковѣ онъ снова принялся за свои изслѣдованія, пользуясь установленнымъ тамъ рефракторомъ съ отверстіемъ объектива въ 38 сантиметровъ и опять далъ въ высшей степени богатый матеріалъ по этой отрасли нашихъ астрономическихъ знаній. Данное въ его новомъ каталогѣ число тѣсныхъ двойныхъ звѣздъ (съ разстояніемъ меньше 1″) было въ 25 разъ больше по сравненію съ каталогомъ В. Гершеля. Въ промежутокъ времени съ 1816 до 1828 года Дж. Гершель и Д. Соутъ измѣрили 1059 двойныхъ звѣздъ. Съ 1834 года Дж. Гершель сталъ наблюдать двойныя звѣзды на мысѣ Доброй Надежды и, такимъ образомъ, внесъ въ науку весьма важный вкладъ, такъ какъ относительно двойныхъ звѣздъ южное небо до тѣхъ поръ совершенно не было изслѣдовано; къ 1841 году онъ опубликовалъ шесть каталоговъ, которые содержатъ 3346 кратныхъ звѣздъ.

Послѣ того, какъ В. Струве опубликовалъ свой большой трудъ о двойныхъ звѣздахъ, казалось, что на сѣверномъ небѣ для будущаго наблюдателя остается лишь время-отъ-времени повторять наблюденія звѣздъ, занесенныхъ въ каталогъ Струве. Астрономы считали, что изслѣдованіе сѣвернаго неба произведено В. Струве столь тщательно и столь полно, что лишь въ рѣдкихъ случаяхъ могутъ быть открыты спутники у тѣхъ звѣздъ, которыя В. Струве считалъ простыми, въ особенности послѣ того, какъ въ 1850 году появился Пулковскій каталогъ 500 звѣздъ, содержащій или раньше пропущенныя, или открытыя позднѣе, главнымъ образомъ О. Струве, двойныя звѣзды. Дѣйствительно, число двойныхъ звѣздъ, открытыхъ всѣми наблюдателями въ теченіе 25 лѣтъ, слѣдующихъ за этой эпохой, доходило лишь до 50; а между тѣмъ были произведены весьма важные ряды наблюденій двойныхъ звѣздъ англійскими (Доссъ, Хиндъ, Доберкъ и т. д.), итальянскими (Дембовскій, Секки, Скіапарелли) и нѣмецкими астрономами (Шлютеръ, Энгельманъ, Ауверсъ и др.), и, кромѣ того, въ Пулковѣ непрерывно и весьма усердно продолжались работы въ этой отрасли астрономіи. Но значительное приращеніе числа двойныхъ звѣздъ имѣло мѣсто послѣ того, какъ этимъ предметомъ сталъ заниматься въ 1872 г. Бернхемъ, который въ теченіе 20 лѣтъ открылъ болѣе 1000 новыхъ двойныхъ звѣздъ, или новыхъ спутниковъ въ извѣстныхъ уже звѣздныхъ парахъ; но большая часть открытыхъ имъ паръ принадлежитъ къ весьма труднымъ для наблюденія небеснымъ объектамъ или вслѣдствіе необыкновенной близости составляющихъ, или по причинѣ слишкомъ малой яркости спутника. Что же касается опредѣленія орбитъ двойныхъ звѣздъ, то въ этой отрасли астрономіи особенныя заслуги принадлежатъ Доберку, Глазенапу, Горе и въ особенности Си, который съ 1892 года поставилъ себѣ задачей провѣрку всѣхъ до сихъ поръ опредѣленныхъ орбитъ двойныхъ звѣздъ, принимая во вниманіе новѣйшія наблюденія.

ГЛАВА XVII.

Перемѣнныя звѣзды.

§ 197. **Общія свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ.** Къ числу самыхъ загадочныхъ явленій въ мірѣ неподвижныхъ звѣздъ относятся такъ называемыя перемѣнныя звѣзды, т.-е. такія, яркость которыхъ подвержена нѣкоторымъ измѣненіямъ. У нѣкоторыхъ звѣздъ измѣненія яркости повторяются черезъ опредѣленные промежутки времени и притомъ всегда въ одной и той же послѣдовательности; но характеръ самого измѣненія яркости для различныхъ звѣздъ весьма различенъ. У однѣхъ изъ перемѣнныхъ звѣздъ яркость увеличивается быстрѣе, чѣмъ уменьшается, и наименьшую яркость звѣзда сохраняетъ въ теченіе болѣе продолжительнаго промежутка времени, чѣмъ наибольшую; у другихъ замѣчаются колебанія яркости въ ту и другую сторону, какъ, напримѣръ, у β Лиры, свѣтовая кривая которой представляетъ второстепенные максимумы и минимумы (§ 198, № 90); у третьихъ, какъ, напр., у Алголя (§ 198, № 13), измѣненіе яркости продолжается лишь нѣсколько часовъ около времени максимума или минимума, тогда какъ все остальное время яркость звѣзды остается постоянной и т. д. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ періодическихъ измѣненіяхъ яркости звѣзды замѣчаются различныя неправильности. Напримѣръ, иногда продолжительность періода бываетъ подвержена съ теченіемъ времени нѣкоторымъ измѣненіямъ, въ иныхъ случаяхъ звѣзда въ теченіе каждаго періода не достигаетъ одинаковой яркости какъ при максимумѣ, такъ и при минимумѣ. Самый замѣчательный примѣръ этого представляетъ звѣзда o Кита (§ 198, № 10), являющаяся въ то же время первой, у которой вообще были замѣчены измѣненія яркости. Поэтому для многихъ звѣздъ очень трудно опредѣлить продолжительность періода полнаго измѣненія яркости; къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ измѣненія яркости, насколько мы можемъ судить объ этомъ въ настоящее время, происходятъ совершенно неправильно, примѣромъ чего можетъ служить η Арго (§ 198, № 51). Далѣе встрѣчаются и такія звѣзды, которыя лишь по временамъ становятся перемѣнными, а потомъ опять въ теченіе довольно продолжительнаго промежутка времени не мѣняютъ своей яркости. Таковы, напримѣръ, звѣзды: α Кассіопеи (§ 198, № 5), Бетейгейзе (№ 25), ε Возничаго (№ 19) и въ особенности P. Лебедя (№ 105), или такъ называемая Новая 1600 года, которая въ XVII столѣтіи была сильно перемѣнной звѣздой, но съ 1677 года сдѣлалась звѣздой 5-й величины безъ всякихъ дальнѣйшихъ измѣненій яркости. Въ виду того, что такъ называемыя новыя звѣзды (Novae), т.-е. такія, которыя внезапно появляются гдѣ-нибудь на небѣ и затѣмъ снова исчезаютъ черезъ нѣкоторое время, существенно не отличаются отъ перемѣнныхъ звѣздъ, неправильно измѣняющихъ свою яркость; по почину Шёнфельда, въ настоящее время ихъ постоянно причисляютъ къ этимъ послѣднимъ.

За исключеніемъ перемѣнныхъ звѣздъ типа Алголя, т.-е. такихъ, у которыхъ измѣненія яркости ограничиваются лишь нѣсколькими часами около времени минимума, и которыя обыкновенно отличаются замѣчательнымъ бѣлымъ свѣтомъ, очень многія изъ остальныхъ перемѣнныхъ отливаютъ, по крайней мѣрѣ, во время нѣкоторыхъ фазъ измѣненія яркости, розовымъ и оранжевымъ оттѣнками, и эти оттѣнки вообще бываютъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ продолжительнѣе періодъ измѣненій яркости. Поэтому долгое время такая окраска считалась признакомъ измѣнчивости яркости и не одинъ разъ приводила къ открытію новыхъ перемѣнныхъ звѣздъ. Еще болѣе плодотворнымъ оказалось, однако, то обстоятельство, что, исключая опять-таки звѣзды типа Алголя, большая часть перемѣнныхъ обла-

даетъ совершенно особеннымъ спектромъ, именно или спектромъ типа Ic_2, или спектромъ типа III (§ 178). Поэтому надъ тѣми звѣздами, которыя по спектроскопическимъ наблюденіямъ, производимымъ теперь уже на многихъ обсерваторіяхъ, обладаютъ особенными спектрами, немедленно производятъ систематическія наблюденія. При этомъ, дѣйствительно, очень часто наталкиваются на перемѣнныя звѣзды, такъ что число ихъ весьма быстро увеличивается и теперь уже достигаетъ 400.

Относительно распредѣленія перемѣнныхъ звѣздъ на небѣ можно сказать то же самое, что и относительно распредѣленія двойныхъ звѣздъ: ихъ меньше тамъ, гдѣ вообще мало звѣздъ, и больше тамъ, гдѣ звѣздъ много, и потому онѣ чаще всего встрѣчаются около млечнаго пути. Кромѣ того, замѣчается еще скопленіе перемѣнныхъ звѣздъ вдоль эклип-

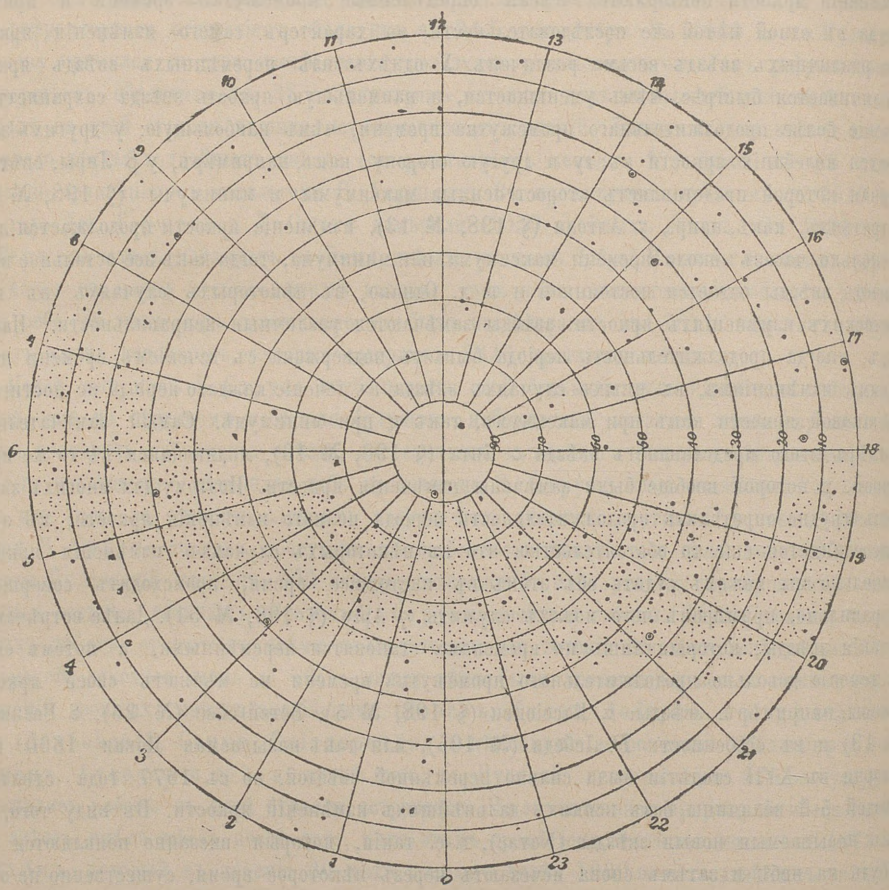


Рис. 237.

тики, но это скопленіе не болѣе какъ кажущееся и объясняется тѣмъ, что эта область неба весьма часто изслѣдовалась самымъ тщательнымъ образомъ при помощи хорошихъ звѣздныхъ картъ съ цѣлью отысканія астероидовъ. И, дѣйствительно, знаменитые ловцы малыхъ планетъ открыли не мало также и перемѣнныхъ звѣздъ; напримѣръ, Хиндъ открылъ ихъ 22, Петерсъ 19, Погсонъ 14, Шакорнакъ и Генке каждый по 4 и т. д. * На рис. 237 и 238 представлено распредѣленіе перемѣнныхъ звѣздъ для обоихъ полушарій неба, причемъ первый рисунокъ относится къ сѣверному полушарію, а второй—къ южному. На этихъ рисункахъ приняты во вниманіе всѣ тѣ перемѣнныя звѣзды, которыя были извѣстны до конца 1895 года. * Далѣе, во всякомъ случаѣ, нельзя

считать случайнымъ то часто повторяющееся явленіе, что двѣ или три перемѣнныхъ звѣзды находятся очень близко одна отъ другой. Такъ, въ созвѣздіи Южной Короны три перемѣнныхъ звѣзды (§ 198, №№ 93, 94, 95) составляютъ треугольникъ, стороны котораго соотвѣтственно равны 8,6′, 9,7′, и 1,3′, такъ что площадь его содержитъ 3,2 квадратныхъ минутъ и, такимъ образомъ, въ 240 разъ меньше площади, занимаемой на небѣ полной луной. Въ созвѣздіи Скорпіона разстоянія между тремя перемѣнными звѣздами T, R и S (§ 198, №№ 71, 72, 73) соотвѣтственно равны 8,5′, 9,7′, 2,9′, такъ что площадь образуемаго ими треугольника содержитъ 11,9 квадратныхъ минутъ, или составляетъ $\frac{1}{64}$ часть площади, занимаемой на небѣ луннымъ дискомъ. Въ 2,4° къ западо-сѣверо-западу отъ

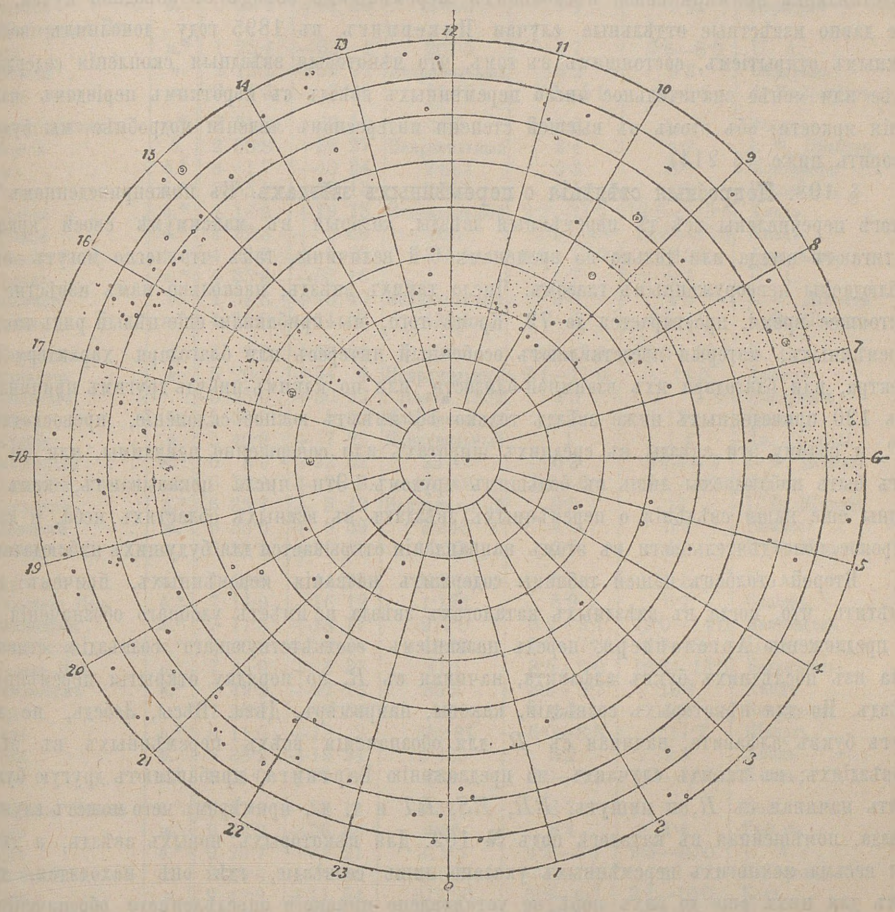


Рис. 238.

этой группы находятся еще двѣ перемѣнныя звѣзды, отдѣленныя другъ отъ друга разстояніемъ въ 37′, что лишь немного болѣе видимаго діаметра луны. Близко другъ отъ друга находятся также перемѣнныя звѣзды R и S Тельца (§ 198, №№ 16 и 17) и, кромѣ того, цѣлый рядъ другихъ перемѣнныхъ, которыя не помѣщены въ нижеприведенномъ каталогѣ, но изъ которыхъ нѣкоторыя упомянуты въ примѣчаніяхъ къ каталогу.

Еще болѣе достойна вниманія та тѣсная связь, которая, повидимому, существуетъ между перемѣнными звѣздами съ одной стороны и туманностями и звѣздными кучами съ другой. Такъ, новая 1860 года (№ 71) появилась въ красивомъ шарообразномъ звѣздномъ скопленіи (§ 202), открытомъ еще Мессье; новая 1885 г. (№ 6) загорѣлась посреди большой туманности въ созвѣздіи Андромеды; R Единорога (№ 28) составляетъ голову кометооб-

разной туманности, а находящаяся отъ нея на разстояніи приблизительно одного градуса звѣзда S Единорога (№ 29) представляетъ главную звѣзду большой звѣздной кучи. Далѣе, V Близнецовъ (№ 33), а также R Арго (прямое восхожденіе $= 7^h\ 37{,}0^m$, склоненіе $= -31^\circ\ 26'$) лежатъ среди небольшихъ звѣздныхъ скопленій, а вблизи T Тельца (№ 15) находится перемѣнная туманность (§ 214). Но этого еще мало. Перемѣнныя R и T Южной Короны (№№ 94 и 95) расположены въ западномъ и восточномъ углахъ слабой туманности, которая находится нѣсколько къ западу отъ небольшаго звѣзднаго скопленія; къ востоку же отъ нихъ лежитъ еще S Южной Короны (№ 93). Здѣсь двѣ перемѣнныя звѣзды связаны съ туманностью; а вся группа, состоящая изъ T, R и S Скорпіона представляетъ примѣръ связи нѣсколькихъ перемѣнныхъ звѣздъ съ звѣздной кучей. Эти уже давно извѣстные отдѣльные случаи Пикерингъ въ 1895 году дополнилъ весьма важнымъ открытіемъ, состоящимъ въ томъ, что нѣкоторыя звѣздныя скопленія содержатъ болѣе или менѣе значительное число перемѣнныхъ звѣздъ съ короткимъ періодомъ измѣненія яркости; объ этомъ въ высшей степени интересномъ явленіи подробнѣе мы будемъ говорить ниже (§ 214).

§ 198. **Подробныя свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ.** Въ нижеприведенномъ каталогѣ перечислены всѣ тѣ перемѣнныя звѣзды, которыя въ максимумѣ своей яркости достигаютъ всегда или только по временамъ 6-й величины, такъ что легко могутъ быть наблюдаемы невооруженнымъ глазомъ. Число такихъ звѣздъ, насколько намъ извѣстно въ настоящее время, простирается до 72. Кромѣ того, мы прибавили еще цѣлый рядъ такихъ перемѣнныхъ, которыя представляютъ особенный интересъ или благодаря характеру ихъ спектра, или благодаря ихъ взаимной близости, или по какимъ-нибудь другимъ причинамъ. Изъ 120 приведенныхъ ниже звѣздъ только 16 имѣютъ южное склоненіе, превосходящее 30^0, и потому эти звѣзды въ среднихъ широтахъ или совершенно невидимы, или же могутъ быть наблюдаемы лишь съ большимъ трудомъ. Эти числа показываютъ, какъ не полны еще наши свѣдѣнія о перемѣнныхъ звѣздахъ въ южныхъ областяхъ неба, и какое широкое поле дѣятельности въ этомъ направленіи открывается для будущихъ наблюдателей.

Второй столбецъ нашей таблицы содержитъ названія перемѣнныхъ, причемъ надо замѣтить, что, когда въ звѣздныхъ каталогахъ звѣзда не имѣетъ удобнаго обозначенія, то, по предложенію Аргеландера, передъ названіемъ соотвѣтствующаго созвѣздія ставится одна изъ послѣднихъ буквъ алфавита, начиная съ R, по порядку открытія перемѣнныхъ звѣздъ. Но для нѣкоторыхъ созвѣздій, каковы, напримѣръ, Дѣва, Вѣсы, Лебедь, не хватаетъ буквъ алфавита, начиная съ R, для обозначенія всѣхъ перемѣнныхъ въ этихъ созвѣздіяхъ; въ такихъ случаяхъ, по предложенію Гартвига, прибавляютъ другую букву, опять начиная съ R, и пишутъ: RR, RS, RT и т. д., примѣромъ чего можетъ служить звѣзда, помѣщенная въ каталогѣ подъ № 103. Для нѣкоторыхъ новыхъ звѣздъ, а также для весьма немногихъ перемѣнныхъ указано лишь созвѣздіе, гдѣ онѣ находятся, такъ какъ для нихъ еще до сихъ поръ не установлено никакого опредѣленнаго обозначенія.

Въ третьемъ столбцѣ указанъ цвѣтъ перемѣнныхъ для тѣхъ случаевъ, гдѣ онъ установленъ безъ всякаго сомнѣнія; здѣсь буква б означаетъ бѣлый, ж—желтый, о—желтокрасный или оранжевый, к—красный цвѣта, а звѣздочка (*) указываетъ на особенную интенсивность окраски.

Въ двухъ рубрикахъ четвертаго столбца нашей таблицы указаны положенія звѣздъ для 1900 года.

Пятый столбецъ содержитъ періодъ полнаго измѣненія яркости гдѣ онъ точно извѣстенъ, причемъ за единицу времени приняты солнечныя сутки.

Столбцы 6 и 7 заключаютъ наибольшую и наименьшую величину яркости съ точностью до десятыхъ долей звѣздной величины; знакъ $>$ показываетъ, что иногда звѣзда можетъ быть ярче величины, стоящей за этимъ знакомъ, а знакъ $<$ означаетъ, что

№	Названіе звѣзды.	Цвѣтъ.	1900 Пр. Восх.	1900 Скл.	Періодъ въ дняхъ.	Яркость. Макс.	Яркость. Миним.	Имя открывшаго.	Годъ открытія.
1	T Кита	о	0h16·7m	−20° 37′	неправильный	5·1—5·3	6·4—7·0	Чендлеръ	1881
2	T Кассіопеи	к.*	0 17·8	+55 14	H 445·0	7·0—8·0	11·0—11·2	Крюгеръ	1870
3	R Андромеды	о.*	0 18·7	+38 1	410·7	5·6—8·6	<12·8	B. D.	1858
4	B Кассіопеи	.	0 19·3	+63 35	Новая 1572	>1	?	. . . . .	1572
5	α Кассіопеи	о.*	0 34·8	+55 59	Неправильный	2·2	2·8	Бёртъ	1831
6	S Андромеды	о.*	0 37·3	+40 43	Новая 1885	7	?	Гартвигъ.	1885
7	U Цефея	б.*	0 53·4	+81 20	2·493	7·1	9·2	Цераскій	1880
8	R Мастерской Вая-теля	к.*	1 22·4	−33 4	207·5	5·7	7·6—8·0	U. A.	1879
9	T Персея	о.	2 12·2	+58 29	Неправильный	8·2	9·3	Сафарикъ	1880
10	o Кита	к.	2 14·3	− 3 26	331·6	1·7—5·0	8 − 9·5	Д. Фабриціусъ.	1596
11	R Треугольника	о.*	2 31·0	+33 50	262	5·8	11·7	Эспинъ	1890
12	ρ Персея	б.	2 58·8	+38 27	Неправильный	3·4	4·2	I. Ф. Шмидтъ	1854
13	Алголь	б.*	3 1.7	+40 34	2·867	2·3	3·5	Монтанари	1669
14	λ Тельца	б.*	3 55.1	+12 13	3·953	3·4	4·2	Баксендель	1848
15	T Тельца	б.*	4 16·2	+19 18	Неправильный	9·2—11·5	12·8-<13·5	Хиндъ	1861
16	R Тельца	о.*	4 22·8	+ 9 56	325	7·4—9·0	12·8—13·5	Хиндъ	1849
17	S Тельца	ж.	4 23·7	+ 9 43	375·5	9·5—10·0	<13·5	Аудемансъ	1855
18	R Дорадо	к.*	4 35·6	−62 16	. . . . .	5·7	6·7	U. A.	1879
19	ε Возничаго	б.	4 54·8	+43 40	Неправильный	3·0	4·5	I. Ф. Шмидтъ	1843
20	R Зайца	к.*	4 55·0	−14 57	436·1	6—7	8·5 (?)	I. Ф. Шмидтъ	1855
21	R Возничаго	к.	5 9·2	+53 28	460·6	6·5—7·8	12·5—12·7	B. D.	1862
22	S Возничаго	к.	5 20·5	+34 4	Неправильный	9·4—11·0	<14·5	Дюнеръ	1881
23	T Возничаго	.	5 25·6	+30 22	Новая 1892	4·5	. . . . .	Андерсонъ	1892
24	T Ориона	б.	5 30·9	− 5 32	Неправильный	9·7	13	Бондъ	1863
25	Бетегейзе	к.	5 49·8	+ 7 23	Неправильный	1	1·4	Дж. Гершель	1840
26	η Близнецевъ	ж.*	6 8·9	+22 32	231·4	3·2	3·7—4·2	I. Ф. Шмидтъ	1865
27	T Единорога	ж.	6 19·8	+ 7 8	27·004	5·8—6·4	7·4—8·2	Девисъ	1871
28	R Единорога	б.*	6 33·7	+ 8 49	Неправильный	9·5	13	I. Ф. Шмидтъ	1861
29	S Единорога	ж.	6 35·5	+ 9 59	3·443	4·9	5·4	Виннеке	1867
30	ζ Близнецовъ	ж.	6 58·2	+20 43	10·154	3·7	4·5	I. Ф. Шмидтъ.	1844
31	L_2 Арго	к.*	7 10·5	−44 29	136·50	3·5	6·3	U. A.	1879
32	R Большого Пса.	б.*	7 14·9	− 16 12	1·136	5·9	6·7	Савіеръ	1887
33	V Близнецовъ	ж.*	7 17·6	+13 17	277·0	8·2 − 9·1	12·0 - 14·0	Баксендель	1880
34	U Единорога	ж.*	7 26·0	− 9 34	45·20	5·9—7·3	6·6—8·0	U. A.	1879
35	U Малаго Пса	о.*	7 35·9	+ 8 37	410	8·5 - 9·0	12·3—13·5	Баксендель	1879
36	U Близнецовъ	б.*	7 49·2	+22 16	86·3	8·9 - 9·7	13·1	Хиндъ	1855
37	V Арго	.	7 55·4	−48 58	4·5	4·4	5·2	Вильямсъ	1886
38	R Рака	о.*	8 11·0	+12 2	352·81	6·0—8·3	<11·7	Швердъ	1829
39	S Рака	б.	8 38·2	+19 24	9·485	8·2	9·8	Хиндъ	1848
40	T Рака	к.*	8 51·0	+20 14	482	8·0—8·5	9 3—10·5	Хиндъ	1850
41	S Воздушн. Насоса	б.*	9 27·9	−28 11	0·324	6·7	7·3	Поль	1888
42	N Арго	ж.	9 28·2	−56 36	4·25	3·4	4·4	Гульдъ	1871
43	R Арго	о.*	9 29·7	−62 21	311·5	4·3—5·7	9·3—10·0	U. A.	1879
44	R Малаго Льва	к.	9 39·6	+34 58	370·5	6·1—7·8	13	Шёнфельдъ	1863
45	R Льва	к.	9 42·2	+11 54	312·90	5·2—6·7	9·4—10·0	Кохъ	1782
46	l Арго	.	9 42·5	−62 3	35.05	3·7	5.2	U. A.	1879
47	S Арго	о.*	10 6·2	- 61 4	148·7	6·0	9·0—9.2	U. A.	1877
48	U Льва	.	10 18·7	+14 31	. . . . .	9·5	. . . . .	Петерсъ	1873
49	U Гидры	к.*	10 32·6	−12 52	Неправильный	4·5	6·1—6·3	U. A.	1879
50	R Больш. Медвѣд.	ж.	10 37·6	+69 18	302·1	6·0 − 8·2	13·2	Гогсонъ	1853
51	η Арго	о.*	10 41·2	−59 10	Неправильный	>1	7·4	Бурхелль	1827
52	R Чаши	к.*	10 55·6	−17 47	160	>8	<9	Виннеке	1861
53	S Льва	б.*	11 5·7	+ 6 0	190	9·0—10·0	<13	Шакорнакъ	1856
54	T Льва	.	11 33·3	+ 3 56	. . . . .	10 (?)	. . . . .	Петерсъ	1862
55	R Дѣвы	б.	12 33·4	+ 7 32	145·47	6·5—8·0	9·7—11·0	Гардингъ	1809
56	R Мухи	.	12 36·0	−68 52	0·882	6·6	7·4	U. A.	1871
57	R Гидры	к.	13 24·3	−22 46	425·15	3·5—5·5	9·7	Маральди	1704
58	S Дѣвы	ж.	13 27·8	− 6 41	376·4	5·7—7·8	12·5	Хиндъ	1852
59	въ созв. Дѣвы	.	13 29·4	−12 42	. . . . .	5·5	6·5	I. Ф. Шмидтъ	1866
60	W Гидры	к.*	13 43·4	−27 52	384	6·7	8 0	Савіеръ	1888

№	Названіе звѣзды.	Цвѣтъ.	1900 Пр. Восх.	1900 Скл.	Періодъ въ дняхъ.	Яркость. Макс.	Яркость. Миним.	Имя открывшаго.	Годъ открытія.
61	T Волопаса . . .	.	14h 9·4m	+19° 32′	. . . .	9.7	. . . .	Баксендель	1860
62	R Центавра . . .	к.	14 9·4	—59 27	160·5	6·0—6·3	8·7—9·8	U. A.	1879
63	W Волопаса . . .	.	14 39·0	+26 57	Неправильный	5·2	6·1	I. Ф. Шмидтъ	1867
64	R Райской Птицы .	.	14 46·5	—76 15	. . . .	5·5	6·2	U. A.	1879
65	δ Вѣсовъ	б.	14 55·6	— 8 7	2·327	5·0	6·2	I. Ф. Шмидтъ	1859
66	U Вѣсовъ . . .	о.	15 36·2	—20 51	226·2	9	<14	Петерсъ	1878
67	въ созв. Вѣсовъ.	ж.	15 37·8	—10 36	120	6·5	8·8	Вейсъ	1878
68	R Короны	к.	15 44·5	+28 28	Неправильный	5·8	13·0	Пиготтъ	1795
69	R Змѣи	о.	15 46·1	+15 26	357·2	5 6—7·6	13	Гардингъ	1826
70	T Короны	б.	15 55·3	+26 12	Новая 1866	2·0	9·5	. . . . .	1866
71	T Скорпіона . . .		16 11·1	—22 44	Новая 1860	7·0	<12	Ауверсъ	1860
72	R Скорпіона . . .	б.	16 11·7	—22 42	224·5	9·4—10.5	<13	Шакорнакъ	1853
73	S Скорпіона . . .	б.	16 11·7	—22 39	176 7	9·1 - 10·5	<13	Шакорнакъ	1854
74	U Скорпіона . . .	.	16 16·7	—17 41	. . . .	9	. . . .	Погсонъ	1863
75	V Змѣеносца . . .	к.*	16 21·2	—12 12	304	7·0—7·5	9·6 – 10·5	Дюнеръ	1865
76	U Геркулеса . . .	к.	16 21·4	+19 7	409	6·6—7·8	11·4—12·7	Генке	1860
77	g Геркулеса . . .	ж.*	16 25·3	+42 6	Неправильный	4·7—5·5	5·4—6·0	Баксендель	1857
78	R Малой Медвѣдицы.	ж.	16 31·3	+72 28	Неправильный	8·6—9·0	10·5	Пикерингъ	1881
79	S Геркулеса . . .	о.*	16 47·3	+15 7	307·6	5·9—7·5	11·5—13	B. D.	1856
80	въ созв. Змѣеносца	о.*	16 53·9	—12 44	. . . . .	5·5	12·5	Хиндъ	1848
81	α Геркулеса . .	о.*	17 10·1	+14 30	Неправильный	3·1	3·9	В. Гершель	1795
82	U Змѣеносца . . .	б.*	17 11·5	+ 1 19	0·839	6·0	6·7	U. A.	1871
83	u Геркулеса . . .	о.	17 13·6	+33 12	Неправильный	4·6	5·4	I. Ф. Шмидтъ	1869
84	въ созв. Змѣеносца	.	17 24·6	—21 24	Новая 1604	>1	. . . .	. . . .	1604
85	X Стрѣльца . .	б.	17 41·3	—27 48	7·012	4	6	I. Ф. Шмидтъ	1866
86	W Стрѣльца . . .	б.	17 58·6	—29 35	7·595	4·8	5·8	I. Ф. Шмидтъ	1866
87	Y Стрѣльца . .	б.*	18 15·5	—18 54	5·773	5·8	6·6	Савіеръ	1866
88	T Орла	о.	18 40·9	+ 8 47	Неправильный	8·8	10·0	Винекe	1860
89	R Щита Собіескаго.	о.	18 42·1	— 5 49	71·1	4·7—5·7	6·0—9·0	Пиготтъ	1795
90	β Лиры	б.	18 46·4	+33 15	12·908	3·4	4·5	Гудрике	1784
91	κ Павлина	.	18 46·6	—67 21	9·102	4·0	5·5	Томе	1872
92	R Лиры	о.	18 52·3	+43 49	46·0	4 0	4·7	Баксенделль	1856
93	S Южн. Короны .	.	18 54·4	—37 5	. . .	<9·5	13·0	I. Ф. Шмидтъ	1866
94	R Южн. Короны .	.	18 55·1	—37 6	30·6	9·8—11·5	13·2	I. Ф. Шмидтъ	1865
95	T Южн. Короны .		18 55·2	—37 6	. . . . .	<9·8	13	I. Ф. Шмидтъ	1876
96	R Орла	о.*	19 1·6	+ 8 5	351·0	5·9—7·4	10·9—11·5	B. D.	1856
97	β Лебедя	к.	19 34·1	+49 59	425·7	5·9—8·0	<14	Погсонъ	1852
98	11 Лисицы	ж.	19 43·5	+27 4	Новая 1670	3	. . . .	Антельме	1670
99	χ Лебедя.	к.*	19 46·7	+32 40	406·02	4·0—6·5	13·5	Кирхъ	1686
100	η Орла	ж.	19 47·4	+ 0 45	7·176	3·5	4·7	Пиготтъ	1784
101	S Стрѣлы	б.*	19 51·5	+16 22	8·383	5·6	6·4	Горе	1885
102	R Стрѣлы	б.	20 9·5	+16 25	70·52	8·5—8·7	9 8—10·4	Баксендель	1859
103	RS Лебедя	к.*	20 9·8	+38 28	Неправильный	6·8	8·3—10	Эспинъ	1887
104	R Дельфина . . .	о.	20 10 1	+ 8 47	285·5	7·6 – 9·0	11·1—12·8	Генке	1851
105	P Лебедя	ж.	20 14·1	+37 43	Новая 1600	3—5	<6	Янсонъ Блеу	1600
106	U Лебедя	к.*	20 16·5	+47 35	463·5	7.0—S·1	9·4—11·6	Кнотъ	1871
107	V Лебедя	к.*	20 38·1	+47 47	418	6·8—9·5	13·5	Бирмингамъ	1881
108	T Лисицы	б.*	20 47·2	+27 52	4·436	5·5	6,5	Савіеръ	1885
109	Y Лебедя	б.*	20 48·1	+34 17	2·996	7·1	7·9	Чендлеръ	1886
110	T Цефея	к.	21 8·2	+68 5	383·3	5·2—6·8	9·5—9·9	Цераскій	1878
111	W Лебедя	о.	21 32·2	+44 56	130·8	5·0—6 3	6·1—6·7	Горе	1885
112	S Цефея	к.*	21 36·5	+78 10	484	7 4—9·2	11·5	Генке	1858
113	Q Лебедя.	ж.*	21 37·8	+42 23	Новая 1876	3	13·5	I. Ф. Шмидтъ	1876
114	μ Цефея	к.*	21 40·4	+58 19	Неправильный	4	5	Хиндъ	1848
115	δ Цефея	ж.	22 25·5	+57 54	5·366	3·7	4·9	Гудрике	1784
116	β Пегаса.	ж.	22 58·9	+27 32	Неправильный	2·2	2.7	I. Ф. Шмидтъ	1847
117	R Водолея	о.*	23 38·7	—15 50	387·16	5·8—S·5	11	Гардингъ	1811
118	U Пегаса.	.	23 52·9	+15 24	0·223	8·9	9·7	Чендлеръ	1895
119	R Кассіопеи . . .	к.*	23 53·3	+50 50	429·0	4.8—7·0	9·7—12	Погсонъ	1853
120	въ созв. Персея .	.	3 24·9	+43 34	Новая 1901	1	. . . . .	. . . . .	1901

звѣзда иногда бываетъ слабѣе величины, указанной въ таблицѣ. Необходимо замѣтить, что для телескоповъ, при помощи которыхъ обыкновенно производятъ наблюденія надъ перемѣнными, а именно для рефракторовъ съ отверстіемъ объектива отъ 16 до 20 сантиметровъ, 13-я величина представляетъ предѣлъ видимости. Такъ какъ, далѣе, согласно съ предыдущимъ, во время максимумовъ или минимумовъ для нѣкоторыхъ звѣздъ яркость не всегда бываетъ одна и та же, то для подобныхъ случаевъ въ таблицѣ указаны предѣлы, между которыми заключается яркость въ этихъ фазахъ.

Въ предпослѣднемъ столбцѣ нашей таблицы указано имя астронома, открывшаго перемѣнную звѣзду, но только въ тѣхъ случаяхъ, когда оно извѣстно съ полною опредѣленностью, а не въ тѣхъ, когда звѣзда при открытіи достигала значительной яркости и была видима всѣми, или, когда открытіе явилось результатомъ соединенныхъ усилій, какъ, напримѣръ, при боннскихъ наблюденіяхъ (Bonner Durchmusterung) и аргентинскихъ измѣреніяхъ (Uranometria Argentina). Въ этихъ случаяхъ въ столбцѣ стоятъ сотвѣтственно буквы B. D. или U. A. Что касается времени открытія, то здѣсь приведенъ тотъ годъ, когда авторъ впервые опубликовалъ свое открытіе, поэтому для тѣхъ перемѣнныхъ звѣздъ, которыя взяты изъ «Uranometria Argentina» указанъ годъ изданія этого сочиненія (1879), если только въ этомъ послѣднемъ не приведены болѣе точныя данныя относительно ихъ открытія. Что касается источниковъ, по которымъ составлена наша таблица, то за основаніе принятъ каталогъ перемѣнныхъ звѣздъ Чендлера, напечатанный въ 13-мъ томѣ (1893) издаваемаго Гульдомъ журнала «Astronomical Journal», а слѣдующія за таблицей замѣчанія относительно отдѣльныхъ звѣздъ составлены отчасти по второму каталогу перемѣнныхъ звѣздъ Шёнфельда, отчасти по оригинальнымъ статьямъ.

Въ дополненіе къ даннымъ этой таблицы мы приведемъ еще слѣдующія свѣдѣнія объ отдѣльныхъ звѣздахъ.

1. *T* Кита. По временамъ она правильно измѣняетъ свой блескъ, причемъ періодъ равенъ отъ 60 до 70 дней, иногда же ея яркость мѣняется совершенно неправильно.

2. *T* Кассіопеи. Эта звѣзда отличается замѣчательнымъ краснымъ цвѣтомъ.

3. *R* Андромеды. Въ измѣненіяхъ яркости замѣчаются значительныя періодическія неравенства.

4. *B* Кассіопеи. Знаменитая новая звѣзда, описанная датскимъ астрономомъ Тихо-Браге. Первымъ ее замѣтилъ, повидимому, Вольфгангъ Шулеръ въ Виттенбергѣ утромъ 6 ноября 1572 г.; затѣмъ 7 ноября ее видѣлъ Б. Линдауеръ въ Винтертурѣ. Тихо увидѣлъ ее только 11 ноября: идя ночью изъ своей химической лабораторіи по двору своего дома на обсерваторію, онъ замѣтилъ звѣзду, которая во всемъ была похожа на остальныя звѣзды, но сіяла и мерцала гораздо сильнѣе, чѣмъ звѣзды первой величины. Дѣйствительно, она была ярче Сиріуса, Веги и Юпитера, и по блеску ее можно было сравнить только съ Венерой во время ея наибольшей яркости, и при особенной прозрачности воздуха она была видна даже въ полдень. Тщательно измѣряя разстоянія ея отъ окружающихъ звѣздъ во все время ея видимости, Тихо убѣдился, что это была неподвижная звѣзда. Въ декабрѣ 1572 г. ея блескъ сталъ уменьшаться, и звѣзда по яркости сдѣлалась равной Юпитеру; въ январѣ 1573 г. она была уже слабѣе Юпитера. Дальнѣйшія оцѣнки яркости новой звѣзды показали, что въ февралѣ и мартѣ она была звѣздой первой величины, въ апрѣлѣ и маѣ—второй, въ іюлѣ и августѣ—третьей, въ октябрѣ и ноябрѣ—четвертой. Съ декабря 1573 г. до февраля 1574 г. она изъ звѣзды пятой величины обратилась въ звѣзду шестой величины. Въ слѣдующемъ мѣсяцѣ она уже исчезла для невооруженнаго глаза, причемъ всего она была видима, такимъ образомъ, 17 мѣсяцевъ. Съ тѣхъ поръ ее больше не видѣли. Когда эта звѣзда только появилась, ея цвѣтъ былъ ослѣпительно бѣлый; въ январѣ 1573 г. онъ уже не былъ такъ ослѣпителенъ и сдѣлался желтоватымъ. Еще черезъ нѣсколько мѣсяцевъ звѣзда приняла красный

оттѣнокъ и получила, такимъ образомъ, сходство съ Марсомъ или Альдебараномъ, а въ началѣ 1574 года, за два или три мѣсяца до совершеннаго исчезновенія, она сдѣлалась уже сѣрой или свинцовой, на подобіе Сатурна. По мнѣнію Гудрике новыя звѣзды 945 и 1264 годовъ, о которыхъ упоминаетъ Леовиціи, тождественны со звѣздой 1572 г., и потому онъ полагаетъ, что эта звѣзда обладаетъ періодомъ измѣненія яркости, равнымъ 150 или 300 годамъ. Однако, первыя два появленія слишкомъ недостовѣрны, чтобы на нихъ можно было основывать такое утвержденіе. Еще болѣе сомнительными являются предположенія Кардона, Хладни и Клинкерфюса, что эта звѣзда тождественна съ библейской звѣздой волхвовъ.

Но такъ какъ, допуская тождественность этихъ трехъ звѣздъ, съ 1880 г. можно было каждую минуту ожидать ея новаго появленія, то Аргеландеръ въ 1864 г. опубликовалъ приведенія измѣренныхъ Тихо-Браге разстояній отъ этой звѣзды до другихъ сосѣднихъ и на основаніи этихъ приведеній вычислилъ вѣроятнѣйшее положеніе звѣзды, которое и дано въ предыдущей таблицѣ.

Кромѣ того, Д'Арре при помощи копенгагенскаго рефрактора составилъ карту довольно значительной области вокругъ этого вѣроятнѣйшаго положенія звѣзды Тихо-Браге, причемъ онъ наносилъ на карту самыя слабыя звѣздочки, какія только можно было различить, чтобы, такимъ образомъ, легче было слѣдить за этой частью неба и чтобы быстрѣе можно было замѣтить перемѣны, если бы таковыя произошли. Во время этой работы приблизительно на томъ мѣстѣ, гдѣ по Аргеландеру должна находиться звѣзда Тихо-Браге, а именно всего въ 49″ отъ вѣроятнѣйшаго ея положенія, онъ замѣтилъ звѣздочку 10-ой—11-ой величины, которой при прежнихъ обозрѣніяхъ неба не видѣли ни въ Або, ни въ Боннѣ. Въ 1873 году Хиндъ и Плуммеръ замѣтили, какъ они полагаютъ, слѣды измѣненія ея яркости, но колебанія во всякомъ случаѣ не превышали одной звѣздной величины.

5. α Кассіопеи. Звѣздная величина этой красноватой звѣзды во время максимума и минимума яркости рѣдко достигаетъ указанныхъ въ таблицѣ предѣловъ, и по большей части измѣненія ея яркости лежатъ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденій.

6. *S* Андромеды. Эта новая звѣзда, по показаніямъ Макса Вольфа, загорѣлась между 16 и 25 августа 1885 года около яркаго центральнаго свѣтового узла въ большой туманности въ созвѣздіи Андромеды. Первыми опредѣленными свѣдѣніями относительно этой звѣзды мы обязаны барону фонъ-Шписсену, который замѣтилъ ее вечеромъ 30 августа. Сначала она обладала красноватымъ цвѣтомъ, и такъ какъ ея яркость достигала 6 или 7 величины, то она своимъ блескомъ затмила прилежащія части туманности, и это обстоятельство настолько измѣнило видъ всей туманности, что многіе наблюдатели заподозрили значительныя измѣненія въ этой послѣдней. Но туманность скоро приняла опять свой прежній видъ, такъ какъ яркость звѣзды быстро уменьшилась, и уже въ началѣ 1886 года, послѣ различныхъ колебаній въ силѣ свѣта, звѣзда опять совершенно исчезла. Спектръ звѣзды во все время, пока за нимъ можно было слѣдить, оставался непрерывнымъ, и только Фогель полагаетъ, что иногда ему удавалось замѣтить свѣтлыя линіи въ особенно интенсивныхъ красной и желтой частяхъ.

7. *U* Цефея. Значительныя измѣненія яркости этой звѣзды, замѣченныя впервые Ольтценомъ при обработкѣ наблюденій, произведенныхъ Швердомъ въ 1827 и 1828 годахъ, уже тогда не оставили почти никакого сомнѣнія относительно того, что звѣзда принадлежитъ къ числу перемѣнныхъ, но съ полною достовѣрностью измѣнчивость яркости этой звѣзды была установлена послѣ того, какъ Цераскій началъ производить надъ ней систематическія наблюденія. Періодъ измѣненій яркости этой звѣзды равенъ 10 часамъ, и звѣзда принадлежитъ къ типу Алголя; ея яркость увеличивается быстрѣе, чѣмъ умеьшается, причемъ во время минимума въ теченіе 2 часовъ она остается безъ

измѣненій, и только послѣ этого сила свѣта снова начинаетъ возрастать. По Кноту нѣкоторыя изъ сосѣднихъ звѣздъ тоже перемѣнныя.

8. *R* Мастерской Ваятеля. По Гульду это одна изъ самыхъ яркоокрашенныхъ звѣздъ небеснаго свода.

9. *T* Персея. По Сафарику нѣкоторыя изъ окружающихъ звѣздъ тоже красноватыя и, повидимому, перемѣнныя.

10. *o* Кита. Это первая по времени открытія перемѣнная звѣзда. Гевелій назвалъ ее «Удивительной». Изъ всѣхъ систематически наблюдавшихся перемѣнныхъ звѣздъ она представляетъ наиболѣе значительныя колебанія яркости. Еще Гольварда и Буіо (Boulliaud) во второй половинѣ XVII столѣтія нашли періодъ измѣненій яркости равнымъ 333 днямъ; однако, онъ часто подвергается значительнымъ колебаніямъ. * Свѣтовая кривая этой звѣзды, графически представляющая измѣненія ея яркости, изображена на рис. 239. *

13. β Персея или Алголь. Это вторая по времени открытія перемѣнная звѣзда. Еще въ 1667 и 1669 годахъ Монтанари и Маральди замѣтили измѣненіе ея яркости; но только Гудрике въ 1782 году открылъ періодичность этихъ измѣненій, на что почти одновременно съ нимъ указалъ также извѣстный астрономъ-любитель въ Дрезденѣ Паличшъ, тотъ самый, который въ 1759 году на цѣлый мѣсяцъ раньше всѣхъ астрономовъ Европы увидѣлъ комету Галлея. Періодъ измѣненій яркости этой звѣзды былъ опредѣленъ сравнительно такъ поздно потому, что ея яркость увеличивается и уменьшается не постепенно, какъ у большей части перемѣнныхъ, но въ теченіе 2-хъ дней и 12 часовъ Алголь остается безъ всякихъ измѣненій звѣздой 2,2 величины, а затѣмъ въ теченіе 9 часовъ его яркость быстро уменьшается и доходитъ до 4-й величины.

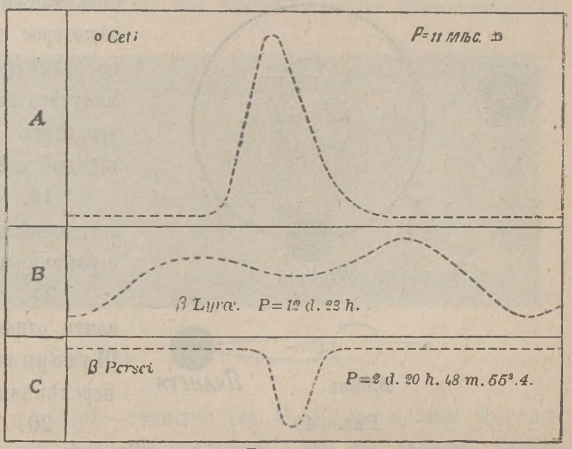


Рис. 239.

Уменьшеніе и увеличеніе яркости происходятъ не совсѣмъ равномѣрно, но вблизи минимума яркость мѣняется быстрѣе всего, благодаря чему весьма точно до 10 или 15 минутъ можно опредѣлить эпоху наименьшей яркости. Замѣчательно еще то, что яркость звѣзды сначала увеличивается приблизительно въ теченіе часа, затѣмъ почти столько же времени остается безъ измѣненій и только уже послѣ этого снова начинаетъ возрастать. * Свѣтовая кривая, изображающая графически измѣненія яркости Алголя, представлена на рис. 239. * По опредѣленію Вурма въ 1822 г. періодъ Алголя равнялся 2 днямъ 20 часамъ 48 мин. 58,5 сек. и, какъ замѣтилъ еще Аргеландеръ, пользуясь этой величиной періода, можно удовлетворительно представить всѣ наблюденія до 1832 года; но съ 1840 года замѣчается постоянная разность между вычисленіями и наблюденіями, которая въ 1854 году достигла уже 2,5 часовъ, такъ что нельзя болѣе сомнѣваться въ томъ, что продолжительность періода съ теченіемъ времени измѣнилась. Чендлеръ въ результатѣ своихъ весьма полныхъ изслѣдованій нашелъ, что періодъ измѣненій яркости, равный во времена Гудрике (около 1783 года) 2 дн. 20 час. 48 мин. 58,5 сек., къ концу столѣтія увеличился приблизительно на 2 сек.; къ 1808 году онъ снова уменьшился на 3^s, послѣ чего, измѣняясь неравномѣрно, онъ къ 1830 году достигъ той величины, которую имѣлъ въ концѣ предыдущаго столѣтія. Вскорѣ послѣ этого началось опять быстрое убы-

ваніе періода, приблизительно на 0,5 сек. въ годъ, такъ что къ 1843 году онъ уменьшился болѣе, чѣмъ на 5^s. Затѣмъ измѣненіе періода пошло медленнѣе, и не такъ равномѣрно, и къ 1858 году онъ уменьшился еще на 1 сек. Съ 1858 до 1866 года продолжительность періода опять увеличилась приблизительно на 1,5 сек. съ тѣмъ, чтобы къ 1877 году снова уменьшиться до 2 дн. 20 час. 48 мин. 51,1 сек. Эта послѣдняя величина сохраняется почти безъ всякихъ измѣненій и до сихъ поръ. Эти колебанія періода измѣненій яркости Чендлеръ объясняетъ совмѣстнымъ вліяніемъ трехъ періодическихъ неравенствъ, изъ которыхъ первое, самое значительное, имѣетъ періодомъ 130, второе — 38 и третье—17 лѣтъ.

Еще Гудрике сдѣлалъ предположеніе, что измѣненія яркости Алголя происходятъ вслѣдствіе того, что часть его свѣта задерживается обращающимся около этой звѣзды темнымъ спутникомъ (рис. 240); но только въ наши дни такое объясненіе было научно обосновано Пикерингомъ, а Фогель, кромѣ того, доказалъ справедливость такой гипотезы спектроскопическими наблюденіями. Далѣе Чендлеръ старается объяснить главное изъ упомянутыхъ выше періодическихъ неравенствъ въ продолжительности періода измѣненій яркости существованіемъ еще темнаго центральнаго тѣла, вокругъ котораго обращается самъ Алголь съ своимъ темнымъ спутникомъ; но по замѣчанію Тиссерана, это явленіе можетъ зависѣть также отъ того, что главная звѣзда имѣетъ нѣкоторое сжатіе, а темный спутникъ движется по эллиптической орбитѣ, и для объясненія упомянутаго неравенства достаточно, чтобы эксцентриситетъ орбиты былъ равенъ $^1/_8$, а сжатіе главной звѣзды $^1/_{288}$.

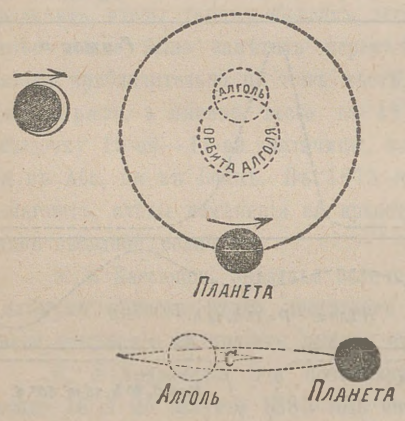


Рис. 240.

14. λ Тельца. Звѣзда типа Алголя. Продолжительность измѣненій яркости въ этомъ случаѣ ограничивается 10-тью часами.

15. T Тельца. Эта звѣзда была открыта почти одновременно Хиндомъ, Ауверсомъ и Шакорнакомъ. Къ югу отъ нея находится перемѣнная туманность (§ 214).

20. R Зайца. Вслѣдствіе замѣчательной окраски этой звѣзды, Хиндъ назвалъ ее «Crimson star» (кармазиновой звѣздой)

21. R Возничаго. При увеличеніи яркости этой звѣзды наблюдается рѣдкое явленіе, состоящее въ томъ, что за два, а иногда и за четыре мѣсяца до максимума звѣзда, достигнувъ приблизительно девятой величины, въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени сохраняетъ эту яркость неизмѣнной. Кромѣ того, возрастаніе яркости происходитъ вообще медленнѣе, чѣмъ убываніе. Нѣчто подобное же наблюдается и у перемѣнной звѣзды T Близнецовъ ($AR = 7^h\ 43{,}3^m$, $D = +23^0\ 59'$).

22. S Возничаго. Спектръ этой звѣзды относится къ типу III b.

23. T Возничаго. Первое свѣдѣніе объ этой звѣздѣ было доставлено Ф. Андерсономъ, который замѣтилъ ее въ первый разъ, по всей вѣроятности, еще утромъ 23 января 1892 года и затѣмъ неоднократно наблюдалъ ее въ теченіе слѣдующей недѣли, принимая ее за сосѣднюю звѣзду 26 Возничаго, пока, наконецъ, 30 января онъ не замѣтилъ своей ошибки и не убѣдился, что передъ нимъ новая звѣзда. Какъ только это стало извѣстнымъ, Пикерингъ предпринялъ еще разъ тщательное изслѣдованіе многочисленныхъ фотографическихъ снимковъ этой области неба, полученныхъ на обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа, и пришелъ къ слѣдующимъ интереснымъ заключеніямъ относительно первоначальной исторіи этой звѣзды. На 18 снимкахъ, снятыхъ съ 3 ноября 1885 года до 2 ноября 1891 года и содержащихъ звѣзды до 11-й величины включительно, нѣтъ никакихъ слѣдовъ новой

звѣзды; къ 1 декабря было получено еще нѣсколько пластинокъ, на которыхъ запечатлѣлись только звѣзды до 6-ой величины, но новой и на этихъ пластинкахъ нѣтъ. Въ первый разъ она появляется на фотографической пластинкѣ 10 декабря 1891 г. какъ звѣзда 5,4 величины; къ 18 декабря яркость ея увеличилась до 4,4 величины, а затѣмъ снова стала уменьшаться, и 20 января новая была 5,2 величины; нѣсколько дней спустя послѣ этого, т.-е. тогда, когда прошло болѣе мѣсяца послѣ максимума яркости новой звѣзды, Андерсонъ замѣтилъ ее невооруженнымъ глазомъ. Затѣмъ яркость, послѣ нѣсколькихъ колебаній то въ ту, то въ другую сторону, стала быстро уменьшаться, и 26 апрѣля звѣзда исчезла даже для огромнаго рефрактора ликской обсерваторіи. 17 августа она снова появилась, но теперь уже въ видѣ туманнообразной звѣзды 10—11-ой величины, такъ что, если бы первое ея появленіе не было замѣчено, то теперь ее можно было бы принять за планетарную туманность. Съ измѣненіемъ вида самой звѣзды измѣнился и видъ ея спектра. При первомъ появленіи звѣзды ея спектръ (рис. 241) на первый взглядъ очень походилъ на спектръ другихъ, ранѣе появлявшихся, новыхъ звѣздъ, въ особенности на спектръ новой 1876 года въ созвѣздіи Лебедя (№ 113). Но при измѣреніи фотографическихъ снимковъ оказалось, что здѣсь мы имѣемъ дѣло со сложнымъ спектромъ, подобнымъ тому, который наблюдался у многихъ другихъ перемѣнныхъ звѣздъ (§ 195). По изслѣдованіямъ Фогеля, онъ состоялъ изъ двухъ непрерывныхъ спектровъ, изъ которыхъ одинъ былъ прорѣзанъ

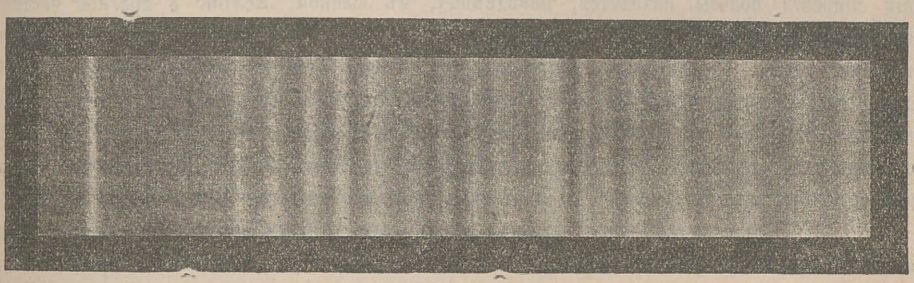


Рис. 241.

многочисленными свѣтлыми линіями, а другой—темными (ср. № 70); по мнѣнію Фогеля, на основаніи нѣкоторыхъ сложныхъ явленій можно заключить, что въ данномъ случаѣ даже три спектра были наложены другъ на друга. При второмъ появленіи звѣзды ея спектръ состоялъ просто изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій или изъ цѣлыхъ группъ такихъ линій и отличался отъ спектра туманности, по изслѣдованіямъ Кемпбелля, не болѣе, чѣмъ вообще отличаются другъ отъ друга спектры различныхъ туманностей.

По наблюдавшимся въ срединѣ февраля 1892 года смѣщеніямъ (§ 183) темныхъ и свѣтлыхъ линій налегающихъ другъ на друга спектровъ Фогель заключилъ, что матерія, которая давала спектръ съ темными линіями, двигалась къ землѣ по направленію луча зрѣнія съ колоссальной скоростью въ 670 кил. въ сек., а матерія, дававшая свѣтлыя линіи, удалялась отъ земли на 480 кил. въ сек. Во время второго появленія звѣзды, наблюденія Кемпбелля, произведенныя въ началѣ сентября 1892 года, обнаруживали еще приближеніе туманности къ землѣ со скоростью 300 кил. въ сек.; въ февралѣ 1893 года скорость уменьшилась почти до нуля, а въ сентябрѣ 1893 г. она снова возросла до 90 кил. въ сек.

Съ августа 1892 года яркость звѣзды еще неоднократно подвергалась неправильнымъ колебаніямъ, причемъ, напр., въ 1895 году она снова достигла 10-ой величины.

24. *T* Оріона. Изъ многихъ, по всей вѣроятности, также перемѣнныхъ, звѣздъ въ туманности Оріона эта звѣзда обладаетъ наиболѣе значительными измѣненіями яркости,

которыя были весьма точно изучены Шмидтомъ. На 0,5° къ югу и 0,7° къ сѣверо-западу отъ нея находятся другія перемѣнныя.

28. *R* Единорога. Эта звѣзда находится въ головѣ свѣтлой кометообразной туманности.

29. *S* Единорога = 15 Единорога, по обозначенію Фламстида. Это главная звѣзда широко разбросанной звѣздной кучи; она имѣетъ двухъ спутниковъ 9-ой и 11 — 12-ой величинъ на разстояніи 2,8″ и 16″.

30. ζ Близнецовъ. Еще Вурмъ въ 1785 г. подозрѣвалъ, что эта звѣзда перемѣнная.

31. L_2 Арго. Во время максимума яркость звѣзды мѣняется весьма быстро, красный цвѣтъ особенно бросается въ глаза во время слабыхъ фазъ. Въ 15ˢ къ западу и въ 32′ къ югу лежитъ звѣзда L_1 Арго, тоже, повидимому, перемѣнная.

32. *R* Большого Пса. Эта звѣзда принадлежитъ къ звѣздамъ типа Алголя. Измѣненія яркости продолжаются въ теченіе 5 часовъ.

33. *V* Близнецовъ лежитъ въ срединѣ маленькой группы, состоящей изъ 7—8 звѣздъ.

35. *U* Малаго Пса. Эта звѣзда обладаетъ, по изслѣдованіямъ Фогеля, очень интереснымъ и весьма характернымъ полосатымъ спектромъ, въ которомъ болѣе преломляемыя части настолько сильно поглощены, что на первый взглядъ получается впечатлѣніе, будто мы наблюдаемъ лишь половину спектра. Впрочемъ, въ очень слабыхъ голубой и фіолетовой его частяхъ все же ясно замѣтны три широкія темныя полосы. Многія другія, хотя и не такія широкія полосы, находятся, повидимому, въ зеленой, желтой и красной частяхъ спектра; однако, точно опредѣлить положеніе этихъ полосъ нельзя, такъ какъ весь спектръ слишкомъ слабъ. Подобнымъ характеромъ, но только не въ столь рѣзкой формѣ, отличается и спектръ одной желтой звѣздочки, находящейся нѣсколько къ западу. Около этой звѣзды въ 6,5ˢ къ востоку и въ 1,6′ къ сѣверу Шмидтъ 1 апрѣля 1879 года замѣтилъ еще одну звѣздочку 9-ой величины, которая, по Баксенделю, исчезла уже черезъ часъ послѣ того, какъ была замѣчена; и съ тѣхъ поръ ее, кажется, никто болѣе не видѣлъ.

36. *U* Близнецовъ—самая загадочная изъ перемѣнныхъ звѣздъ. Въ теченіе весьма продолжительнаго времени она обладаетъ наименьшею яркостью, затѣмъ ея яркость часто съ удивительной быстротой увеличивается до максимума и затѣмъ въ теченіе 5—10 дней снова уменьшается до минимума. Продолжительность періода всѣхъ этихъ измѣненій колеблется отъ 2 до 5 мѣсяцевъ. На той же параллели въ 18ˢ къ востоку Виннеке открылъ другую перемѣнную.

39. *S* Рака. Эта звѣзда опять принадлежитъ къ типу Алголя; продолжительность періода составляетъ 21,5 часовъ, причемъ 8,5 часовъ приходится на уменьшеніе и 13 часовъ—на увеличеніе яркости.

43. *R* Арго. Максимальную яркость звѣзда сохраняетъ въ теченіе весьма короткаго промежутка времени; красноватый оттѣнокъ особенно замѣтенъ во время минимума.

48. *U* Льва въ «Bonner Durchmusterung» Аргеландера отмѣчена какъ звѣзда 9,5 величины; по наблюденіямъ Петерса, въ началѣ 1873 г. она была 11-ой величины; 30 декабря 1873 г. она перестала быть видимой.

51. η Арго—очень интересная звѣзда. Еще Галлей, во время своего пребыванія на островѣ Св. Елены въ 1677 году, замѣтилъ перемѣнность многихъ звѣздъ, находящихся въ созвѣздіи Корабля Арго; но при несовершенствѣ своихъ оцѣнокъ яркости этихъ звѣздъ, онъ не могъ прійти ни къ какому опредѣленному результату. По его оцѣнкѣ, η Арго была звѣздой 4-ой величины. Лакайль въ 1751 г. нашелъ, что она была 2-ой величины. Но послѣ этого ея яркость снова уменьшилась, такъ какъ, по оцѣнкѣ Бурхелля, отъ 1811 до 1815 года она была, какъ и по наблюденіямъ Галлея, 4-ой величины. Фалловсъ и Брисбенъ съ 1822 до 1828 года считали ее звѣздой 2-ой величины, а Бурхелль въ февралѣ 1827 года нашелъ, что она была первой величины и равнялась по яркости звѣздѣ

α Креста; черезъ годъ послѣ этого она опять сдѣлалась звѣздой лишь второй величины и эту яркость сохранила до 1837 года. Въ декабрѣ же 1837 года Д. Гершель нашелъ, что она по своей яркости почти равнялась α Центавра и во всякомъ случаѣ превосходила всѣ звѣзды первой величины, за исключеніемъ Сиріуса и Канопуса. 2 января 1838 года, она достигла максимума своей яркости, но вскорѣ послѣ этого сдѣлалась слабѣе Арктура и до марта 1843-года, несмотря на постоянное уменьшеніе яркости, оставалась звѣздой первой величины. Въ апрѣлѣ 1843 года ея яркость опять настолько увеличилась, что, по наблюденіямъ Макаи въ Калькуттѣ и Меклира на мысѣ Доброй Надежды, она опять почти сравнялась съ Сиріусомъ. Въ такомъ положеніи она оставалась до начала 1850 года, когда Гиллисъ, во время своего путешествія въ Чили, нашелъ ея яркость равной яркости Канопуса. Послѣ этого ея яркость снова стала убывать, и, по Поуэллю, въ 1850 г. она достигла 3-ей, а въ 1861 году 4,3 величины; такую же яркость приписалъ ей капитанъ Якобъ въ 1862 году, во время своихъ наблюденій въ пути, при возвращеніи изъ Индіи въ Европу. Въ 1867 году она сдѣлалась едва доступной для невооруженнаго глаза, а съ 1871 до 1878 года ея величина уменьшилась съ 6,6 до 7,4. Эта звѣзда расположена среди большой туманности, которая, по наблюденіямъ нѣкоторыхъ астрономовъ, сама претерпѣваетъ измѣненія (§ 213); кромѣ того, вблизи отъ нея находится еще нѣсколько другихъ перемѣнныхъ звѣздъ и, между прочимъ, T Арго (прям. восх. $= 10^h\ 51{,}3^m$, склон. $= -59^o\ 54'$).

52. R Чаши. Дж. Гершель эту звѣзду назвалъ: scarlet, almost blood colour (багровая, почти кровяного цвѣта).

53. S Льва принадлежитъ къ числу немногихъ перемѣнныхъ, у которыхъ яркость увеличивается медленнѣе, чѣмъ уменьшается.

54. T Льва. Въ 1863 году была невидима, въ началѣ 1865 года ее опять можно было наблюдать; съ 1866 года она снова исчезла, и только существуютъ нѣкоторыя указанія, что она, можетъ-быть, появлялась въ февралѣ 1874 года.

56. R Мухи. Это первая перемѣнная звѣзда, открытая благодаря систематическимъ наблюденіямъ съ цѣлью составленія «Uranometria Argentina». Во время максимума своей яркости она находится для зоркаго глаза какъ-разъ на границѣ видимости, поэтому она иногда бываетъ видима, иногда невидима. Полный періодъ измѣненій яркости составляетъ 21 часъ 10 минутъ, изъ которыхъ 13,5 часовъ приходится на ея уменьшеніе и только 7,7 на увеличеніе.

57. R Гидры. Эту звѣзду, повидимому, наблюдалъ еще Гевелій въ апрѣлѣ 1662 г. и причислилъ ее къ звѣздамъ 6-ой величины, а въ апрѣлѣ 1672 г. Монтанари считалъ ее звѣздой 4-ой величины. Продолжительность періода для этой звѣзды, несомнѣнно, значительно уменьшилась съ тѣхъ поръ, какъ начались ея тщательныя наблюденія. Дѣйствительно, по изслѣдованіямъ Чендлера, періодъ ея былъ равенъ за промежутокъ времени съ 1662 до 1704 года (отъ Гевелія до Маральди), по всей вѣроятности, 521,4 днямъ въ эпоху Маральди (1704—1712) онъ составлялъ 505 дней; съ 1708 до 1784 года (отъ Маральди до Пиготта) онъ равнялся 502,6 днямъ, а съ 1784 до 1877 года онъ уменьшился съ 485,5 до 436,2 дней, причемъ это уменьшеніе происходило равномѣрно, если не обращать вниманія на нѣкоторыя періодическія неправильности.

59. Безыменная звѣзда въ созвѣздіи Дѣвы. Предположеніе объ ея перемѣнности впервые было высказано І. Ф. Шмидтомъ въ 1866 году; но особенный интересъ эта звѣзда представляетъ потому, что ее наблюдалъ, повидимому, еще Птоломей.

61. T Волопаса. Съ 9 по 23 апрѣля 1860 года яркость ея отъ 9,7 величины уменьшилась настолько, что звѣзда перестала быть видимой, и до сихъ поръ не было

замѣчено никакихъ ея слѣдовъ. Вѣроятно, это была новая звѣзда, открытая незадолго до ея исчезновенія.

62. *R* Центавра. Ея свѣтло-красный цвѣтъ былъ замѣченъ еще Дж. Гершелемъ.

65. δ Вѣсовъ. Звѣзда принадлежитъ къ типу Алголя; періодъ измѣненій яркости составляетъ 12 часовъ.

66. *U* Вѣсовъ. На той же параллели въ 5,8 минутахъ передъ ней и въ 4,5 минутахъ позади нея находятся еще двѣ перемѣнныя звѣзды, именно *X* и *Z* Вѣсовъ, открытыя также Петерсомъ.

67. Безыменная звѣзда въ созвѣздіи Вѣсовъ. Въ $1^m\ 5^s$ къ западу и въ $13'$ къ югу отъ нея находится двойная звѣзда, у которой, какъ предполагалъ еще В. Струве, по крайней мѣрѣ, одна изъ составляющихъ перемѣнная.

68. *R* Короны. Измѣненія ея яркости въ высшей степени неправильны. Почти на томъ же кругѣ склоненія и только на $7'$ южнѣе І. Ф. Шмидтъ открылъ другую перемѣнную звѣзду.

70. *T* Короны. Эта замѣчательная звѣзда, отмѣченная еще въ «Bonner Durchmusterung» какъ звѣзда 9.5 величины, въ маѣ 1866 года вдругъ увеличилась въ яркости и сравнялась по своему блеску съ α Короны (Геммой), т.-е. достигла 2-ой величины. Первыя точныя наблюденія были сдѣланы 12 мая Бирмингамомъ въ Туамѣ въ Ирландіи и Фаргубаромъ въ Вашингтонѣ; на слѣдующую ночь ее замѣтили Шмидтъ въ Аѳинахъ и Курбебайсъ въ Рошфорѣ; а съ 14 мая она наблюдалась уже повсемѣстно. Баркеръ утверждалъ даже, что еще 4 мая онъ наблюдалъ въ Лондонѣ (въ Западной Канадѣ) увеличеніе яркости этой звѣзды и что, кромѣ того, видѣлъ ее невооруженнымъ глазомъ весною 1864 или 1865 года; однако, Шмидтъ, Баксендель и Курбебайсъ, лучшіе знатоки этой области неба, рѣшительно опровергли это. Уже 13 мая яркость звѣзды значительно уменьшилась, а 20 мая звѣзда сдѣлалась телескопической, т.-е. стала слабѣе 6-ой величины, и съ тѣхъ поръ, судя по наблюденіямъ Шмидта, простирающимся до конца 1882 г., яркость ея уменьшалась, вообще говоря, непрерывно, хотя и очень медленно, причемъ она сдѣлалась слабо перемѣнной звѣздой съ весьма продолжительнымъ періодомъ. Эта звѣзда во время своей вспышки казалась Баксенделю желтой, подернутой голубоватой дымкой. Гуггинсъ 16 мая, въ первый день своихъ наблюденій, нашелъ, что звѣзда была окружена слабой туманностью, слѣды которой онъ видѣлъ еще 17 мая. При помощи спектроскопа, Гуггинсъ обнаружилъ, что свѣтъ этой звѣзды исходилъ отъ двухъ источниковъ, такъ какъ онъ ясно видѣлъ два, наложенные другъ на друга спектра (рис. 242): одинъ изъ нихъ былъ такого же характера, какъ и спектръ солнца и происходилъ, слѣдовательно, отъ лучей, испускаемыхъ раскаленнымъ твердымъ тѣломъ или жидкой фотосферой, которыя къ тому же были окружены поглощающей средой болѣе низкой температуры; другой спектръ принадлежалъ раскаленному газу, такъ какъ состоялъ изъ свѣтлыхъ линій. Что этотъ послѣдній спектръ не принадлежалъ вышеупомянутой туманности, на это указывали, во-первыхъ, яркость свѣтлыхъ линій, а, во-вторыхъ, также и то обстоятельство, что эти линіи не выходили за предѣлы непрерывнаго спектра. Положеніе линій показывало, что свѣтящійся газъ состоялъ, главнымъ образомъ, изъ водорода. Гуггинсъ предполагаетъ, что вслѣдствіе какой-нибудь катастрофы освободилось большое количество газа, и что водородъ при соединеніи съ другими элементами воспламенился и далъ въ спектрѣ свѣтлыя линіи, значительно повысивъ въ то же время температуру фотосферы.

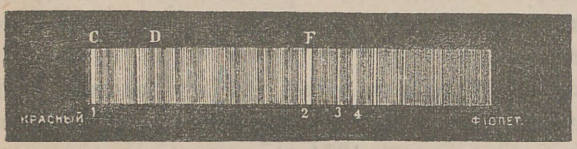


Рис. 242.

Какъ только истощился запасъ водорода, всѣ явленія прекратились, и звѣзда, повидимому, снова погасла.

71. *T* Скорпіона. Эта звѣзда была открыта Ауверсомъ, а черезъ семь дней спустя, независимо отъ него, Погсономъ и находится въ шарообразномъ звѣздномъ скопленіи Мессье 80 (§ 202). 18 мая 1860 года ея еще не было видно, а 21 мая Ауверсъ уже ясно ее различалъ; однако, яркость этой звѣзды такъ быстро уменьшалась, что 16 іюня ее нельзя было отличить отъ свѣтлаго фона звѣздной кучи, на границахъ которой находятся еще двѣ перемѣнныя звѣзды (№№ 72 и 73). Шёнфельдъ 1 іюня 1869 года видѣлъ, правда очень неясные, слѣды этой звѣзды.

74. *U* Скорпіона. По наблюденіямъ Погсона 20 мая 1863 г., она была 9-ой величины, но уже 28 мая яркость ея уменьшилась до 12-ой величины, а 1 іюня, во время полнаго луннаго затменія, ея совсѣмъ не было видно. Насколько извѣстно, эта звѣзда съ тѣхъ поръ не появлялась вновь.

75. *V* Змѣеносца (Офіуха). Перемѣнность этой звѣзды, благодаря ея цвѣту, была заподозрѣна еще раньше Бакс енделемъ. Ея спектръ, по изслѣдованіямъ Дюнера, относится къ типу III *b* и во время максимума обнаруживаетъ три свѣтлыхъ зоны, изъ которыхъ во время минимума видны только двѣ.

78. *R* Малой Медвѣдицы. Такъ какъ эта звѣзда обладаетъ особеннымъ полосатымъ спектромъ, то Пикерингъ еще въ январѣ 1881 года подозрѣвалъ, что она можетъ быть перемѣнной; поэтому онъ сталъ производить надъ ней систематическія наблюденія и въ результатѣ получилъ подтвержденіе своей догадки.

80. Безыменная звѣзда въ созвѣздіи Змѣеносца (Офіуха). Хиндъ, открывшій эту звѣзду, еще 3—5 апрѣля 1848 года на ея мѣстѣ не видѣлъ никакого небеснаго объекта 9,5 величины или ярче, а между тѣмъ 27 апрѣля, по его оцѣнкѣ, звѣзда была уже 6-ой величины. Съ тѣхъ поръ яркость ея значительно уменьшилась, и теперь, безъ значительныхъ измѣненій съ 1867 года, она остается 12—13-ой величины.

81. α Геркулеса. Измѣненія ея яркости очень неправильны и иногда даже бываютъ едва замѣтны.

82. *U* Змѣеносца (Офіуха). Еще Шіелльерупъ, вслѣдствіе значительнаго разногласія въ оцѣнкахъ яркости этой звѣзды, въ примѣчаніяхъ къ своему каталогу отмѣтилъ ее какъ перемѣнную; однако, на это не было обращено, повидимому, никакого вниманія. Эта звѣзда является очень интереснымъ представителемъ перемѣнныхъ типа Алголя; за періодъ измѣненій ея яркости сначала считали, какъ и у δ Вѣсовъ и др., промежутокъ времени, кратный истинному періоду, что объясняется чрезвычайною краткостью этого послѣдняго, и только Чендлеръ впервые открылъ, что звѣзда почти въ теченіе 16-ти часовъ сіяетъ полнымъ своимъ блескомъ, и что измѣненія яркости отъ максимума до минимума и затѣмъ обратно совершаются всего въ $4^1/_2$ часа. Кромѣ того, Чендлеръ обнаружилъ въ длинѣ періода нѣкоторыя неравенства, правильнымъ образомъ повторяющіяся черезъ каждыя 37 лѣтъ, и эти неравенства, какъ и въ случаѣ Алголя, онъ старался объяснить вліяніемъ третьяго темнаго тѣла; однако, гораздо проще было бы предположить, что эти неравенства обусловливаются эксцентричностью и сжатіемъ орбитъ двухъ главныхъ тѣлъ, почти соприкасающихся другъ съ другомъ.

84. Безыменная звѣзда въ созвѣздіи Змѣеносца. Эта новая звѣзда, о которой впервые упоминаетъ епископъ Мюнтеръ, появилась 10 октября 1604 г. въ восточной ногѣ Змѣеносца. По оцѣнкѣ Бруновскаго, ученика Кеплера, она была ярче всѣхъ звѣздъ 1-ой величины, даже ярче Юпитера и Сатурна, но слабѣе Венеры. Въ началѣ 1605 г. она все еще была ярче Антареса, но уже слабѣе Арктура. Въ концѣ марта того же года она была уже 3-ей величины, а въ февралѣ и мартѣ 1606 года она исчезла совершенно. По всей вѣроятности, она была замѣчена также въ Китаѣ.

88. *T* Орла. Дж. Гершель назвалъ эту звѣзду Plum coloured or ruddy purple (цвѣта сливы, или багрово-краснаго цвѣта). Ея яркость измѣняется неправильно, періодъ этихъ измѣненій составляетъ отъ 3 до 5 мѣсяцевъ.

89. *R* Щита Собіесскаго. Измѣненія яркости носятъ такой же характеръ, какъ и у β Лиры, именно у этой звѣзды въ правильной послѣдовательности чередуются слабые и сильные минимумы.

90. β Лиры. Одна изъ самыхъ замѣчательныхъ перемѣнныхъ звѣздъ, яркость которой въ теченіе полнаго періода обнаруживаетъ два максимума и два минимума. * Свѣтовая кривая, представляющая измѣненія яркости этой звѣзды, изображена на рис. 239. * Аргеландеръ, на основаніи двадцатилѣтнихъ наблюденій (1840—1859), вывелъ слѣдующія заключенія относительно характера измѣненія яркости этой звѣзды: черезъ 3 дня 2 часа послѣ главнаго минимума (4,5) слѣдуетъ первый максимумъ (3,4), черезъ 6 дней 10 час. послѣ него наступаетъ второй минимумъ, и, наконецъ, черезъ 9 дней и 13 час. послѣ этого послѣдняго имѣетъ мѣсто второй максимумъ. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Рида, свѣтовая кривая за послѣднія 40 лѣтъ настолько измѣнилась, что теперь первый максимумъ наступаетъ черезъ 3 дня 12 час. послѣ главнаго минимума, за нимъ черезъ 6 дней 16 час. слѣдуетъ второй минимумъ, а черезъ 9 дней 17 час. послѣ этого послѣдняго имѣетъ мѣсто второй максимумъ.

Спектръ этой звѣзды чрезвычайно сложенъ, его интенсивность періодически измѣняется, и, кромѣ того, наблюдается раздвоеніе темныхъ линій и смѣщеніе свѣтлыхъ относительно темныхъ, причемъ все это находится въ связи съ періодомъ измѣненія яркости звѣзды. Эти явленія можно удовлетворительно объяснить, предположивъ, что въ данномъ случаѣ наложены другъ на друга два спектра съ темными линіями и одинъ съ свѣтлыми, и что эти спектры принадлежатъ тремъ тѣламъ, очень близкимъ одно къ другому и обладающимъ быстрымъ орбитальнымъ движеніемъ; при каждомъ оборотѣ происходятъ взаимныя частныя затменія, которыя и обусловливаютъ собою измѣненія яркости звѣзды (ср. § 195).

93—95. *S*, *R*, *T* Южной Короны. Очень интересная область неба. Двѣ послѣднія звѣзды находятся въ западномъ и восточномъ углахъ слабой туманности, немного къ западу отъ которой лежитъ небольшое звѣздное скопленіе. Повидимому, существуетъ нѣкоторая связь между упомянутой туманностью и этими двумя перемѣнными звѣздами. Восточной, болѣе слабой звѣзды, по изслѣдованіямъ Шмидта, не было видно съ 1861 до 1872 года; съ 1872 до 1876 г. она появлялась по временамъ въ видѣ неизмѣримо малой, почти геометрической точки, но послѣ того яркость ея значительно увеличилась. Поблизости находится еще третья перемѣнная звѣзда—*S* Южной Короны. Яркость всѣхъ трехъ названныхъ здѣсь звѣздъ измѣняется очень неправильно, такъ что періодъ, указанный для *R* Южной Короны, заслуживаетъ очень мало довѣрія.

98. 11 Лисицы была открыта 20 іюня 1670 г. Въ моментъ открытія она была 3-ей величины; но уже черезъ два мѣсяца яркость ея уменьшилась до 5-ой величины. Вскорѣ послѣ этого она исчезла, а 17 марта 1671 года снова появилась, причемъ была приблизительно 4-ой величины. Доминикъ Кассини, который весьма прилежно наблюдалъ ее въ Парижѣ, замѣтилъ, что яркость ея очень сильно мѣняется. Въ 1671 году она исчезла во второй разъ, и астрономы надѣялись увидѣть ее въ февралѣ 1672 г. въ прежнемъ ея блескѣ; но она появилась лишь 29 марта того же года и притомъ была только 6-ой величины; послѣ этого ее, кажется, больше никто не видѣлъ. Данное въ таблицѣ положеніе этой звѣзды выведено Шёнфельдомъ изъ наблюденій Гевелія и Пикара; недалеко отъ этой звѣзды, всего въ 4^s къ востоку и почти на той же параллели, находится слабая звѣздочка, которая, по наблюденіямъ Хинда, обнаруживаетъ слѣды измѣненія яркости, и которую Хиндъ считалъ тождественной съ 11 Лисицы. Кромѣ того,

поблизости отъ этой послѣдней, на разстояніи всего нѣсколькихъ дуговыхъ минутъ, находятся еще три весьма слабыя звѣздочки, а нѣсколько далѣе расположена S Лисицы (прямое восхожденіе$=19^h\,44{,}3^m$ склоненіе $=+27^\circ 2'$), относительно которой еще Роджерсонъ и Глешеръ въ 1837 году подозрѣвали, что она перемѣнная. Наконецъ, Баксендель замѣтилъ еще три перемѣнныя звѣзды весьма близко отъ S Лисицы, такъ что на пространствѣ, лишь немного превосходящемъ одну квадратную минуту, лежатъ 4 перемѣнныя звѣзды, а на разстояніи $11{,}3'$ отъ нихъ находится 11 Лисицы со своимъ спутникомъ.

100. η Орла часто называется также η Антиноя.

102. R Стрѣлы. Свѣтовая кривая, какъ у β Лиры, имѣетъ двойной періодъ.

104. R Дельфина. Генке, открывшій эту звѣзду 16 августа 1851 года, когда она была 9-ой величины, принялъ ее за новую планету.

105. P Лебедя$=34$ Лебедя, по Байеру. При своемъ появленіи она была 3-ей величины; начиная съ 1619 года ея яркость стала уменьшаться, и въ 1621 г. она исчезла. Въ 1655 Д. Кассини снова замѣтилъ ее, причемъ она опять достигла 3-ей величины, но на этотъ разъ она очень скоро исчезла. Въ третій разъ она появилась въ ноябрѣ 1665 г., когда ее наблюдалъ Гевелій; однако, въ этомъ году она не достигла 3-ей величины; вскорѣ послѣ этого появленія яркость ея стала медленно убывать, пока она, наконецъ, не сдѣлалась звѣздой 5-ой величины (въ промежуткѣ съ 1677 до 1682 г.); съ тѣхъ поръ она, повидимому, перестала мѣнять свою яркость. Настоящее имя открывшаго эту звѣзду, по изслѣдованіямъ Бакхюйзена, есть собственно Вильгельмъ Іоганнъ Блеу, и имя Janson, обыкновенно указываемое въ этомъ случаѣ, означаетъ, согласно съ обычаями того времени, не что иное, какъ Sohn Jan's. І. Блеу былъ фабрикантомъ очень цѣнныхъ небесныхъ глобусовъ и жилъ съ 1598 до 1638 г.

107. V Лебедя. Бирмингамъ, открывшій эту звѣзду, считаетъ ее самой красной изъ всѣхъ звѣздъ сѣвернаго неба; по интенсивности своего цвѣта она можетъ сравняться съ crimson star Хинда (см. № 20). Ея спектръ представляетъ прекрасный примѣръ спектра типа III b; красная и желтая части занимаютъ почти половину видимаго спектра, послѣдняя особенно интенсивна, голубая очень слаба, а фіолетовая поглощена совершенно.

109. Y Лебедя. Звѣзда принадлежитъ къ типу Алголя, и замѣчательную форму ея свѣтовой кривой Дюнеръ объясняетъ тѣмъ, что она представляетъ очень тѣсную двойную звѣзду (§ 195), плоскость орбиты которой совпадаетъ съ плоскостью земной орбиты, такъ что составляющія при каждомъ оборотѣ два раза покрываютъ другъ друга, чѣмъ и обусловливаются два минимума яркости, но при этомъ, вслѣдствіе эксцентриситета орбиты, промежутки между двумя послѣдовательными минимумами не равны между собой.

113. Q Лебедя. Эта звѣзда открыта Шмидтомъ въ Аѳинахъ 24 ноября 1876 года въ той точкѣ неба, гдѣ раньше, повидимому, не было звѣзды ярче 9-ой величины. Въ моментъ открытія Q Лебедя была 3-ей величины. Шмидтъ убѣжденъ, что еще 20 ноября въ этомъ мѣстѣ не могло быть звѣзды ярче 5-ой величины. По наблюденіямъ Шмидта, звѣзда сохраняла свою первоначальную яркость съ 24 по 27 ноября; съ 27 ноября яркость ея послѣ нѣкоторыхъ колебаній стала быстро уменьшаться; 1 декабря она была уже 5-ой величины, 8 декабря отъ 6-ой до 7-ой, 15 декабря—7-ой, въ срединѣ февраля 1877 г. отъ 7-ой до 8-ой величины. Послѣ этого, вслѣдствіе неблагопріятнаго положенія этой звѣзды на небѣ, за ней нельзя было слѣдить въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ. За это время яркость ея подверглась еще значительному уменьшенію, такъ какъ въ сентябрѣ 1877 года, когда ее снова можно было наблюдать, она была всего 10—11-ой величины. Послѣ этого ея яркость, претерпѣвъ различныя колебанія, постепенно уменьшилась до той величины, которая приведена въ таблицѣ.

Первое время послѣ открытія звѣзда, по изслѣдованіямъ Корню, Фогеля и др., обладала непрерывнымъ спектромъ, перерѣзаннымъ темными полосами и многочисленными свѣтлыми

линіями. Изъ свѣтлыхъ линій три принадлежали водороду, одна, вѣроятно, гелію (D_3 § 178), и еще одна была тождественна съ главной изъ линій наблюдаемыхъ въ спектрахъ туманностей. Но чрезвычайно интенсивный въ первое время непрерывный спектръ очень скоро значительно ослабѣлъ, такъ что уже черезъ три мѣсяца послѣ открытія звѣзды можно было видѣть лишь часть его, да и то съ большимъ трудомъ. При этомъ яркость различныхъ частей спектра уменьшалась неравномѣрно; такъ, голубой и фіолетовый цвѣта потухали быстрѣе, чѣмъ зеленый и желтый, тогда какъ красная часть спектра, которая съ самаго начала была слабѣе другихъ и, кромѣ того, была перерѣзана широкими полосами поглощенія, скоро исчезла совершенно. Дальнѣйшее, еще болѣе неожиданное измѣненіе ея спектра произошло въ 1877 году, въ теченіе тѣхъ мѣсяцевъ, когда звѣзда была недоступна для наблюденій; дѣйствительно, по согласнымъ показаніямъ Фогеля и Копланда, въ сентябрѣ 1877 года спектръ состоялъ всего изъ одной свѣтлой линіи, по обѣ стороны отъ которой былъ замѣтенъ въ высшей степени слабый непрерывный спектръ. Линія эта была тождественна съ характерной линіей, наблюдаемой въ спектрахъ туманностей, такъ что, если бы мы не знали предшествующей исторіи этой звѣзды, то можно было бы подумать, что передъ нами находится планетарная туманность очень малыхъ размѣровъ, въ спектрѣ которой вторая и третья линіи не замѣтны, вслѣдствіе ихъ крайней слабости (ср. № 23).

114. μ Цефея. Это—самая красная изъ видимыхъ невооруженнымъ глазомъ звѣздъ сѣвернаго полушарія. В. Гершель назвалъ ее поэтому Garnet star (гранатовая звѣзда).

115. δ Цефея. Болѣе яркая изъ составляющихъ двойной звѣзды. Измѣненія яркости отличаются необыкновенною правильностью. Отъ минимума до максимума ея яркости проходитъ 1 день 15 час., тогда какъ, обратно, промежутокъ времени, протекающій отъ максимума до минимума, составляетъ 3 дня 18 час.; достигнувъ минимума, яркость звѣзды въ теченіе 8 часовъ совершенно не измѣняется, затѣмъ въ теченіе цѣлаго дня она мѣняется лишь весьма незначительно, и только ужъ послѣ этого она начинаетъ увеличиваться, и вообще всѣ измѣненія происходятъ въ прежнемъ порядкѣ. Измѣненія яркости этой звѣзды объясняются, какъ и въ случаѣ Алголя, затменіями, которыя обусловливаются прохожденіемъ темнаго спутника передъ дискомъ звѣзды (§ 195).

118. U Пегаса изъ всѣхъ перемѣнныхъ звѣздъ имѣетъ самый короткій періодъ. Яркость ея мѣняется очень правильно, но звѣзда не принадлежитъ къ типу Алголя. Максимумъ и минимумъ здѣсь одинаково рѣзки, и для того, чтобы яркость этой звѣзды увеличилась отъ минимума до максимума, нужно столько же времени, сколько и для обратнаго перехода отъ максимума до минимума.

* 120. Новая звѣзда въ созвѣздіи Персея была открыта Андерсономъ 21 февраля 1901 года. Въ день открытія она была 2,7 величины. Независимо отъ Андерсона она была замѣчена также многими другими наблюдателями. Достовѣрно извѣстно, что въ этомъ мѣстѣ неба еще 19 февраля не могло быть звѣзды ярче 12-ой величины. 22 февраля почью звѣзда имѣла такую же яркость, какъ Алголь, затѣмъ она сдѣлалась ярче Поллукса; но все же была нѣсколько слабѣе Альдебарана; 23 февраля она по яркости сравнялась съ сосѣднею съ ней Капеллой, а 24 числа достигла наибольшей своей яркости, причемъ она, обладая синевато-бѣлой окраской, свѣтилась всю ночь замѣтно ярче Веги. По оцѣнкѣ Бреннера, 27 февраля новая звѣзда была ярче Альдебарана, но слабѣе Капеллы; послѣ этого ея яркость стала быстро уменьшаться, и это продолжалось до 13 марта; съ 13 же по 17 марта уменьшеніе шло гораздо медленнѣе.

Наконецъ, во второй половинѣ марта яркость звѣзды стала періодически колебаться въ предѣлахъ двухъ величинъ въ теченіе каждыхъ трехъ дней. Съ апрѣля мѣсяца продолжительность періода стала измѣняться, дошла до 5—6 дней и сдѣлалась менѣе постоянной. Въ это время колебанія яркости происходили въ предѣлахъ отъ 4-ой до 6-ой

величины. Съ 21 мая періодъ удлинился до 6—7 дней, и, такимъ образомъ, новая звѣзда въ созвѣздіи Персея обратилась въ перемѣнную съ неопредѣленнымъ періодомъ.

Въ непосредственной связи съ быстрымъ увеличеніемъ и уменьшеніемъ яркости звѣзды находились измѣненія ея окраски. Вначалѣ она была синевато-бѣлаго цвѣта, затѣмъ сдѣлалась желтой и, наконецъ, красноватой.

Кромѣ того, съ увеличеніемъ и уменьшеніемъ яркости звѣзды, происходили также замѣчательныя перемѣны въ ея спектрѣ. Изъ 18 фотографій спектра этой звѣзды, снятыхъ еще 22 февраля 1901 года, явствуетъ, что спектръ ея въ это время былъ сходенъ со спектромъ Ригеля въ созвѣздіи Ріона; слѣдовательно, онъ былъ отличенъ отъ обыкновеннаго спектра новыхъ звѣздъ, характернымъ признакомъ котораго являются свѣтлыя линіи. По наблюденіямъ Фогеля, 23 февраля новая обладала сплошнымъ спектромъ I типа, съ 33 темными линіями; синій и фіолетовый цвѣта выдѣлялись по своей яркости. Между тѣмъ 24 февраля, по показанію Пикеринга, спектръ новой значительно измѣнился и получилъ полное сходство со спектромъ новой въ созвѣздіи Возничаго. Съ 26 февраля уже ясно выступили свѣтлыя линіи во всѣхъ частяхъ спектра, причемъ сплошной спектръ сталъ постепенно терять свою яркость. 27 февраля, по наблюденіямъ Бреннера, рядомъ съ темными линіями появились также двойныя свѣтлыя линіи въ красномъ, зеленомъ, желтомъ и синемъ цвѣтахъ, которыя, однако, 5 марта сдѣлались болѣе слабыми. По изслѣдованіямъ Фогеля и Гартмана, линіи, наблюдавшіяся въ спектрѣ новой звѣзды въ созвѣздіи Персея, принадлежали натрію, гелію, магнію, кремнію, кальцію и въ особенно большомъ количествѣ водороду. Линіи кальція были смѣщены къ красному концу спектра и указывали на движеніе въ сторону, противоположную солнцу, со скоростью 46 километровъ въ секунду. Остальныя же, по большей части расплывчатыя линіи были смѣщены къ фіолетовому концу спектра, и эти смѣщенія соотвѣтствовали скорости движенія въ 717 километровъ въ секунду по направленію къ солнцу. Спектръ испусканія со своими свѣтлыми линіями продержался весь мартъ; 6-го апрѣля 1901 года произошло замѣчательное его измѣненіе: свѣтлыя водородныя линіи пропали, а вмѣсто нихъ появилась широкая и блестящая линія, свойственная планетарнымъ туманностямъ. Слѣдовательно, и на этотъ разъ новая звѣзда въ концѣ концовъ обратилась въ туманность. Надо еще добавить, что въ теченіе всего апрѣля происходили замѣчательныя измѣненія въ спектрѣ; попеременно наблюдался то прежній сплошной спектръ со свѣтящимися водородными линіями безъ характерной линіи туманностей, то, наоборотъ, газовый спектръ съ одной только линіей туманностей, но безъ водородныхъ линій. Наконецъ, замѣчательно еще то, что туманность, въ которую обратилась новая звѣзда, съ теченіемъ времени стала увеличиваться, какъ бы обнаруживая движеніе входящаго въ ея составъ вещества отъ центра къ краямъ, и это въ высшей степени удивительное явленіе до сихъ поръ не получило удовлетворительнаго объясненія. *

§ 199. **Старинныя извѣстія о временныхъ, или новыхъ звѣздахъ.** Съ древнихъ временъ до насъ дошелъ цѣлый рядъ извѣстій о внезапныхъ вспышкахъ звѣздъ на небѣ. Въ § 198 подъ № 4 мы уже упоминали о двухъ такихъ случаяхъ; перечислимъ же еще нѣкоторыя наиболѣе замѣчательныя изъ такихъ звѣздъ.

134 г. до Р. Хр. Согласно съ китайскими наблюденіями, которыя были подробно разобраны астрономомъ Біо, въ этомъ году появлялась «новая» звѣзда между β и ρ Скорпіона. Д. Гершель полагаетъ, что эта звѣзда, быть-можетъ, тождественна съ той, о которой упоминаетъ Плиній въ своей Historia naturalis (lib. II), и которая, около 125 г. до Р. Хр. побудила Гиппарха къ составленію его звѣзднаго каталога (§ 179).

123 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюденіямъ, между α Геркулеса и α Змѣеносца явилась новая звѣзда.

173 г. по Р. Хр. Согласно съ китайскими наблюденіями, 10 декабря 173 г. явилась новая звѣзда между α и β Центавра, которая черезъ 8 мѣсяцевъ снова исчезла.

386 г. по Р. Хр. Новая звѣзда наблюдалась въ созвѣздіи Стрѣльца. Въ китайскихъ звѣздныхъ росписяхъ отмѣчено, что эта звѣзда съ апрѣля по іюль 386 г. оставалась все время на одномъ и томъ же мѣстѣ неба.

389 г. по Р. Хр. Въ царствованіе императора Гонорія вспыхнула недалеко отъ созвѣздія Орла раньше невидимая неподвижная звѣзда, которая черезъ 3 недѣли сравнялась по яркости съ Венерой, а нѣсколько позже снова совершенно исчезла. Линнъ, который взялъ на себя трудъ изслѣдовать оригинальные источники, полагаетъ, что эти извѣстія относятся скорѣе къ кометѣ, чѣмъ къ звѣздѣ, если только вообще имъ можно сколько-нибудь довѣрять.

393 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюденіямъ, новая звѣзда явилась въ созвѣздіи Скорпіона.

Въ IX-мъ вѣкѣ два арабскихъ астронома Хали и Альбумазаръ наблюдали въ созвѣздіи Скорпіона новую звѣзду, отъ которой распространялся свѣтъ, сравнимый со свѣтомъ луны во время ея четвертей, и которая черезъ 4 мѣсяца послѣ появленія снова сдѣлалась невидимой.

1012 г. или, по другимъ свѣдѣніямъ, 1006 г. по Р. Хр. Новая звѣзда заблестѣла въ созвѣздіи Овна. По словамъ одного монаха изъ С.-Галлена она была необыкновенной величины и обладала удивительной яркостью, такъ что даже ослѣпляла глаза наблюдателей. Ее наблюдали съ конца мая въ теченіе трехъ мѣсяцевъ, причемъ яркость ея подвергалась весьма значительнымъ колебаніямъ; по временамъ ее даже совсѣмъ нельзя было отыскать на небѣ.

1203 г. по Р. Хр. Согласно съ китайскими наблюденіями, новая звѣзда появлялась въ созвѣздіи Скорпіона.

1230 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюденіямъ, между Змѣеносцемъ и Змѣей съ декабря 1230 до марта 1231 г. можно было видѣть новую звѣзду.

1578 г. по Р. Хр. По китайскимъ источникамъ, яркость новой звѣзды была необыкновенно велика, такъ какъ въ одной изъ лѣтописей сказано: «звѣзда сіяла какъ солнце».

1584 г. по Р. Хр. По китайскимъ наблюденіямъ, новая звѣзда появлялась въ созвѣздіи Скорпіона.

1609 г. по Р. Хр. Въ китайскимъ источникахъ есть извѣстія о новой звѣздѣ. Гольдшмидтъ считаетъ эту звѣзду тождественной со звѣздами 393 г., IX-го столѣтія и 1203 года, откуда получается періодъ въ 405 лѣтъ, такъ что новаго ея появленія можно ожидать около 2014 года.

§ 200. **Природа перемѣнныхъ звѣздъ.** Если мы предложимъ себѣ вопросъ, чѣмъ обусловливаются эти удивительныя измѣненія яркости перемѣнныхъ звѣздъ, то мы натолкнемся на большое число гипотезъ — лучшее доказательство того, что это явленіе еще слишкомъ мало изучено, чтобы можно было думать объ удовлетворительномъ его объясненіи. Съ другой же стороны, достаточно вспомнить сказанное въ началѣ этой главы (§ 197) о томъ, насколько различенъ характеръ измѣненія яркости у различныхъ звѣздъ, чтобы убѣдиться, что это явленіе не у всѣхъ звѣздъ обусловливается одинаковыми причинами. Поэтому Пикерингъ раздѣляетъ перемѣнныя звѣзды на пять классовъ.

1. Звѣзды, временно достигающія значительной яркости. Примѣромъ такихъ звѣздъ являются всѣ тѣ, которыя въ вышеприведенномъ спискѣ названы «новыми», а также тѣ, которыя приведены въ видѣ дополненія въ предыдущемъ параграфѣ.

Всѣ тѣ звѣзды этой группы, къ изученію которыхъ былъ примѣненъ спектроскопъ (№№ 23, 70, 113, 120), дали спектръ, состоящій, между прочимъ, также и изъ свѣтлыхъ линій, т.-е., носящій характеръ спектра раскаленныхъ газовъ. Такимъ образомъ, въ этихъ случаяхъ вне-

данное появленіе звѣзды обусловливалось или сильнымъ изверженіемъ газовъ, или же столкновеніемъ какой-нибудь звѣзды съ космическимъ облакомъ, вслѣдствіе чего оба столкнувшіяся тѣла должны сильно накалиться. Такого рода катастрофы едва ли могутъ повторяться черезъ правильные промежутки времени.

2. Звѣзды, яркость которыхъ мѣняется неправильнымъ образомъ, и у которыхъ періодъ этихъ измѣненій охватываетъ нѣсколько мѣсяцевъ или даже лѣтъ. Таковы, напримѣръ, o Кита, η Арго, χ Лебедя (№ № 10, 51, 99) и др.

* Для звѣздъ перваго и второго классовъ Локьеръ предложилъ такъ называемую гипотезу столкновеній, наглядным образомъ иллюстрированную на рис. 243 Основная идея, что появленіе новыхъ звѣздъ можетъ обусловливаться столкновеніемъ двухъ тѣлъ, не нова, и особенность гипотезы, предложенной Локьеромъ, заключается въ томъ, что, по его мнѣнію, новыя звѣзды и перемѣнныя типа „Удивительной“ (o Кита) въ ихъ настоящей стадіи развитія не представляютъ компактныхъ тѣлъ, а являются лишь весьма разрѣженнымъ, но огромнымъ по размѣрамъ роемъ метеоритовъ, причемъ каждый такой рой сопровождается другимъ роемъ меньшихъ размѣровъ, который обращается вокругъ перваго по эксцентрической орбитѣ, подобно тому, какъ кометы обращаются вокругъ солнца. По предположенію Локьера, перигельное разстояніе орбиты, описываемой меньшимъ роемъ настолько мало, что онъ при прохожденіи черезъ перигелій *) проникаетъ внутрь большого роя. Такое столкновеніе, вслѣдствіе крайней разрѣженности обоихъ роевъ, не нарушаетъ общаго движенія метеоритовъ, но зато оно вызываетъ развитіе огромнаго количества свѣта.

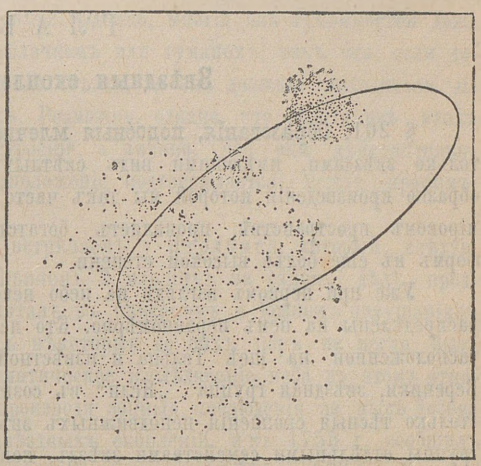


Рис. 243.

Надо, впрочемъ, замѣтить, что эта гипотеза небезупречна во всѣхъ своихъ подробностяхъ. *

3. Звѣзды, яркость которыхъ измѣняется въ незначительныхъ предѣлахъ, и для которыхъ еще до сихъ поръ не найденъ законъ этихъ измѣненій. Таковы, между прочимъ, α Кассіопеи и Бетейгейзе (№№ 5 и 25).

4. Звѣзды, яркость которыхъ мѣняется болѣе или менѣе правильнымъ образомъ и которыя обладаютъ періодомъ, равнымъ нѣсколькимъ днямъ или нѣсколькимъ недѣлямъ. Примѣромъ могутъ служить ζ Близнецовъ и η Орла (№№ 30, 100).

О причинѣ измѣненій яркости звѣздъ 3-яго класса мы до сихъ поръ не можемъ высказать окончательнаго мнѣнія; что же касается звѣздъ 4-го класса, то для объясненія измѣненій ихъ яркости Цёльнеръ, Гюльденъ, Пикерингъ и др. полагаютъ, что поверхность этихъ звѣздъ не вездѣ одинаково ярка, и, вслѣдствіе ихъ вращенія вокругъ осей, къ намъ бываетъ обращена то болѣе свѣтлая, то болѣе темная часть ихъ поверхности. Но такъ какъ обширныя, болѣе или менѣе темныя области могутъ встрѣчаться лишь на такихъ тѣлахъ, которыя достигли уже значительной степени охлажденія (§ 178), то становится вполнѣ понятнымъ, почему среди перемѣнныхъ такъ много красныхъ звѣздъ и почему въ ихъ спектрахъ по большей части встрѣчаются столь интенсивныя и широкія полосы поглощенія.

5. Звѣзды, яркость которыхъ мѣняется правильно и притомъ въ теченіе всего лишь

*) Слово перигелій здѣсь употребляется по аналогіи съ кометными орбитами.

нѣсколькихъ часовъ, тогда какъ все остальное время ихъ яркость остается постоянной. Намъ извѣстно до 12 такихъ звѣздъ, но самымъ характернымъ представителемъ этой группы является Алголь или β Персея (№ 13).

Чтобы объяснить причину измѣненій яркости этихъ звѣздъ пятой группы Пикерингъ въ 1881 году предложилъ гипотезу, которая уже ранѣе его была высказана Игготтомъ, и которая состоитъ въ томъ, что вокругъ звѣзды обращается темное тѣло, занимающее черезъ опредѣленные промежутки времени положеніе между нами и звѣздой. Исходя изъ этой гипотезы, Пикерингъ сдѣлалъ попытку опредѣлить для Алголя, какъ для наиболѣе изученной звѣзды этой группы, орбиту и размѣры темнаго спутника. Справедливость этой гипотезы была впослѣдствіи подтверждена спектроскопическими наблюденіями не только для Алголя, но и для δ Цефея (№ 115), такъ что она, безъ сомнѣнія, справедлива и для остальныхъ звѣздъ этого типа. Эта гипотеза съ незначительными измѣненіями имѣетъ силу, вѣроятно, и для нѣкоторыхъ перемѣнныхъ звѣздъ 4-го класса; по крайней мѣрѣ, относительно β Лиры (№ 90) это вполнѣ доказано (ср. § 195).

ГЛАВА XVIII.

Звѣздныя скопленія и туманности.

§ 201. **Образованія, подобныя млечному пути.** Звѣздное небо усѣяно не однѣми только звѣздами, имѣющими видъ свѣтлыхъ точекъ или кружечковъ. Природа, разнообразію произведеній которой мы такъ часто удивляемся на землѣ, здѣсь, въ безграничномъ міровомъ пространствѣ, проявляетъ богатство своихъ творческихъ силъ и разнообразіе формъ въ еще болѣе высокой степени.

Уже при первомъ взглядѣ на небо невооруженнымъ глазомъ, мы видимъ, что звѣзды распредѣлены на немъ неравномѣрно. Кто не знаетъ, напримѣръ, красивой группы звѣздъ, расположенной на шеѣ Тельца и извѣстной подъ именемъ Плеядъ или Насѣдки? Волосы Вереники, звѣздная группа „Ясли“ въ созвѣздіи Рака и т. п. представляютъ собою настолько тѣсныя скопленія неподвижныхъ звѣздъ, что невольно хочется считать эти звѣздныя группы отдѣльными семействами звѣздъ, невольно хочется видѣть въ нихъ независимыя системы небесныхъ тѣлъ.

А что же мы должны сказать про млечный путь, эту прекрасную свѣтлую полосу, которая въ видѣ дуги большого круга тянется черезъ все небо? Нѣкоторыя части этой свѣтлой полосы отличаются особенно сильнымъ блескомъ; въ другихъ мѣстахъ, наоборотъ, замѣтны какъ бы темныя отверстія и щели, а также боковыя вѣтви. Уже небольшія зрительныя трубы разлагаютъ болѣе свѣтлыя части млечнаго пути на безчисленное множество маленькихъ тѣсно скученныхъ неподвижныхъ звѣздъ, а при помощи хорошаго телескопа можно замѣтить, что чѣмъ свѣтлѣе какая-нибудь часть млечнаго пути кажется невооруженному глазу, тѣмъ больше въ ней звѣздъ, откуда слѣдуетъ, что свѣтъ млечнаго пути происходитъ исключительно отъ большого числа тѣсно скученныхъ звѣздъ; однако, многія части его даже въ лучшіе телескопы не разлагаются на отдѣльныя звѣзды, вѣроятно, потому, что эти звѣзды отстоятъ слишкомъ далеко отъ насъ и находятся слишкомъ близко одна къ другой, чтобы можно было ихъ видѣть каждую въ отдѣльности.

Все строеніе млечнаго пути, состоящаго изъ безчисленнаго множества звѣздъ, показываетъ, что онъ образуетъ въ пространствѣ изолированную систему солнцъ, къ которой принадлежитъ также и наше солнце, являясь хотя и незначительной, но все же неотдѣлимой частью цѣлой системы. Въ § 180 мы уже упоминали, что млечный путь въ об-

щемъ имѣетъ видъ чечевицы, недалеко отъ центра которой находится наша солнечная система. Если бы эта послѣдняя находилась не внутри этого чечевицеобразнаго звѣзднаго скопленія, а была бы расположена на большомъ отъ него разстояніи, тогда млечный путь не представлялся бы на небесномъ сводѣ въ видѣ дуги большого круга, но казался бы намъ маленькимъ свѣтлымъ кружечкомъ или даже эллипсомъ, который былъ бы тѣмъ ближе къ кругу, чѣмъ меньше отличался бы отъ прямого уголъ, составляемый лучемъ зрѣнія съ плоскостью этой чечевицы. Если бы, напримѣръ, мы находились отъ чечевицы въ направленіи перпендикулярномъ къ ея плоскости, на разстояніи, равномъ ея бо́льшему діаметру, то она казалась бы намъ круглымъ дискомъ, видимый діаметръ котораго равнялся бы 60,^{0} т.-е. онъ имѣлъ бы такіе же размѣры, какъ созвѣздіе Большой Медвѣдицы. При разстояніи въ 10 разъ бо́льшемъ, видимый діаметръ диска равнялся бы 5,5^0, и, наконецъ, при разстояніи въ 100 разъ бо́льшемъ онъ составлялъ бы всего 0,5^0. Въ послѣднемъ случаѣ мы въ самые лучшіе телескопы не могли бы различить отдѣльныхъ звѣздъ млечнаго пути, и онъ казался бы намъ маленькой слабосвѣтящейся туманностью.

Въ наши телескопы, дѣйствительно, можно видѣть очень много такихъ туманностей. В. Гершель открылъ ихъ около 2500, и, при помощи его превосходнаго телескопа, ему удалось многія изъ нихъ разложить на отдѣльныя звѣзды, что доказываетъ тождество ихъ строенія съ строеніемъ нашего млечнаго пути. Однако, многія изъ туманностей даже въ лучшіе телескопы продолжаютъ казаться облачкомъ или туманомъ, такъ что, если допустить, что онѣ также представляютъ скопленія звѣздъ, то онѣ должны находиться на чрезвычайно огромныхъ отъ насъ разстояніяхъ. Возможно, однако, что многія изъ этихъ небесныхъ тѣлъ имѣютъ совершенно другое строеніе, а именно, что они дѣйствительно состоятъ изъ свѣтящагося тумана; такое предположеніе подтверждается, между прочимъ, спектроскопическими изслѣдованіями.

Первое упоминаніе о туманностяхъ мы встрѣчаемъ у Птоломея, который, слѣдуя, вѣроятно, Гиппарху, насчитываетъ ихъ 5, причемъ 2 изъ нихъ на самомъ дѣлѣ представляютъ звѣздныя скопленія. Галлей насчиталъ въ сѣверномъ и южномъ полушаріяхъ еще 6 туманностей (Nebulosae), изъ которыхъ нѣкоторыя до сихъ поръ не могли быть разложены на отдѣльныя звѣзды. Первое систематическое изслѣдованіе неба въ этомъ отношеніи было сдѣлано Лакайлемъ, который, производя зонныя наблюденія на мысѣ Доброй Надежды, открылъ болѣе 40 туманностей и звѣздныхъ скопленій, и въ 1755 г. сообщилъ ихъ положенія Парижской Академіи. Въ промежутокъ времени съ 1771 до 1784 г. Мессье опубликовалъ списокъ, заключающій приблизительно 100 объектовъ этого рода, открытыхъ частью имъ самимъ, частью другими. Но главное основаніе нашимъ знаніямъ о туманностяхъ и звѣздныхъ скопленіяхъ, равно какъ и о двойныхъ звѣздахъ, было положено В. Гершелемъ, который въ 1786, 1789 и 1802 гг. выпустилъ каталоги, сопоставленные въ 1862 году Ауверсомъ и содержащіе не менѣе 2500 такихъ объектовъ. Д. Гершель сначала продолжалъ наблюденія своего отца въ Европѣ, причемъ ему удалось сдѣлать многочисленныя и важныя дополненія къ изслѣдованіямъ отца въ этой области; затѣмъ съ 1834 до 1838 г., во время своего пребыванія на мысѣ Доброй Надежды, онъ произвелъ тщательное изслѣдованіе южнаго неба въ томъ же направленіи и въ 1864 году собралъ всѣ въ то время извѣстныя звѣздныя скопленія и туманности въ каталогъ, содержащій 5079 нумеровъ. Въ 1888 г. Дрейеръ переработалъ этотъ каталогъ и, дополнивъ его вновь открытыми образованіями этого рода, расширилъ его до 7840 нумеровъ; въ 1895 году онъ издалъ добавленіе къ своему каталогу, содержащее еще 1529 новыхъ, найденныхъ за это время туманностей и звѣздныхъ скопленій. Наблюденіями несистематическаго характера, а также монографіями касающимися этихъ небесныхъ тѣлъ, мы обязаны Д' Арре, Бигурдану, Энгельгардту, Марту, Рюмкеру, Шёнфельду, Шульцу, Стефану, Шпиталеру, Л. Свифту, Темпелю и др. Съ другой стороны,

Лассель и Россъ, при помощи своихъ гигантскихъ телескоповъ, познакомили насъ съ мельчайшими деталями этихъ небесныхъ тѣлъ, такъ что только благодаря ихъ изслѣдованіямъ мы мало-по-малу освободились отъ предубѣжденія, что эти тѣла должны обладать правильной формой и правильнымъ строеніемъ.

При ближайшемъ разсмотрѣніи вышеупомянутыхъ каталоговъ обнаруживается, что нѣкоторыя области неба очень богаты такими объектами, между тѣмъ какъ въ другихъ ихъ почти вовсе нѣтъ. Обыкновенно они встрѣчаются цѣлыми группами и бываютъ расположены близко другъ къ другу. Д. Гершель замѣчаетъ по этому поводу, что большинство звѣздныхъ скопленій и всѣ туманныя пятна неправильной формы лежатъ въ самомъ млечномъ пути или по близости отъ него, главнымъ образомъ, въ созвѣздіяхъ Оріона, Арго, Стрѣльца и Лебедя, а туманности правильной формы въ сѣверномъ полушаріи скучены въ зонѣ, проходящей черезъ полюсъ млечнаго пути, черезъ созвѣздія Льва, Большой Медвѣдицы, Гончихъ Псовъ, Волосъ Вероники, Волопаса и Дѣвы, въ южномъ же полушаріи, наоборотъ, распредѣлены довольно равномѣрно. Кромѣ того, границы этой полосы, богатой туманностями, весьма рѣзки, и за нею небо очень бѣдно подобными образованіями.

Чтобы облегчить перечень этихъ объектовъ, В. Гершель раздѣлилъ ихъ на 8 классовъ; однако, вслѣдствіе необыкновеннаго разнообразія туманностей, онъ не могъ установить здѣсь точныхъ границъ, и условія принадлежности объекта къ тому или другому классу слишкомъ произвольны, чтобы они могли долго служить достаточнымъ основаніемъ для подраздѣленія на группы весьма значительнаго числа этихъ небесныхъ тѣлъ. Кромѣ того, сюда присоединяется еще то обстоятельство, что съ увеличеніемъ оптической силы телескоповъ, употребляемыхъ для наблюденія туманностей, видъ послѣднихъ почти всегда настолько измѣняется, что кажется, будто передъ нами находится совсѣмъ другой объектъ. Въ этомъ очень легко убѣдиться, если сравнить описанія однѣхъ и тѣхъ же туманностей, сдѣланныя Мессье, обоими Гершелями, Россомъ и др., и ниже мы будемъ имѣть случай привести нѣсколько замѣчательныхъ примѣровъ этого рода. Поэтому, придерживаясь гершелевой или другой какой-нибудь классификаціи, астрономы уже давно предпочитаютъ для туманностей и звѣздныхъ скопленій просто указывать ихъ прямыя восхожденія и склоненія, совершенно подобно тому, какъ это дѣлается для планетъ и неподвижныхъ звѣздъ, принадлежность же объекта къ тому или другому классу по гершелевой или какой-нибудь иной классификаціи обыкновенно указывается въ примѣчаніяхъ.

Этого способа будемъ придерживаться и мы при описаніи отдѣльныхъ наиболѣе интересныхъ туманностей и звѣздныхъ кучъ.

§ 202. **Звѣздныя скопленія.** Звѣздными группами, или звѣздными скопленіями называются такія свѣтлыя мѣста на небѣ, которыя въ лучшіе телескопы всегда раздѣляются на отдѣльныя звѣзды, тогда какъ невооруженному глазу они представляются лишь въ видѣ слабо свѣтящагося облачка, а въ большинствѣ случаевъ даже и совсѣмъ не видны. Нѣкоторыя изъ нихъ можно видѣть уже въ трубу съ отверстіемъ въ 8—10 сантиметровъ; на послѣднихъ скопленіяхъ мы остановимся болѣе подробно, чтобы любители, обладающіе такими инструментами, могли лучше разсмотрѣть и изучить эти небесные объекты.

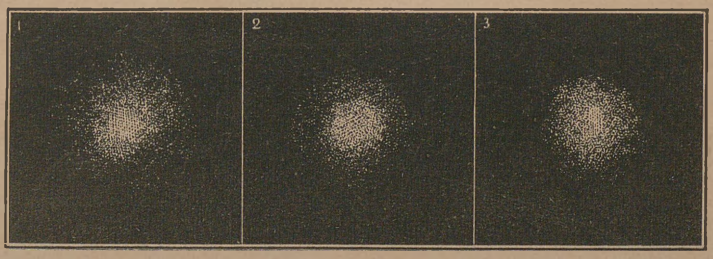
Въ нижеслѣдующемъ изложеніи буквы AR означаютъ прямое восхожденіе, D—склоненіе; эти координаты вездѣ даны для 1900 года и относятся приблизительно къ центру звѣздныхъ скопленій, которыя по большей части обладаютъ весьма значительнымъ діаметромъ.

Къ такимъ звѣзднымъ группамъ относятся прежде всего тѣ, которыя при наблюденіяхъ въ очень слабую трубу или даже невооруженнымъ глазомъ имѣютъ видъ скопленій отдѣльныхъ звѣздъ, таковы:

$AR = 55^0\ 23'$, $D = +23^0\ 48'$. Всѣмъ извѣстныя Плеяды, или Насѣдка въ шеѣ Тельца. Въ этомъ скопленіи можно различать отдѣльныя звѣзды даже невооруженнымъ глазомъ (см. рис. 231).



Звѣздныя кучи по Дж. Гершелю.



Туманности правильной формы.

$AR=33^{0}\ 1'$, $D=+56^{0}\ 41'$ и $AR=33^{0}\ 51'$ $D=+56^{0}\ 38'$, скопленія h и χ въ мечѣ Персея. Для невооруженнаго глаза они представляются въ видѣ свѣтлаго облака, которое въ телескопъ распадается на два очень богатыхъ звѣздныхъ скопленія. Это одно изъ самыхъ красивыхъ мѣстъ на небѣ. Сѣверная группа (h) состоитъ изъ звѣздъ отъ 7 до 12-ой величины; въ серединѣ южной группы (χ) находится красная звѣзда.

$AR=128^{0}\ 45'$, $D=+20^{0}\ 20'$. Такъ называемыя Ясли, или Пресепе въ созвѣздіи Рака. Это и предыдущее скопленія были отмѣчены еще Гиппархомъ.

$AR=178^{0}$, $D=+26^{0}$, въ Волосахъ Вереники. Это скопленіе раздѣляется на отдѣльныя звѣзды даже при наблюденіи невооруженнымъ глазомъ.

Не останавливаясь дальше на этихъ и имъ подобныхъ скопленіяхъ звѣздъ, перейдемъ къ разсмотрѣнію телескопическихъ звѣздныхъ кучъ, которыхъ такъ много на небѣ. Почти всегда онѣ имѣютъ круглую форму; звѣзды входящія въ составъ этихъ скопленій бываютъ по большей части всѣ одинаковой яркости, и только иногда въ серединѣ скопленія находится одна или нѣсколько болѣе яркихъ звѣздъ. Послѣднія очень часто отличаются краснымъ цвѣтомъ и нерѣдко бываютъ двойными. Группы, состоящія изъ мелкихъ тѣсно скученныхъ звѣздъ, имѣютъ преимущественно круглую форму, тогда какъ другія скопленія обладаютъ неправильными очертаніями на границахъ и часто даже распадаются на отдѣльныя вѣтви и отростки. Въ скопленіяхъ, въ которыхъ звѣзды тѣсно скучены, число послѣднихъ нерѣдко бываетъ необычайно велико. Сосчитать число звѣздъ въ такихъ кучахъ совершенно невозможно; но по оцѣнкѣ В. Гершеля въ шарообразномъ скопленіи съ видимымъ діаметромъ отъ $8'$ до $10'$, слѣдовательно, въ такомъ скопленіи, видимая площадь котораго составляетъ всего лишь $^{1}/_{10}$ площади, занимаемой луннымъ дискомъ, очень часто заключается, по крайней мѣрѣ, до 5000 звѣздъ.

— — Who can satiate sight
In such a scene, where depth, height, breadth
Are lost in their extremes, and where, to count
The thick-sown glories in this ocean of Suns,
Perhaps a Seraph's computation fails.*)

Young.

По большей части къ центру звѣздной группы ея яркость постепенно увеличивается и притомъ настолько сильно, что такое увеличеніе яркости нельзя считать явленіемъ оптическимъ, какъ это было бы въ томъ случаѣ, если бы шаровое скопленіе состояло изъ звѣздъ равно отстоящихъ другъ отъ друга, и потому болѣе значительная яркость центральныхъ частей звѣздныхъ группъ, повидимому, указываетъ на то, что по серединѣ въ такихъ скопленіяхъ звѣзды скучены болѣе, чѣмъ по краямъ. Рѣзко очерченныя границы и необыкновенная симметрія внутренняго строенія этихъ удивительныхъ свѣтилъ, свидѣтельствуютъ намъ о томъ, что они представляютъ собою независимыя системы, образовавшіяся въ силу особыхъ взаимодѣйствій, характеръ которыхъ, можетъ-быть, навсегда останется для насъ неизвѣстнымъ. * Нѣсколько типичныхъ звѣздныхъ скопленій, по Д. Гершелю, изображены на приложенной при семъ таблицѣ; на этой же таблицѣ даны три туманности правильной формы.*

Ниже указаны наиболѣе замѣчательныя изъ телескопическихъ звѣздныхъ кучъ, причемъ нѣкоторыя изъ нихъ можно наблюдать уже при помощи небольшой зрительной трубы.

$AR=102^{0}\ 19'$, $D=+18^{0}8'$, въ созвѣздіи Близнецовъ. Это большая, неправильная, раскинувшаяся вѣеромъ звѣздная группа. По направленію къ узкой части яркость

*) — — Чей взоръ можетъ пресытиться созерцаніемъ безконечнаго пространства, гдѣ глубина, вышина и ширина безграничны, и гдѣ, можетъ-быть, не хватило бы силъ серафимовъ, чтобы описать все великолѣпіе этого океана солнцъ.

быстро возрастаетъ, а очертанія противоположной широкой части размыты и неясны. Наибольшее протяженіе этого скопленія по дугѣ большого круга составляетъ отъ 5′ до 6′. Это скопленіе изображено на вышеупомянутой таблицѣ подъ № 6.

$AR = 128^0\ 17'$, $D = -29^0\ 35'$ въ Кораблѣ Арго. Нѣжная звѣздная куча, состоящая изъ звѣздъ 10—12 величины и имѣющая видъ буквы X; ея наибольшее протяженіе составляетъ 6′.

$AR = 130^0\ 26'$, $D = +12^0\ 58'$ въ созвѣздіи Рака. Красивое скопленіе, состоящее изъ звѣздъ 9—10 величины, которыя необыкновенно правильно сгруппированы около центральной звѣзды.

$AR = 197^0\ 0'$, $D = +18^0\ 42'$ въ созвѣздіи Волосъ Вереники. Очень красивая группа, состоящая изъ чрезвычайно мелкихъ и тѣсно сплоченныхъ звѣздъ; на краяхъ группы отдѣльныя звѣзды простираются на довольно значительное разстояніе. Центральныя части этого звѣзднаго скопленія очень ярки; на краяхъ очертанія скопленія имѣютъ видъ кривыхъ зубцовъ. Діаметръ этой звѣздной кучи составляетъ 6′.

$AR = 204^0\ 23'$, $D = +28^0\ 53'$ въ созвѣздіи Южныхъ Охотничьихъ Собакъ. Очень красивая группа съ діаметромъ въ 6′. Она содержитъ, по крайней мѣрѣ, 1000 звѣздъ не ярче 10-ой величины; болѣе яркая часть ея находится въ центрѣ, отъ котораго во всѣ стороны распространяются какъ бы свѣтовые лучи.

$AR = 210^0\ 14'$, $D = +29^0\ 0'$ въ созвѣздіи Волопаса. Очень большое, богатое, круглое скопленіе, діаметръ котораго составляетъ отъ 8′ до 10′. Оно содержитъ звѣзды отъ 11 до 14 величины, которыя въ центрѣ такъ скучены, что раздѣлить ихъ можно лишь при помощи очень большихъ телескоповъ.

$AR = 228^0\ 22'$, $D = +2^0\ 28'$ въ созвѣздіи Вѣсовъ. Очень красивое, весьма скученное шарообразное скопленіе. Его яркость значительно возрастаетъ по мѣрѣ приближенія къ центру, гдѣ уже совершенно нельзя различить отдѣльныя звѣзды. Діаметръ всей группы достигаетъ 2,5′. Вблизи нея небо очень бѣдно звѣздами. Эта группа изображена подъ № 1 на таблицѣ, приложенной къ стр. 663.

$AR = 233^0\ 9'$, $D = +6^0\ 19'$ въ созвѣздіи Змѣи. Слабое, круглое скопленіе къ центру яркость мало-по-малу увеличивается; разложить это скопленіе на отдѣльныя звѣзды очень трудно. Діаметръ равенъ 2′. На таблицѣ, приложенной къ стр. 663 эта группа изображена подъ № 5.

$AR = 249^0\ 31'$, $D = +36^0\ 39'$ въ Геркулесѣ. Очень богатая звѣздная группа, состоящая изъ нѣсколькихъ тысячъ звѣздъ отъ 9 до 12 величины и легко разрѣшимая на отдѣльныя звѣзды почти до самаго центра; по краямъ она имѣетъ лучеобразный видъ, въ особенности на юговостокѣ. Она представляетъ одно изъ самыхъ великолѣпныхъ зрѣлищъ на небесномъ сводѣ. Ея діаметръ составляетъ отъ 7′ до 8′. Эта группа, которую въ видѣ слабаго облачка можно наблюдать даже невооруженнымъ глазомъ, была открыта Галлеемъ въ 1714 г. Мессье описалъ ее, какъ туманность, не заключающую звѣздъ. Она находится между η и ζ Геркулеса и изображена подъ № 2 на таблицѣ, приложенной къ стр. 663.

Кромѣ того, рис. 244 даетъ намъ эту звѣздную кучу по фотографіи, снятой въ сентябрѣ 1894 года при времени экспозиціи въ 15 минутъ.

$AR = 252^0\ 59'$, $D = -3^0\ 56'$ въ Змѣеносцѣ. Круглая группа, состоящая изъ довольно разбросанныхъ звѣздъ; она не имѣетъ ядра и обладаетъ діаметромъ въ 10′.

$AR = 258^0\ 19'$, $D = -18^0\ 26'$ въ Змѣеносцѣ. Въ небольшія зрительныя трубы эта группа представляется въ видѣ круглой туманности, съ діаметромъ въ 3—4′; къ центру ея яркость постепенно увеличивается. Въ сильные телескопы она распадается на міріады необыкновенно слабыхъ звѣздочекъ.

$AR = 267^0\ 45'$, $D = -19^0\ 0'$ въ Змѣеносцѣ. Большое, богатое, не особенно

скученное скопленіе, состоящее изъ 60—80 звѣздъ отъ 9-ой до 12-ой величины, которыя расположены по бо́льшей части по правильнымъ кривымъ линіямъ.

$AR = 269^0\ 23'$, $D = -24^0\ 23'$ въ Стрѣльцѣ. Великолѣпная, чрезвычайно неправильная группа, простирающаяся въ длину на $30'$ и содержащая между прочимъ одну звѣзду 7-ой величины. Открыта Лежантилемъ въ 1748 году.

$AR = 277^0\ 35'$, $D = -24^0\ 0'$ въ Стрѣльцѣ. Очень красивая, шарообразная группа, къ центру постепенно увеличивающаяся въ яркости, но безъ особенно рѣзкаго ядра. Звѣзды, отъ 11-ой до 15-ой величины, повидимому, распредѣлены весьма равномѣрно по всей группѣ; границы этого скопленія размыты. Открыта эта группа въ 1655 году Абрамомъ Иле.

$AR = 281^0\ 26'$, $D = -6^0\ 24'$ въ Щитѣ Собіесскаго. Красивая группа неправильной формы; ея діаметръ составляетъ отъ 10 до 12 минутъ. Всѣ звѣзды 11-ой величины; только въ центрѣ находится одна звѣзда отъ 8-ой до 9-ой величины. Все скопленіе какъ бы распадается на 5 или 6 отдѣльныхъ группъ. Открыта она была еще въ 1681 году Кирхомъ.



Рис. 244.

$AR = 288^0\ 10'$, $D = +29^0\ 59'$ въ созвѣздіи Лиры. Богатое, весьма скученное скопленіе, очень яркое въ серединѣ; оно имѣетъ приблизительно видъ треугольника. Наибольшее ея протяженіе достигаетъ $3'$. Оно состоитъ изъ звѣздъ отъ 11-ой до 12-ой величины.

$AR = 291^0\ 41'$, $D = +9^0\ 1'$ въ Орлѣ. Богатая и тѣсная группа. Діаметръ ея равенъ $40''$.

$AR = 311^0\ 59'$, $D = -12^0\ 55'$ въ созвѣздіи Козерога. Круглое, въ серединѣ довольно яркое скопленіе; его діаметръ достигаетъ $2'$. Оно изображено на таблицѣ, приложенной къ стр. 663, подъ № 3.

$AR = 321^0\ 16'$, $D = +11^0\ 43'$ въ Пегасѣ. Большое, круглое скопленіе; яркость этого и безъ того свѣтлаго скопленія, по мѣрѣ приближенія къ центру, еще болѣе увеличивается, такъ что получается впечатлѣніе, будто оно вздуто въ центральныхъ частяхъ. При наблюденіи этой группы кажется, что отъ ея центра идутъ лучи во всѣ стороны къ внѣшней границѣ. Она лежитъ въ области неба, весьма бѣдной звѣздами, и была открыта въ 1746 году астрономомъ Маральди.

$AR = 322^0\ 4'$, $D = -1^0\ 16'$ въ созвѣздіи Водолея. Красивое, круглое, большое, разложимое на отдѣльныя звѣзды скопленіе. Около центра яркость его настолько велика, что оно кажется пылающимъ, хотя звѣзды распредѣлены довольно равномѣрно по всей группѣ. По виду эта группа похожа на кучку золотого песку. Діаметръ самой яркой части группы составляетъ $1{,}5'$; яркость этой части приблизительно равна яркости звѣзды 6-ой величины. Открыта астрономомъ Маральди въ 1746 г. На таблицѣ, приложенной къ стр. 663 эта звѣздная куча изображена подъ № 4.

$AR = 358^0\ 0'$, $D = +\ 56^0\ 10'$ въ Кассіопеѣ. Очень красивая, большая, круглая группа, состоящая изъ большого числа тѣсно сплоченныхъ звѣздъ отъ 10-ой до 14-ой величины. Къ центру вся группа мало-по-малу увеличивается въ яркости, но не обладаетъ ясно выраженнымъ ядромъ. Діаметръ группы равенъ 15′. Открыта Каролиной Гершель въ 1783 году.

Изъ числа тѣхъ скопленій, въ центрѣ которыхъ находятся красивыя цвѣтныя звѣзды, должно отмѣтить слѣдующія:

$AR = 33^0\ 51'$, $D = +\ 56^0\ 38'$ χ Персея, о которой мы уже упоминали выше.

$AR = 78^0\ 18'$, $D = +\ 39^0\ 14'$ въ созвѣздіи Возничаго. Богатая звѣздная группа съ оранжевой звѣздой 7-ой величины.

$AR = 321^0\ 46'$, $D = +\ 51^0,\ 9'$ въ созвѣздіи Лебедя. Красивое скопленіе, діаметръ котораго равенъ 8′; оно состоитъ изъ звѣздъ отъ 13-ой до 15-ой величины, не очень тѣсно скученныхъ; въ центрѣ находится красноватая звѣзда 10-ой величины.

$AR = 325^0\ 11'$, $D = +\ 53^0\ 14'$ въ Лебедѣ. Весьма замѣчательный небесный объектъ. Это скопленіе имѣетъ видъ овальнаго кольца, образованнаго близко другъ къ другу находящимися звѣздами; діаметръ скопленія равенъ 4′; въ центрѣ кольца находится рубиновая звѣзда отъ 9-ой до 10-ой величины.

Сюда можно отнести также необыкновенно красивое, богатое, шарообразное скопленіе, которое состоитъ изъ очень мелкихъ звѣздочекъ, и положеніе котораго опредѣляется координатами: $AR = 242^0\ 47'$, $D = -\ 22^0\ 44'$. Внутри этого скопленія въ серединѣ мая 1860 года появилась новая звѣзда, а по краямъ находятся 2 перемѣнныя звѣзды (§ 198, № 71).

На небѣ не мало также такихъ звѣздныхъ группъ, въ центрѣ которыхъ находятся двойныя звѣзды. Таковы, напр., нижеслѣдующія звѣздныя группы:

$AR = 38^0\ 54'$, $D = +\ 42^0\ 21'$ въ созвѣздіи Персея. Красивая группа, состоящая приблизительно изъ 20 звѣздъ отъ 9-ой до 10-ой величины и изъ большого числа болѣе мелкихъ звѣздъ. Въ центрѣ находится двойная звѣзда.

$AR = 75^0\ 19'$, $D = +\ 36^0\ 55'$ въ созвѣздіи Возничаго. Тѣсная группа, содержащая отъ 20 до 30 звѣздъ съ двойной звѣздой въ центрѣ.

$AR = 101^0\ 40'$, $D = +\ 0^0\ 35'$ въ Единорогѣ. Богатое скопленіе, состоящее какъ бы изъ трехъ вѣтвей. Наибольшое протяженіе составляетъ около 20′. Главная звѣзда въ этомъ скопленіи двойная.

$AR = 122^0\ 12'$, $D = -\ 5^0\ 30'$ въ Единорогѣ. Красивое, большое, богатое скопленіе, состоящее изъ звѣздъ отъ 9-ой до 12-ой величины, между которыми виднѣется темное небо, усѣянное безчисленнымъ количествомъ маленькихъ свѣтящихся точекъ. Въ центрѣ лежитъ двойная звѣзда.

$AR = 300^0\ 32'$, $D = +\ 35^0\ 30'$ въ созвѣздіи Лебедя. Въ группѣ, состоящей изъ 5 болѣе или менѣе яркихъ и множества мелкихъ звѣздъ, находится одна двойная.

$AR = 300^0\ 58'$, $D = +\ 20^0\ 49'$ въ созвѣздіи Лисицы. Скопленіе, состоящее изъ большого числа звѣздъ отъ 9-ой до 12-ой величины; самая яркая изъ нихъ двойная.

$AR = 316^0\ 1'$, $D = +\ 50^0\ 26'$ въ Лебедѣ. Очень разбросанная группа, содержащая нѣсколько тройныхъ звѣздъ.

$AR = 358^0\ 0'$, $D = +\ 60^0\ 40'$ въ Цефеѣ. Очень богатое скопленіе съ діаметромъ въ 4′. Состоитъ изъ звѣздъ отъ 11-ой до 12-ой величины; одна изъ нихъ двойная.

Сюда относятся также упомянутыя выше группы въ созвѣздіи Персея и звѣздное скопленіе Ясли въ созвѣздіи Рака, въ центрѣ котораго также находится двойная звѣзда.

Въ перечисленныхъ группахъ двойныя звѣзды, если не всегда, то по бо́льшей части лежатъ въ самомъ центрѣ скопленія, и по яркости онѣ обыкновенно превосходятъ всѣ остальныя звѣзды. Далѣе, встрѣчаются такія группы, въ которыхъ слабыя, весьма близкія

другъ отъ друга звѣздочки расположены вокругъ яркой центральной звѣзды. Такова, напр. группа въ созвѣздіи Рака, положеніе которой опредѣляется координатами: $AR = 130^0\ 26'$, $D = +\ 12^0\ 58'$.

Выше нами уже была указана одна группа треугольной формы. Скопленіе подобной же формы находится еще въ созвѣздіи Кита; его положеніе опредѣляется координатами: $AR = 0^0\ 1'$, $D = -\ 21^0\ 16'$, и оно состоитъ всего изъ 12 звѣздъ. Въ созвѣздіи Лисицы находится четырехугольная группа, состоящая изъ близко стоящихъ другъ къ другу звѣздъ отъ 12-ой до 14-ой величины. Длина этого скопленія равна 4′, ширина 1,5′. Положеніе его опредѣляется координатами: $AR = 291^0\ 34'$, $D = +\ 20^0\ 4'$.

Въ Кассіопеѣ ($AR = 346^0\ 47'$, $D = +\ 60^0\ 2'$) лежитъ яркая группа, состоящая изъ звѣздъ, близко отстоящихъ другъ отъ друга и расположенныхъ въ два ряда, между которыми разсѣяно много мелкихъ звѣздочекъ. Вообще въ подобныхъ группахъ болѣе яркія звѣзды нерѣдко бываютъ сгруппированы такъ правильно, что такое расположеніе ихъ нельзя считать явленіемъ случайнымъ. Особеннаго же вниманія заслуживаютъ въ этомъ отношеніи тѣ скопленія, въ которыхъ ясно обнаруживается правильное расположеніе звѣздъ по кривымъ линіямъ, образующимъ родъ спирали, причемъ какъ въ началѣ, такъ и въ концѣ этой спирали находятся болѣе или менѣе яркія звѣзды. Замѣчательны эти звѣздныя группы тѣмъ, что онѣ являются интереснымъ прототипомъ спиралеобразныхъ туманностей, открытыхъ Россомъ (§ 209). Примѣромъ такихъ скопленій можетъ служить упомянутая выше звѣздная группа въ Змѣеносцѣ ($AR = 267^0\ 45'$, $D = -\ 19^0\ 0'$).

Подобное же спиралеобразное строеніе обнаруживаетъ богатая и очень красивая звѣздная группа въ созвѣздіи Близнецовъ ($AR = 90^0\ 40'$, $D = +\ 24^0\ 21'$).

§ 203. **Большія туманности.** Уже выше было замѣчено, что многія звѣздныя скопленія, разсматриваемыя при помощи слабыхъ трубъ, представляются намъ въ видѣ болѣе или менѣе яркихъ туманныхъ пятенъ, и что только въ очень сильные телескопы они могутъ быть разрѣшены на отдѣльныя звѣзды, изъ которыхъ они собственно и состоятъ. Вѣроятно, послѣднее справедливо и для такихъ небесныхъ объектовъ, которые даже въ лучшіе астрономическіе инструменты кажутся намъ туманностями, такъ какъ число неразрѣшимыхъ на отдѣльныя звѣзды туманностей уменьшается съ каждымъ новымъ улучшеніемъ оптической части инструментовъ. Поэтому мы могли бы считать всѣ туманныя образованія также звѣздными скопленіями или состоящими изъ слишкомъ мелкихъ и слабыхъ звѣздъ, или отстоящими такъ далеко отъ насъ, что ихъ невозможно разложить на отдѣльныя звѣзды. Однако, несомнѣнно, что между этими удивительными небесными объектами есть много такихъ, которые не состоятъ изъ отдѣльныхъ звѣздъ, а представляютъ собою совершенно особыя образованія и являются *свѣтящимися туманностями*, не по виду только, но и въ *дѣйствительности*.

Сюда относятся прежде всего отдѣльныя области неба, сплошь, на протяженіи нѣсколькихъ градусовъ, покрытыя туманной массой. Эти туманныя массы отличаются не только бо́льшею яркостью въ сравненіи съ окружающимъ ихъ темнымъ фономъ неба, но также и особеннымъ видомъ, напоминающимъ чешуи, или хлопья, и нерѣдко онѣ обладаютъ столь незначительною яркостью, и ихъ границы бываютъ настолько неопредѣленны и размыты, что распознать эти туманности на небѣ удается лишь съ большимъ трудомъ. Ниже для нѣкоторыхъ туманностей даны размѣры въ квадратныхъ градусахъ, причемъ для сравненія надо имѣть въ виду, что видимый дискъ солнца или луны занимаетъ приблизительно всего $^1/_4$ квадратнаго градуса. Слѣдовательно, туманность, раскинувшаяся, напр., на 5 квадратныхъ градусовъ, занимаетъ на небѣ площадь, въ 20 разъ превосходящую площадь, занимаемую солнцемъ. Подобнымъ же образомъ туманность въ 8 квадратныхъ градусовъ по площади въ 32 раза больше солнца. Если такая туманность находится отъ насъ на разстояніи, равномъ одной единицѣ звѣздныхъ разстояній (§ 175), иначе говоря, — на

разстояніи 31 билліона километровъ, то ея діаметръ долженъ составлять 1,7 билліоновъ километровъ, то-есть онъ долженъ въ 300 разъ превосходить большую ось орбиты Урана, равную круглымъ числомъ 5700 милліонамъ километровъ; о столь грандіозныхъ размѣрахъ, даже при самомъ пылкомъ воображеніи, совершенно невозможно составить себѣ сколько-нибудь правильнаго понятія.

Туманности:	*AR.*	*D.*	Число квадр. град.
Въ созвѣздіи Рыбъ . .	4° 15′	+ 4° 0′	7,6
» » Андромеды .	10 0	+ 43 21	8,6
» » Возничаго .	79 0	+ 25 0	3,4
» » Оріона . .	82 35	— 4 34	4,6
» » Волопаса .	210 5	+ 34 1	1,6
» » Водолея .	311 25	— 2 23	4,1

Здѣсь приведены далеко не всѣ туманности, а перечислены лишь самыя большія изъ нихъ, открытыя еще В. Гершелемъ, которому кромѣ нихъ было извѣстно еще такое множество мелкихъ туманныхъ пятенъ, что, если бы ихъ соединить всѣ вмѣстѣ, то они заняли бы на небесномъ сводѣ поверхность въ 200 квадратныхъ градусовъ. Благодаря успѣхамъ оптики, и особенно, благодаря фотографическимъ снимкамъ неба при экспозиціи въ нѣсколько часовъ, въ послѣднее время удалось открыть нѣсколько еще болѣе значительныхъ туманностей. Такъ, едва ли можно сомнѣваться, что большая часть созвѣздія Оріона покрыта блѣдной туманной дымкой, включая сюда и яркую туманность около звѣзды θ; точно такъ же, по наблюденіямъ Барнарда, кромѣ отдѣльныхъ туманныхъ хлопьевъ, которыя уже давно были открыты въ звѣздной группѣ Плеядъ и въ ея окрестностяхъ, къ сѣверу отъ этой группы находится еще огромная туманная масса. Тотъ же наблюдатель открылъ вблизи ρ Змѣеносца большую туманность, которая охватываетъ также Антареса и ν Скорпіона (см. приложенную при семъ таблицу). Затѣмъ Максъ Вольфъ открылъ нѣсколько большихъ туманностей въ Кассіопеѣ и замѣтилъ, что въ этомъ созвѣздіи наиболѣе богатыя звѣздами области заполнены тонкими туманными массами. Точно также Шейнеръ открылъ большую туманность, занимающую нѣсколько квадратныхъ градусовъ, вблизи ξ Персея ($AR = 69^0\ 14'$, $D = +46^0\ 8'$). Словомъ, число нѣжныхъ туманностей, разсѣянныхъ въ міровомъ пространствѣ, повидимому, необыкновенно велико.

Кромѣ только-что описанныхъ, во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково слабыхъ туманностей, встрѣчаются также и такія, среди которыхъ замѣтны отдѣльныя болѣе яркія мѣста, или такъ называемые свѣтовые узлы. Эти узлы очень часто имѣютъ круглую форму, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда ихъ яркость быстро увеличивается, по мѣрѣ приближенія къ ихъ центру. Кромѣ того, часто встрѣчаются близкія другъ къ другу, но совершенно отдѣльныя туманности, по своему виду вполнѣ похожія на свѣтовые узлы. Такъ, въ созвѣздіи Волосъ Вереники ($AR = +193^0\ 40'$, $D = +28^0\ 30'$), на пространствѣ одной четверти квадратнаго градуса, находится 8 подобныхъ туманностей, въ Андромедѣ ($AR = 19^0\ 31'$, $D = +32^0\ 46'$)—7, въ созвѣздіи Льва ($AR = 179^0\ 46'$, $D = +20^0\ 53'$)—6 и т. д.; наконецъ, примѣры, гдѣ внутри такого пространства лежатъ 4 или 5 подобныхъ туманностей, никоимъ образомъ не принадлежатъ къ числу рѣдкихъ. По всей вѣроятности, эти группы туманностей, сходныхъ съ свѣтовыми узлами, суть только болѣе свѣтлыя мѣста другихъ болѣе значительныхъ туманностей, остальныя части которыхъ не видны вслѣдствіе ихъ весьма незначительной яркости. Замѣчательно, что въ созвѣздіи Дѣвы находится весьма большое число этихъ, если можно такъ выразиться, туманныхъ ядеръ, и, напр., Гершелю неоднократно приходилось наблюдать, что въ теченіе получаса въ полѣ зрѣнія неподвижнаго телескопа проходило до 30 такихъ ядеръ; эти ядра имѣютъ такой видъ, какъ-будто они явились результатомъ разрыва большой туманности или же представляютъ собою



Скопленіе туманностей около звѣздъ α (Антаресъ) и ν Scorpii, по фотографіи Барнарда.

мѣстныя сгущенія этой послѣдней. Созвѣздіе Дѣвы является собственно лишь начальнымъ пунктомъ огромнаго скопища такихъ туманныхъ ядеръ, которыя въ значительномъ числѣ встрѣчаются также въ созвѣздіяхъ Волосъ Вереники, Большой Медвѣдицы, Андромеды и Сѣверныхъ Рыбъ; конечный же пунктъ этого скопища находится около головы Центавра.

§ 204. **Туманности правильной формы.** Туманности этого рода всегда имѣютъ или эллиптическую, или почти круглую форму (см. таблицу, приложенную къ стр. 663). Круглыя туманности по бо́льшей части обладаютъ свѣтлымъ ядромъ, граница котораго концентрична съ внѣшнимъ очертаніемъ всей туманной массы. Кромѣ того, круглыя туманности обыкновенно гораздо легче поддаются разложенію на отдѣльныя звѣзды, чѣмъ эллиптическія. Правильныя туманности отличаются отъ предыдущихъ большой яркостью и малыми размѣрами. Къ правильнымъ туманностямъ принадлежатъ слѣдующія:

$AR = 19^0\ 54'$, $D = +\ 9^0\ 1'$ въ созвѣздіи Рыбъ. Свѣтлая, круглая туманность, яркость которой довольно быстро увеличивается, по мѣрѣ приближенія къ центру. Діаметръ туманности равенъ $1'$.

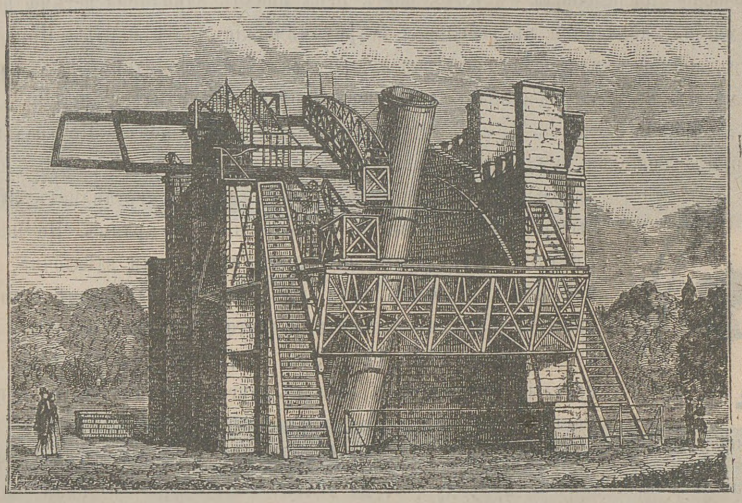


Рис. 245.

$AR = 129^0\ 5'$, $D = +\ 50^0\ 34'$ въ Большой Медвѣдицѣ. Довольно свѣтлая, узкая эллиптическая туманность, которая въ серединѣ сразу становится болѣе яркою; ея ширина равна $20''$, длина — $30''$

$AR = 146^0\ 50'$, $D = +\ 69^0\ 32'$ въ Большой Медвѣдицѣ. Красивая, эллиптическая, очень широкая туманность съ слабыми лучеобразными отростками по краямъ. По мѣрѣ приближенія отъ краевъ туманности къ центру, ея яркость увеличивается сначала медленно, а затѣмъ необыкновенно быстро. Самая густая часть ея имѣетъ $4'$ въ длину и $3'$ въ ширину. Она была открыта въ 1774 г. астрономомъ Боде. Всего въ $0{,}5^0$ къ сѣверу отъ нея лежитъ другая туманность совершенно такого же характера, но меньшихъ размѣровъ и болѣе слабая по яркости.

$AR = 176^0\ 54'$, $D = +\ 44^0\ 41'$, въ Большой Медвѣдицѣ. Замѣчательно красивая, яркая круглая туманность, діаметромъ отъ 3 до 4 минутъ. Края очень размыты; яркость постепенно увеличивается по направленію къ центру.

$AR = 271^0\ 49'$, $D = +\ 6^0\ 49'$ въ Змѣеносцѣ. Прекрасная туманность, круглая и очень рѣзко очерченная. Яркость ея очень значительна, и туманность имѣетъ сходство со звѣздой 8—9-ой величины. Свѣтъ ея блѣдный и тусклый, но подобенъ свѣту звѣздъ. Видна уже въ сумерки. Діаметръ составляетъ $8''$.

$AR = 338^0\ 7'$, $D = +33^0\ 54'$ въ созвѣздіи Пегаса. Очень свѣтлая, эллиптическая, довольно широкая туманность; по направленію къ центру яркость быстро увеличивается; длина туманности равна 90″, ширина—30″. Очень близко отъ этой туманности находится другая, болѣе слабая, діаметръ которой равенъ 16″.

§ 205. **Двойныя туманности.** Часто случается, что двѣ туманности, подобно неподвижнымъ звѣздамъ, такъ близко стоятъ одна подлѣ другой, что невольно является мысль о существованіи между ними тѣсной физической связи. Нерѣдко двѣ туманности, находящіяся очень близко одна отъ другой, бываютъ соединены другъ съ другомъ небольшой полоской туманной массы, такъ что можно прослѣдить переходъ одной туманности въ другую. Иногда на краяхъ одной изъ двухъ близкихъ туманностей бываютъ замѣтны выступы; другая же на краяхъ обладаетъ впадинами, которыя по размѣрамъ и формѣ вполнѣ соотвѣтствуютъ выступамъ первой туманности. Благодаря огромному зеркальному телескопу Росса (рис. 245), удалось доказать, что у нѣкоторыхъ двойныхъ туманностей дѣйствительно существуетъ связь между составляющими, такъ какъ объ эти составляющія окружены, и вообще прилегающая къ нимъ часть неба вполнѣ заполнена весьма разрѣженной туманной массой, невидимой въ небольшіе астрономическіе инструменты. При этомъ составляющія двойной туманности часто образуютъ какъ бы ядра этой болѣе значительной туманной массы. Къ числу двойныхъ туманностей относятся слѣдующія:

$AR = 109^0\ 49'$, $D = +29^0\ 41'$ въ созвѣздіи Близнецовъ. Центральныя части обѣихъ соприкасающихся туманностей настолько ярки, что онѣ блестятъ почти какъ звѣзды. Разстояніе между этими ядрами составляетъ 30″. Яркость быстро уменьшается по направленію къ краямъ. По наблюденіямъ Росса, между ядрами находится слабенькая звѣздочка, и отъ обоихъ ядеръ исходятъ лучи туманной массы; кромѣ того, эти ядра какъ бы окружены сегментами другой туманной оболочки (рис. 246).



Рис. 246.

$AR = 179^0\ 12'$, $D = -18^0\ 19'$ въ созвѣздіи Чаши. Двѣ круглыя, переходящія одна въ другую туманности; въ центральныхъ частяхъ объ онѣ гораздо ярче, чѣмъ по краямъ.

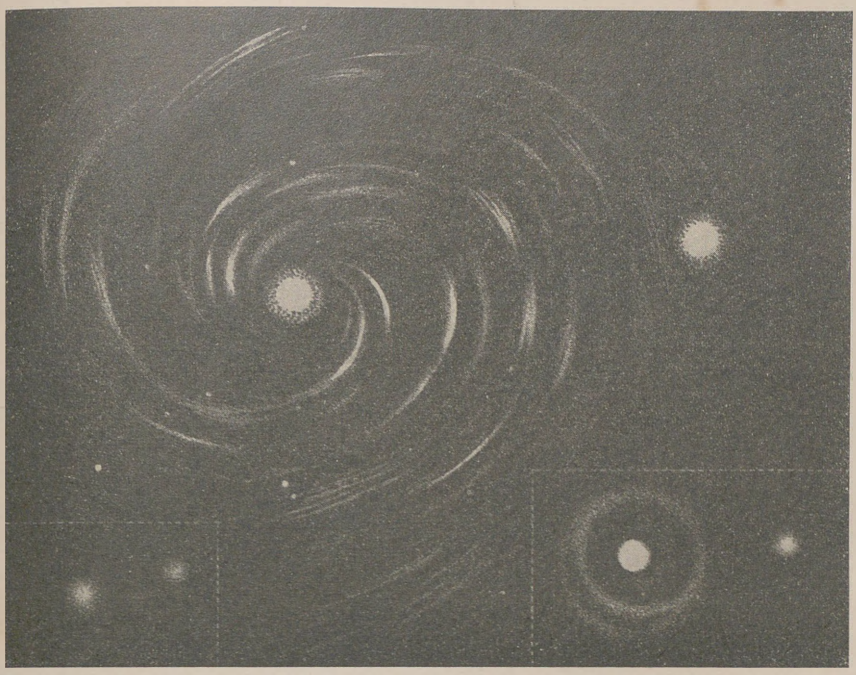
$AR = 185^0\ 15'$, $D = +34^0\ 4'$ въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Почти такая же пара, какъ и предыдущая, но только болѣе значительная по величинѣ. Длина всей системы этихъ двухъ туманностей составляетъ 10′, а ширина 3′. Поблизости находятся еще двѣ туманности, которыя съ предыдущими образуютъ трапецію.

$AR = 187^0\ 52'$, $D = +11^0\ 48'$ въ созвѣздіи Волосъ Вероники. Очень красивая двойная туманность; объ составляющія свѣтлыя, круглыя и въ центральныхъ частяхъ болѣе яркія. Діаметры ихъ соотвѣтственно равны 45″ и 60″.

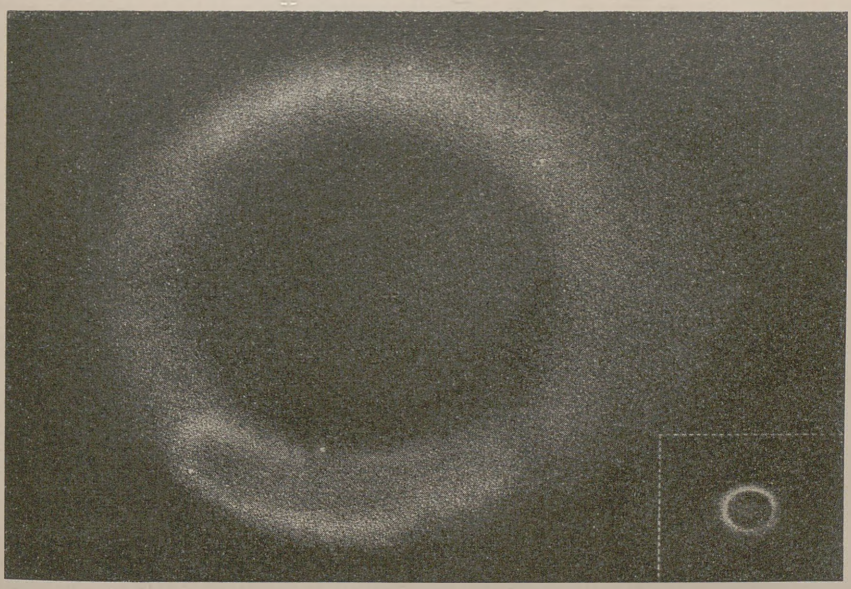
$AR = 189^0\ 46'$, $D = +32^0\ 43'$ въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Двѣ эллиптическія, заостренныя на концахъ туманности. Оба эти эллипса соприкасаются другъ съ другомъ и расположены такъ, что ихъ оси взаимно перпендикулярны. Большая туманность свѣтлѣе, и у обѣихъ яркость сильно увеличивается къ центру.

$AR = 225^0\ 44'$, $D = 19^0\ 57'$ въ Волопасѣ. Обѣ туманности эллиптической формы; онѣ почти касаются другъ друга, и оси ихъ составляютъ приблизительно одну прямую линію.

§ 206 **Планетарныя и кольцеобразныя туманности.** Планетарныя туманности представляются намъ, какъ и планеты въ видѣ круглыхъ рѣзко очерченныхъ дисковъ, имѣющихъ повсюду одинаковую яркость, безъ усиленія послѣдней въ центрѣ. Нѣкоторыя изъ нихъ, кромѣ того, окружены болѣе слабымъ туманнымъ кольцомъ, какъ бы кольцеобразной атмосферой. Поверхность этихъ туманностей имѣетъ такой видъ, какъ-будто они покрыты чешуей или хлопьями; но это нисколько не устраняетъ ихъ отличительной особенности—равномѣрной яркости во всѣхъ частяхъ ихъ диска. Отсутствіе усиленія яркости къ центру,



Спиральная туманность въ Охотничьихъ собакахъ.



Кольцевая туманность въ Лирѣ.

которое непремѣнно замѣчалось бы, если бы эти туманности имѣли шарообразное строеніе, позволяетъ думать, что онѣ представляютъ собою плоскіе диски или пустыя внутри сферы. Нѣкоторыя туманности, повидимому, и дѣйствительно являются полыми сферами, такъ какъ лордъ Россъ замѣтилъ, что при наблюденіи планетарныхъ туманностей, при помощи его колоссальнаго рефлектора, у многихъ изъ нихъ исчезаютъ и правильность строенія и, въ особенности, равномѣрность ихъ блеска: дѣйствительно, въ полѣ зрѣнія этого рефлектора онѣ кажутся кольцеобразными съ пустотой въ серединѣ, причемъ это пустое пространство такъ мало, что его нельзя видѣть при слабомъ увеличеніи. Замѣчательно также, что извѣстная туманность въ созвѣздіи Лиры, въ телескопы средней силы представляющаяся кольцеобразной (см. приложенную при семъ таблицу), при слабомъ увеличеніи имѣетъ видъ обыкновенной планетарной туманности. Часто случается, что такія туманности окружены множествомъ мелкихъ звѣздъ. Точно также бросается въ глаза ихъ голубая окраска, которая такъ рѣдко встрѣчается у одиночныхъ звѣздъ. Только будущія наблюденія могутъ дать намъ точныя свѣдѣнія объ этихъ загадочныхъ небесныхъ тѣлахъ.

$AR = 34^0\ 5'$, $D = +41^0\ 54'$ въ Андромедѣ. Очень слабая, эллиптическая туманность; длина ея составляетъ $4'$, а ширина $40''$. Въ серединѣ ея замѣтно темное продолговатое пространство, внутри котораго находятся двѣ маленькія звѣздочки. По всей вѣроятности, это темное мѣсто есть отверстіе кольца, плоскость котораго слишкомъ сильно наклонена къ лучу нашего зрѣнія, вслѣдствіе чего она и кажется намъ узкой эллиптической полоской.

$AR = 84^0\ 9'$, $D = +9^0\ 2'$ въ Оріонѣ. Планетарная туманность діаметромъ въ $12''$ Она имѣетъ слегка эллиптическую форму и не рѣзко очерчена.

$AR = 114^0\ 19'$, $D = -14^0\ 30'$ въ Кораблѣ Арго. Планетарная туманность совершенно круглая; діаметръ ея равенъ $56''$. Внутри, нѣсколько къ сѣверу отъ центра, находится слабая звѣздочка; эта туманность лежитъ на сѣверномъ концѣ красивой звѣздной группы.

$AR = 167^0\ 14'$, $D = +55°, 33'$ вблизи β Большой Медвѣдицы. Самая большая изъ планетарныхъ туманностей. Она имѣетъ видъ большого, равномѣрно освѣщеннаго, совершенно правильнаго, но не рѣзко очерченнаго туманнаго диска. На краяхъ яркость туманности сразу уменьшается. Россъ замѣтилъ внутри туманности два темныхъ пятна со свѣтлыми центрами; вся туманность казалась ему неравномѣрно освѣщенной. Діаметръ туманности составляетъ около $3'$.

$AR = 191^0\ 37'$, $D = +73^0\ 25'$ въ созвѣздіи Дракона. Довольно слабая круглая туманность. діаметромъ въ $40''$. Средняя часть, діаметромъ около $30''$, освѣщена совершенно равномѣрно.

$AR = 282^0\ 27'$, $D = +32^0\ 54'$. Красивое, кольцеобразное, туманное пятно въ созвѣздіи Лиры,—единственный небесный объектъ этого рода, который даже въ слабые телескопы сохраняетъ особенности, характерныя для этой группы туманностей (см. приложенную при семъ таблицу, маленькій рисунокъ, въ углу направо). Оно находится между двумя яркими звѣздами β и γ Лиры. Внѣшній діаметръ кольца достигаетъ $1'$. Внутреннее отверстіе кольца въ сильные телескопы не представляется такимъ же темнымъ, какъ и внѣшній фонъ неба, но оно, повидимому, заполнено болѣе разрѣженной туманной массой (см. указанную таблицу, большой рисунокъ). Вся туманность имѣетъ видъ обруча, затянутаго вуалью. Лордъ Россъ, Секки и Шакорнакъ полагали, что эту туманность можно разложить на отдѣльныя звѣзды, но они были неправы, такъ какъ спектръ этой туманности состоитъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій, т.-е. является характернымъ спектромъ свѣтящагося газа. Съ начала XIX-го столѣтія неоднократно замѣчали вблизи центра кольца слабую звѣздочку, которую по временамъ нельзя было видѣть даже въ самые сильные инструменты, такъ что она, по всей вѣроятности, является перемѣнной звѣздой. Въ 1886 году она отпечатлѣлась также на фо-

тографическомъ снимкѣ туманности, полученномъ Готтардомъ, и съ тѣхъ поръ при продолжительной экспозиціи она неоднократно выходила на фотографическихъ пластинкахъ. Замѣчательно, что не только эта звѣздочка, но также и туманная дымка внутри кольца на фотографическихъ снимкахъ выступаютъ гораздо отчетливѣе, чѣмъ при непосредственныхъ наблюденіяхъ; изъ этого слѣдуетъ, что внутреннія части этого свѣтила гораздо богаче химическими лучами, чѣмъ внѣшнія.

$AR = 294^0\ 35'$, $D = -14^0\ 23'$ въ созвѣздіи Стрѣльца. Свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность; діаметръ ея равенъ 10″; по яркости она сравнима со звѣздой 9-ой величины. Очень близко отъ этой туманности лежатъ двѣ звѣздочки. Секки полагаетъ, что эту туманность можно разложить на отдѣльныя звѣзды.

$AR = 303^0\ 6'$, $D = +30^0\ 16'$ въ Лебедѣ. Одна изъ самыхъ большихъ планетарныхъ туманностей, круглая, очень рѣзко очерчена; края ея гораздо ярче, чѣмъ середина, поэтому она имѣетъ кольцеобразный видъ и похожа на извѣстную туманность въ созвѣздіи Лиры.

$AR = 304^0\ 28'$, $D = +19^0\ 47'$ въ созвѣздіи Лисицы. Маленькая, свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность; по краямъ она нѣсколько размыта. Діаметръ ея составляетъ отъ 20″ до 30″. Поблизости отъ нея находятся четыре маленькія звѣздочки.

$AR = 314^0\ 41'$, $D = -11^0\ 46'$ вблизи ν Водолея. Маленькая, свѣтлая, совершенно круглая планетарная туманность съ голубоватымъ оттѣнкомъ; яркость ея во всѣхъ частяхъ совершенно одинакова. По наблюденіямъ Росса, края этой туманности имѣютъ лучеобразную форму и на двухъ діаметрально противоположныхъ концахъ ея видны два острыхъ выступа (рис. 247). Лассель на Мальтѣ въ трубу съ сильнымъ увеличеніемъ замѣтилъ внутри туманности свѣтлое, почти вездѣ одинаково широкое, эллиптическое кольцо, рѣзко очерченное и не находящееся въ связи съ окружающей его туманностью. Плоскость этого кольца почти перпендикулярна къ лучу нашего зрѣнія. Въ центрѣ кольца находится свѣтлая звѣзда. Вся система напоминаетъ своимъ видомъ тѣсную группу свѣтящихся точекъ, подобную млечному пути. Большая ось эллиптическаго кольца равна 26″, малая—17″.



Рис. 247.

$AR = 350^0\ 16'$, $D = +41^0\ 59'$ въ Андромедѣ. Планетарная, совершенно круглая туманность блѣдноголубого цвѣта, діаметромъ въ 15″. По своему виду она отличается отъ другихъ туманностей и производитъ впечатлѣніе звѣзды, помѣщенной внѣ фокуса телескопа. По Россу, она имѣетъ форму кольца, окруженнаго слабо свѣтящимся сіяніемъ. Недалеко отъ туманности находится двойная звѣзда.

Къ этой категоріи туманностей принадлежатъ также такія, внутри которыхъ находятся темныя пространства, представляющія собою или настоящія отверстія, или менѣе богатыя звѣздами части туманностей. Сюда относятся:

$AR = 188^0\ 42'$, $D = -11^0\ 3'$ въ созвѣздіи Дѣвы. Свѣтлая, имѣющая эллиптическую форму туманность, длиною въ 5′, шириною въ 0,5′. Болѣе яркое ядро лежитъ какъ будто отдѣльно отъ самой туманности, такъ какъ они раздѣлены другъ отъ друга темнымъ пространствомъ. Вся эта своеобразная система окружена тонкой туманной матеріей, имѣющей эллиптическую форму.

$AR = 269^0\ 4'$, $D = -23^0\ 2'$ въ созвѣздіи Стрѣльца. Вилообразная распадающаяся на три отростка туманность (trifid). Внутри туманности лежитъ тройная звѣзда, подлѣ которой находится темное отверстіе неправильной формы (рис. 248).

§ 207. **Туманныя звѣзды.** Подъ этимъ именемъ разумѣютъ яркія звѣзды, окруженныя шарообразной туманностью; впрочемъ, Россъ показалъ, что у нѣкоторыхъ изъ нихъ ядро, кажущееся неподвижной звѣздой, представляетъ собою собственно собраніе огромнаго числа звѣздъ, настолько мелкихъ и близкихъ другъ къ другу, что даже при сильномъ увеличеніи все ядро имѣетъ видъ обыкновенной звѣзды.

$AR = 1^0\ 55'$, $D = +71^0\ 58'$ въ Цефеѣ. Звѣзда 10-й величины съ круглымъ рѣзко выдѣляющимся свѣтлымъ ореоломъ, діаметръ котораго равенъ 15″.

$AR = 60^0\ 45'$, $D = +30^0\ 31'$ въ Тельцѣ. Звѣзда 8—9-ой величины, окруженная здѣсь слабой туманной оболочкой діаметромъ въ 25″. Нѣсколько весьма близкихъ къ ней звѣздъ совершенно лишены туманнаго ореола.

$AR = 82^0\ 47'$, $D = -1^0\ 16'$ ε Оріона. Красивая звѣзда, окруженная очень большой туманностью.

$AR = 96^0\ 48'$, $D = +10^0\ 14'$ въ созвѣздіи Близнецовъ. Звѣзда 11-ой величины окруженная круглой, блѣдной туманностью, которая по краямъ сильно размыта. Свѣтъ этой звѣзды тусклый. Діаметръ туманности составляетъ отъ 70″ до 80″.

$AR = 110^0\ 49'$, $D = +21^0\ 7'$ въ созвѣздіи Близнецовъ. Звѣзда 8-ой величины, находящаяся почти въ центрѣ круглой и свѣтлой туманности, діаметръ которой равенъ 12″ Эта туманность, по наблюденіямъ Росса, имѣетъ форму кольца съ лучами по краямъ.

$AR = 132^0\ 20'$, $D = -2^0\ 41'$ въ созвѣздіи Гидры. Эллиптическая, съ обоихъ концовъ сильно заостренная туманность. Въ каждомъ остріѣ находится по слабой звѣздочкѣ, изъ которыхъ одна 9-ой, а другая 13-ой величины.

$AR = 154^0\ 55'$, $D = +17^0\ 40'$ въ Большомъ Львѣ. Звѣздочка 9-ой величины съ эллиптической туманностью. Положеніе звѣзды не совпадаетъ съ центромъ туманности.

$AR = 158^0\ 8'$, $D = +54^0\ 2'$ къ югу отъ β Большой Медвѣдицы. Круглая, свѣтлая туманность; по направленію къ центру яркость ея сильно возрастаетъ. Діаметръ всей туманности равенъ 1′, діаметръ круглаго, яркаго ядра составляетъ 15″.

$AR = 171^0\ 59'$, $D = +47^0\ 36'$ въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы. Длинная, свѣтлая туманность эллиптической формы. Яркость ея увеличивается отъ краевъ къ центру сначала медленно, а потомъ вблизи самаго центра очень быстро. Въ самомъ центрѣ лежитъ звѣздочка 13-ой величины. Видимая длина всей туманности составляетъ около 4′, ширина равна 2′. Въ сѣверной ея части находится звѣзда 10-ой величины.

$AR = 185^0\ 3'$, $D = +5^0\ 29'$ въ созвѣздіи Дѣвы. Звѣзда 9-ой величины, окруженная свѣтлымъ, круглымъ ореоломъ, который можно видѣть уже въ сумерки.

$AR = 188^0\ 8'$, $D = +12^0\ 20'$ въ созвѣздіи Дѣвы. Свѣтлая звѣзда 9-ой величины и нѣсколько другихъ болѣе слабыхъ звѣздочекъ окружены тонкой туманной массой.

$AR = 191^0\ 22'$, $D = +26^0\ 3'$ въ созвѣздіи Волосъ Вереники. Звѣзда или, скорѣе, маленькое, блестящее ядро, окутанное большой овальной туманностью, длина которой достигаетъ 4′, а ширина равна 3′.

$AR = 349^0\ 6'$, $D = +60^0\ 38'$ въ созвѣздіи Цефея. Звѣзда 9-ой величины, окруженная слабо свѣтящейся круглой туманностью.

Нѣкоторыя изъ относящихся къ этой категоріи туманностей, по большей части круглой или эллиптической формы, являются оболочками для двойныхъ или даже тройныхъ звѣздъ. Нерѣдко также можно наблюдать, что 4 или 5 звѣздъ, при довольно значительномъ разстояніи между ними, окутаны одной и той же туманностью; а иногда даже встрѣчаются отдѣльныя, круглыя звѣздныя скопленія, окруженныя шарообразной туманной массой. Туманности этого рода нерѣдко имѣютъ видъ длинной узкой полоски, проходящей черезъ нѣсколько звѣздъ и какъ бы соединяющей ихъ въ одно общее цѣлое, въ одну систему. Иногда двѣ яркія звѣзды лежатъ въ вершинахъ или въ фокусахъ эллиптической туманности. Въ большинствѣ случаевъ, уже съ перваго взгляда на эти замѣчательныя образованія, видно, что туманность и звѣзды связаны другъ съ другомъ и составляютъ какъ бы особую систему. Въ томъ случаѣ, когда звѣзда лежитъ въ самомъ центрѣ круглой туманности, едва ли можно сомнѣваться въ существованіи внутренней зависимости этихъ двухъ тѣлъ; но и въ томъ случаѣ, когда звѣзды расположены отдѣльно отъ туманностей, все же ихъ положеніе часто бываетъ настолько замѣчательнымъ, что лишь съ большимъ

трудомъ можно было бы его приписать простому случаю или оптическому обману. Ниже перечислены нѣкоторые изъ небесныхъ объектовъ, обладающихъ тою или другою изъ указанныхъ особенностей.

$AR = 18^0\ 13'$, $D = +57^0\ 48'$ въ созвѣздіи Кассіопеи. Двойная звѣзда; болѣе яркая составляющая 9-ой величины; разстояніе между составляющими равно $12''$. Она находится въ серединѣ большой круглой туманности или, скорѣе, звѣзднаго скопленія.

$AR = 26^0\ 50'$, $D = +40^0\ 14'$; 55 Андромеды. Слабая двойная звѣздочка, съ круглымъ ореоломъ, діаметръ котораго равенъ $90''$. Открыта Фламстидомъ.

$AR = 81^0\ 12'$, $D = +34^0\ 10'$ въ созвѣздіи Возничаго. Круглая туманность, окружающая тройную звѣзду. Послѣднія составляютъ равносторонній треугольникъ, каждая изъ сторонъ котораго равна $4''$. Звѣзды эти 9-ой, 11-ой и 12-ой величины. Нѣкоторымъ наблюдателямъ туманность представлялась не круглой, но имѣющей также видъ приблизительно равносторонняго треугольника, причемъ положеніе и форма этого второго треугольника представляютъ полное подобіе съ фигурой, образованной звѣздами.

$AR = 104^0\ 51'$, $D = -11^0\ 10'$ въ созвѣздіи Единорога. Двойная звѣзда въ центрѣ круглой туманности.

$AR = 192^0\ 57'$, $D = +22^0\ 14'$ въ созвѣздіи Волосъ Вереники. Трудно раздѣлимая двойная звѣзда, окруженная круглой, свѣтлой и большой туманностью, діаметръ которой равенъ $6'$. Вблизи звѣзды находится черное пятнышко; можетъ-быть, это есть отверстіе въ туманности.



Рис. 248.

$AR = 272^0\ 47'$, $D = -19^0\ 55'$ въ Стрѣльцѣ. Свѣтлая, эллиптическая туманность. Въ каждомъ фокусѣ эллипса находится по звѣздѣ. Большая полуось видна подъ угломъ въ $50''$ (рис. 248).

$AR = 325^0\ 19'$, $D = +65^0\ 39'$ въ созвѣздіи Цефея. Тройная звѣзда, находящаяся по срединѣ слабой, нерѣзко очерченной туманности.

§ 208. **Звѣзды съ туманными лучами**. Въ этихъ небесныхъ тѣлахъ звѣзды лежатъ вблизи самой границы туманностей, причемъ послѣднія имѣютъ часто самую причудливую форму, какъ это видно изъ слѣдующихъ примѣровъ.

$AR = 25^0\ 56'$, $D = +5^0\ 25'$ въ Рыбахъ. Звѣзда 9-ой величины находится на концѣ очень слабой туманности, имѣющей видъ узкой, прямолинейной полоски.

$AR = 98^0\ 26'$, $D = +8^0\ 50'$ въ созвѣздіи Единорога. Звѣзда 11-ой величины съ свѣтлымъ вѣерообразнымъ хвостомъ. Какъ длина, такъ и наибольшая ширина этого туманнаго хвоста составляетъ около $1'$. Его острый конецъ, повидимому, не касается звѣзды; эта послѣдняя кажется матовой, и очертанія ея очень неясны. По Россу, звѣзда лежитъ вблизи маленькой, круглой туманности, и уже за этой туманностью, совершенно отдѣльно отъ нея, начинается другая, большая вѣерообразная туманность (рис. 249).



Рис. 249.

$AR = 127^0\ 12'$, $D = -15^0\ 48'$ въ созвѣздіи Единорога. Звѣзда 12-ой величины съ туманной кисточкой, длиною въ $15''$.

$AR = 132^0\ 56'$, $D = +54^0\ 9^0$ въ Большой Медвѣдицѣ. Звѣзда отъ 10-ой до 11-ой величины съ свѣтлымъ вѣерообразнымъ придаткомъ. Въ самой туманности видна еще одна очень слабая звѣздочка.

$AR = 164^0\ 32'$, $D = +18^0\ 40'$ въ созвѣздіи Большого Льва. Между двумя звѣздочками лежитъ туманность, имѣющая видъ электрической искры.

$AR = 168^0\ 47'$, $D = +14^0\ 8'$ въ созвѣздіи Большого Льва. Очень длинная и узкая туманная полоска, болѣе яркая посерединѣ. Длина равна $15'$, а ширина $1'$.

$AR = 182^0\ 42'$, $D = +13^0\ 43'$ въ Большомъ Львѣ. Очень свѣтлая эллиптическая, веретенообразная туманность. Діаметръ ея равенъ $7'$. Внутри яркаго ядра лежитъ маленькая звѣздочка.

$AR = 187^0\ 51'$, $D = +26^0\ 32'$ въ Волосахъ Вереники. Очень длинная туманная полоска съ слабымъ ядромъ, въ центрѣ котораго лежитъ звѣздочка 10-ой величины. Длина этой туманности равна $15'$, ширина $0{,}5'$. Недалеко отъ нея лежитъ другая параллельная ей туманная полоска меньшихъ размѣровъ.

$AR = 193^0\ 34'$, $D = +35^0\ 24'$ въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Маленькая слабо свѣтящаяся эллиптическая туманность, соединяющая двѣ звѣздочки 9-ой и 11-ой величины, находящіяся на ея концахъ.

$AR = 193^0\ 54'$, $D = +3^0\ 2'$ въ созвѣздіи Дѣвы. Звѣзда 9-ой величины; къ ней прикасается край маленькой овальной туманности.

§ 209. **Спиральныя туманности**. Изъ тѣхъ небесныхъ объектовъ, съ которыми мы познакомились лишь благодаря могущественнымъ оптическимъ инструментамъ новѣйшаго времени, въ особенности благодаря гигантскимъ рефлекторамъ Росса и Ласселля, безспорно, самыми интересными являются туманности съ спиралеобразнымъ распредѣленіемъ матеріи. Число такихъ туманностей весьма велико, но только ихъ спиральное строеніе

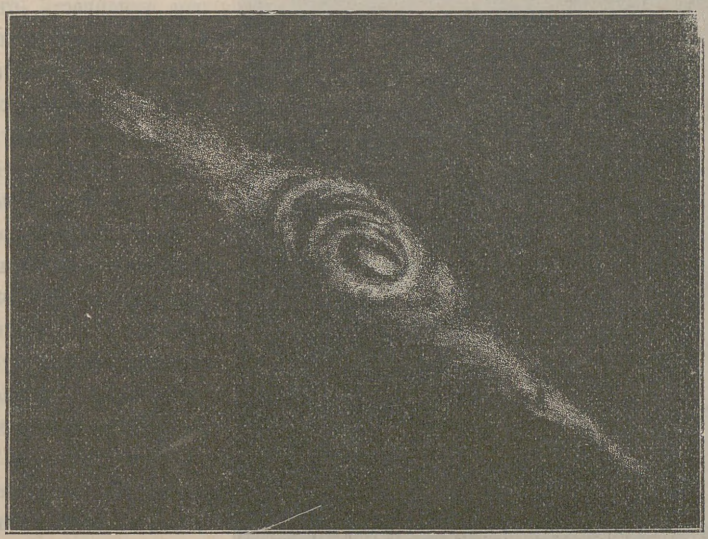


Рис. 250.

можно видѣть исключительно при помощи самыхъ сильныхъ телескоповъ. Ниже перечислены наиболѣе характерныя изъ этихъ туманностей.

$AR = 141^0\ 38'$, $D = +21^0\ 56'$ въ созвѣздіи Большого Льва. Въ слабую трубу эта туманность кажется эллиптической съ двумя свѣтлыми узлами; ея большая ось достигаетъ $3'$. По наблюденіямъ Росса, ядро болѣе свѣтлаго, южнаго узла представляетъ весьма рѣзкое скопленіе звѣздъ; вокругъ этого ядра, являющагося центромъ всей фигуры, расположена по спиралямъ матерія, образующая остальную часть туманности; въ этихъ-то завиткахъ и находится второе, болѣе слабое ядро.

$AR = 168^0\ 26'$, $D = +13^0\ 38'$ въ Большомъ Львѣ. Эллиптическая туманность съ круглымъ ядромъ; къ центру туманности яркость увеличивается. Длина всей туманности составляетъ около 4 минутъ; діаметръ ядра заключается въ предѣлахъ отъ $20''$ до $30''$. По наблюденіямъ Росса, эта туманность обладаетъ ясно выраженнымъ спиральнымъ строеніемъ (рис. 250).

$AR = 189^0\ 20'$, $D = +33^0\ 5'$ въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Очень длинная, эллиптическая или веретенообразная полоса съ слабымъ ядромъ, въ серединѣ котораго лежитъ довольно яркая звѣзда. Эта туманность въ длину простирается на $15'$ и на одномъ

концѣ искривлена. Возлѣ нея находится маленькая круглая туманность. Первая туманность, по наблюденіямъ Росса, обладаетъ спиральнымъ строеніемъ, а вторая имѣетъ эллиптическую форму.

$AR = 201^0\ 26'$, $D = +47^0\ 44'$ въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ. Въ высшей степени интересная туманность. Мессье описываетъ ее какъ двойную, тогда какъ, по Гершелю, это свѣтлое круглое ядро, окруженное туманнымъ кольцомъ, какъ бы прорваннымъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, и имѣющее неподалеку отъ кольца туманнаго спутника (см. таблицу, приложенную къ стр. 671, маленькіе рисунки въ нижнихъ углахъ). Россу въ его гигантскій телескопъ главное ядро казалось лучистымъ; изъ ядра по всѣмъ направленіямъ выходятъ спиральные завитки, причемъ болѣе яркіе изъ нихъ обнаруживаютъ ясные слѣды разложимости; въ болѣе слабый телескопъ туманность представляется кольцеобразною (см. вышеуказанную таблицу).



Рис. 251.

$AR = 344^0\ 59'$, $D = +11^0\ 47'$. Длинная веретенообразная туманность, въ $2'$ длиною и въ $30''$ шириною; по направленію къ центру яркость ея весьма правильно увеличивается. На каждомъ концѣ ея находится по звѣздѣ 11-ой величины, причемъ одна изъ нихъ нѣсколько сдвинута въ сторону отъ оси веретена. Внутри туманности замѣтны еще три очень слабенькихъ звѣздочки. По наблюденіямъ Росса, рядомъ съ этой веретенообразной туманностью находится еще другая спиральная, которая какъ бы касается первой.

Несомнѣнно, что съ постепеннымъ усовершенствованіемъ нашихъ наблюдательныхъ средствъ многія изъ перечисленныхъ въ предыдущихъ параграфахъ (§§ 204—208) туманностей окажутся спиральными, какъ это уже было съ только-что описанными туманностями, въ особенности съ предпослѣдней, которая, прежде чѣмъ было обнаружено ея спиральное строеніе, считалась сначала двойной, а затѣмъ кольцеобразной. Напримѣръ, можно уже теперь съ вѣроятностью, близкою къ достовѣрности, утверждать, что туманность въ Единорогѣ ($AR = 98^0\ 26'$, $D = +8^0\ 50'$, § 208) и двойная туманность въ Близнецахъ ($AR = 109^0,\ 49'$, $D = +29^0\ 41'$, § 205) принадлежатъ къ числу спиральныхъ. Въ высшей степени замѣчательно, что въ звѣздныхъ группахъ тоже замѣчается спиральное строеніе, на что, впрочемъ, уже было указано въ своемъ мѣстѣ (§ 202). * Напр., на рис. 251 изображена спиральная туманность въ созвѣздіи Рыбъ ($AR = 22^0\ 45'$, $D = +15^0\ 15'$), которую Мессье описывалъ какъ слабую, весьма большую шарообразную звѣздную кучу. Нашъ рисунокъ представляетъ этотъ замѣчательный небесный объектъ по фотографіи, полученной Исаакомъ Робертсомъ въ декабрѣ 1893 года. Фотографія ясно показываетъ, что звѣзды расположены по завиткамъ спирали. *

Гольденъ полагаетъ, что всѣ спиральныя туманности и цѣлый рядъ другихъ, имѣю-

щихъ неправильную, иногда весьма причудливую форму, устроены по одному и тому же образцу, за который онъ считаетъ нѣкоторую опредѣленную, типичную, спиральную туманность; поэтому онъ соединилъ всѣ эти туманности въ отдѣльную группу и назвалъ ихъ винтовыми.

§ 210. **Нѣкоторыя другія замѣчательныя туманности.** При необыкновенномъ разнообразіи формъ, въ видѣ которыхъ представляются разсѣянныя по не бу туманности ихъ нельзя всѣ подвести подъ перечисленные выше типы. Поэтому ниже мы укажемъ еще нѣкоторыя замѣчательныя образованія этого рода.

$AR = 82^0\ 7'$, $D = +21^0\ 57'$ въ созвѣздіи Тельца. Эта туманность можетъ служить примѣромъ того, какъ различны бываютъ описанія этихъ небесныхъ тѣлъ, въ зависимости отъ того, наблюдаютъ ли ихъ въ слабый или въ сильный телескопъ. Мессье, отыскивая при помощи хорошаго телескопа съ отверстіемъ объектива въ 9,5 сантиметровъ комету 1758 года, открытую Де-Ла-Нуксомъ, случайно наткнулся на эту туманность, что и побудило его приступить къ составленію перваго каталога туманностей. Вновь замѣченное небесное тѣло онъ описываетъ какъ круглое, довольно яркое туманное пятно, въ которомъ не видно ни одной звѣзды (nebuleuse sans étoiles). Съ другой стороны, В. Гершель, наблюдавшій это небесное тѣло при помощи своего сильнаго телескопа, сдѣлалъ слѣдующую замѣтку въ журналѣ наблюденій: «до крайности тѣсная группа звѣздъ и одинъ изъ самыхъ великолѣпныхъ небесныхъ объектовъ, которые я когда-либо видѣлъ. Это образованіе мнѣ кажется массивнымъ шаромъ, состоящимъ изъ весьма мелкихъ и необыкновенно близкихъ другъ къ другу звѣздочекъ». Двадцать лѣтъ спустя Дж. Гершель, наблюдая это скопленіе, сдѣлалъ подобное же замѣчаніе, между тѣмъ какъ Россъ даетъ такое описаніе этого интереснаго образованія: «очень красивая группа, состоящая изъ весьма близкихъ другъ къ другу мелкихъ звѣздъ отъ 10-ой до 15-ой величины. Имѣя въ общемъ круглую форму, это скопленіе все же отличается неправильностью внѣшнихъ очертаній: по краямъ можно замѣтить слабо свѣтящіеся придатки, которые отдѣляются отъ главной туманной массы, на подобіе ногъ и клешней у рака» (рис. 252). Поэтому Россъ назвалъ это образованіе Crab Nebula (туманность Крабъ). Звѣздъ въ этой группѣ дѣйствительно безчисленное множество.



Рис. 252.

$AR = 273^0\ 43'$, $D = -16^0\ 13'$ въ Стрѣльцѣ. Очень большая туманность, имѣющая форму греческой буквы Ω и въ англійскихъ книгахъ часто встрѣчающаяся подъ названіемъ подковообразной туманности (Horse-shoe nebula). Нѣкоторыя мѣста ея, безъ сомнѣнія, можно разложить на отдѣльныя звѣзды; кромѣ того, она имѣетъ два большихъ, круглыхъ и свѣтлыхъ ядра, въ которыхъ яркость сильно увеличивается по мѣрѣ приближенія къ центру. По наблюденіямъ Ламона и Гольдена, въ этой туманности происходятъ, пови-

димому, измѣненія какъ въ яркости звѣздъ, такъ и въ ихъ положеніи относительно самой туманности.

$AR = 298^0\ 48'$, $D = +\ 22^0\ 27'$ въ созвѣздіи Лисицы. Одна изъ самыхъ замѣчательныхъ туманностей. Если мы въ эллипсѣ, большая и малая оси котораго относятся между собою какъ 4 къ 3, опишемъ изъ фокусовъ, какъ изъ центровъ, круги радіусомъ, равнымъ $^1/_6$ большой оси, то дуги этихъ круговъ около центра эллипса ограничиваютъ часть туманности, заполненную весьма свѣтлой туманной матеріей, между тѣмъ какъ обѣ остальныя, внѣшнія части эллипса заполнены слабой, едва видной туманной массой. Поэтому все это образованіе имѣетъ видъ эллипса, въ серединѣ котораго лежитъ свѣтлая туманность, имѣющая форму)(, вслѣдствіе чего Д. Гершель назвалъ эту туманность гиреобразной (Dumbbell-Nebula, рис. 253). По наблюденіямъ Гершеля, вся вообще туманность, и въ частности, каждая изъ ея составляющихъ, яркая и слабая, расположены совершенно симметрично относительно центра эллипса. По Россу, эта туманность имѣетъ болѣе неправильную форму и въ свѣтлыхъ своихъ частяхъ обладаетъ клочковатымъ строеніемъ. На рис. 254 изображенъ фотографическій снимокъ съ этой туманности при экспозиціи въ 20 мин.



Рис. 253.

$AR = 310^0\ 23'$, $D = +\ 30^0\ 21'$ въ Лебедѣ. Длинная, извилистая полоска, молочнаго цвѣта, простирающаяся въ длину на $30'$; недалеко отъ нея къ сѣверу лежитъ другая, болѣе слабая змѣеобразная туманность.

Вообще длинныя змѣеобразныя туманныя полосы нерѣдко встрѣчаются на небѣ, напр., въ созвѣздіи Дѣвы ($AR = 182^0\ 12'$, $D = +\ 15^0\ 28'$). Это длинная полоска, длиною въ $10'$, неправильная на одномъ концѣ; по серединѣ полоски находится свѣтлое мѣсто, имѣющее видъ ядра.

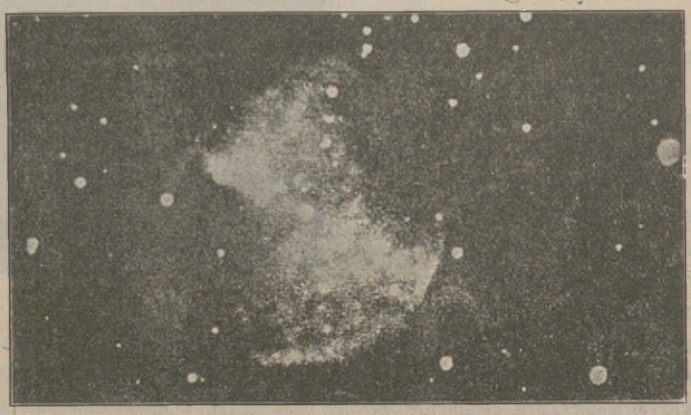


Рис. 251.

Подобная же туманность, но только гораздо бо́льшихъ размѣровъ, находится въ Лебедѣ ($AR = 313^0\ 48'$, $D = +\ 43^0\ 56'$), но очертанія ея весьма слабы и почти незамѣтны.

$AR = 313^0\ 1'$, $D = +\ 31^0\ 19'$ въ Лебедѣ. Туманность, простирающаяся въ длину приблизительно на 1^0. Одна половина ея имѣетъ вилообразную форму. Тамъ, гдѣ начинается расщепленіе, находятся 4 звѣзды, образующія трапецію. Это удивительное небесное

Библ. Естеств.



Туманность въ созвѣздіи Андромеды, по фотографіи, снятой на Ликской обсерваторіи.

Тайны неба.

тѣло можно видѣть лишь въ самые сильные телескопы. Пространство, его окружающее, заполнено чешуйчатой туманностью.

$AR = 313^0\ 15'$, $D = +\ 30^0\ 50'$ въ Лисицѣ. Эта туманность находится весьма недалеко отъ предыдущей и представляетъ одно изъ наиболѣе загадочныхъ небесныхъ тѣлъ. Длина туманности составляетъ около $30'$, а ширина около $20'$; отдѣльныя ея мѣста усѣяны очень мелкими звѣздами, находящимися съ ней, повидимому, въ тѣсной связи. Туманность эта имѣетъ видъ тонкой сѣтки изъ звѣздъ, подернутой легкой дымкой.

Разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ различные классы туманныхъ пятенъ, мы остановимся еще на двухъ въ высшей степени интересныхъ туманностяхъ, которыя заслуживаютъ особаго вниманія.

§ 211. **Туманность въ Андромедѣ.** Большая, видимая даже невооруженнымъ глазомъ, туманность, находящаяся вблизи звѣзды ν Андромеды ($AR = 9^0\ 19'$, $D = +\ 40^0\ 43'$), была извѣстна еще Абд-ал-Рахману въ X вѣкѣ, но въ Европѣ ее замѣтилъ впервые Симонъ Маріусъ въ 1612 г. Онъ сравнилъ свѣтъ этой туманности съ пламенемъ свѣчи, если смотрѣть на него сквозь тонкій роговой листочекъ—вполнѣ подходящее сравненіе въ томъ случаѣ, когда наблюденія производятся при помощи маленькой трубы. Но въ сильный телескопъ она представляется очень большой, овальной туманностью, простирающеюся на 3^0 въ длину и на 2^0 въ ширину и обладающею многими свѣтовыми узлами, причемъ ясно видно, что она охватываетъ еще три сосѣднихъ туманныхъ ядра, а именно:

$AR = 9^0\ 19'$	$D = +\ 40^0\ 19'$
$8\ \ 47$	$+\ 40\ \ 11$
$8\ \ 44$	$+\ 41\ \ \ 2$

Кромѣ того, Бондъ въ телескопъ гарвардскаго колледжа въ Кэмбриджѣ (въ Сѣверной Америкѣ) замѣтилъ двѣ узкія темныя полосы, параллельныя между собою, а также наибольшему поперечнику туманности. Эти полосы перерѣзываютъ всю туманность на подобіе трещинъ. Болѣе или менѣе вѣрное объясненіе этихъ загадочныхъ полосъ впервые позволилъ намъ сдѣлать фотографическій снимокъ, полученный И. Робертсомъ. На этомъ снимкѣ при нѣкоторомъ вниманіи нетрудно было замѣтить, что упомянутыя полосы суть не болѣе, какъ самыя темныя части огромнаго эллиптическаго кольца, окружающаго спиралеобразно свѣтлое ядро; другими словами, этотъ снимокъ показалъ, что большая туманность въ Андромедѣ принадлежитъ къ числу спиральныхъ. На приложенной при семъ таблицѣ эта туманность изображена по фотографіи, снятой на ликской обсерваторіи.

Эта туманность обладаетъ непрерывнымъ спектромъ, изъ чего слѣдуетъ, что она представляетъ, какъ и нашъ млечный путь, скопленіе большого числа звѣздъ (§ 215), однако, разложить ее на отдѣльныя звѣзды до сихъ поръ не удалось. Правда, около нея и на ней можно видѣть массу мелкихъ звѣздочекъ, но эти послѣднія, повидимому, не имѣютъ съ ней физической связи и лишь случайно проектируются на ней. Нельзя также съ увѣренностью сказать, было ли вызвано появленіе новой звѣзды, вспыхнувшей въ серединѣ туманности въ 1885 году, какими-нибудь переворотами въ самой туманности, или же эта звѣзда только лежала съ ней на одномъ и томъ же лучѣ зрѣнія. Впрочемъ, первое предположеніе является болѣе вѣроятнымъ, такъ какъ звѣзда вспыхнула въ наиболѣе густой части туманности (§ 198, № 6).

§ 212. **Большая туманность въ Оріонѣ.** Эта замѣчательнѣйшая изъ всѣхъ туманностей расположена вблизи звѣзды θ Оріона ($AR = 82^0\ 35'$, $D = -\ 5^0\ 27'$) на 4^0 ниже средней изъ трехъ звѣздъ, δ, ε и ζ, лежащихъ на одной прямой и извѣстныхъ подъ именемъ «Посоха Іакова». Замѣчательно, что эта туманность, хотя ее можно видѣть невооруженнымъ глазомъ, была описана и зарисована только Гюйгенсомъ въ 1659 году, а до этого времени о ней лишь вскользь упоминаетъ въ 1619 году Цизатъ. Но съ

тѣхъ поръ, особенно въ послѣднемъ столѣтіи, многіе астрономы изучали эту въ высшей степени интересную туманность и дали цѣлый рядъ ея описаній и рисунковъ, которые ничего не оставляютъ желать по точности и красотѣ выполненія. Лѣтъ десять тому назадъ Гольденъ собралъ всѣ эти рисунки въ своей монографіи объ этомъ туманномъ пятнѣ, которая въ высшей степени интересна даже при бѣгломъ просмотрѣ, такъ какъ показываетъ, до какой степени различной можетъ представляться одна и та же туманность въ телескопы различной силы. Прилагаемая при семъ таблица изображаетъ туманность въ созвѣздіи Оріона по фотографіи, снятой И. Робертсомъ.

Эта туманность отличается отъ всѣхъ остальныхъ своею красотою, особенностью своего вида,—который Лежантиль сравниваетъ съ открытой пастью животнаго,—удивительнымъ распредѣленіемъ яркости и необыкновенной величиною. Однѣ части этой туманности необыкновенно ярки, другія очень блѣдны и тусклы и, наконецъ, третьи темны почти до полной черноты. Темныя мѣста рѣзко безъ постепеннаго перехода отдѣляются отъ свѣтлыхъ. Всѣ звѣзды, лежащія въ этой туманности, даже въ самыхъ свѣтлыхъ частяхъ ея, отличаются особенно сильнымъ блескомъ, и ихъ распредѣленіе указываетъ на нѣкоторую связь съ туманностью. Вблизи нея со всѣхъ сторонъ находится множество большихъ и маленькихъ звѣздъ, свѣтящихся тусклымъ свѣтомъ и окруженныхъ туманной атмосферой, и вообще вся эта область неба необыкновенно богата туманностями.

Желая ближе познакомить читателей съ нѣкоторыми наиболѣе интересными частями этой большой туманности, мы отмѣтимъ прежде всего такъ называемую Трапецію (см. выше, § 187), представляющую почти правильный четырехугольникъ, образованный 4-мя звѣздами, изъ которыхъ одна, ϑ Оріона, 6-ой, а 3 остальныя отъ 7-ой до 8-ой величины. Эта четырехкратная звѣзда окружена очень свѣтлой туманностью, причемъ, при наблюденіяхъ въ телескопъ, мы не можемъ прослѣдить ее до самыхъ звѣздъ, но при помощи спектроскопа и здѣсь можно открыть слѣды туманности, такъ какъ этотъ чувствительный приборъ въ трапеціи обнаруживаетъ такія же спектральныя линіи, какъ и въ самой туманности.

Къ юго-западу отъ трапеціи находится самая яркая часть туманности. Она имѣетъ форму прямоугольнаго треугольника и не свѣтитъ всюду ровнымъ блескомъ, а напротивъ того, во многихъ мѣстахъ кажется клочковатой, или чешуйчатой, напоминая, такимъ образомъ, видъ поверхности солнца при наблюденіи въ хорошій телескопъ; но только хлопья въ туманности не круглыя, а продолговатыя и имѣютъ видъ битыхъ каменьевъ. Эта часть ограничена съ юга пространствомъ, покрытымъ слабой туманностью, которая сливается мало-по-малу съ темнымъ фономъ неба, образующимъ по ея краямъ темныя углубленія самой различной формы; съ запада же отвѣтвляются два туманныхъ придатка, которые изгибаясь къ югу, простираются на большое протяженіе.

Темная бухта, лежащая къ сѣверо-востоку отъ трапеціи, представляетъ собою пространство, наполненное туманными жилками. Кромѣ того, подъ нижней границей этого пространства лежитъ, повидимому, отдѣльная туманная масса, отъ которой по направленію къ юго-востоку простирается длинная полоса, параллельная нижнему изъ двухъ вышеупомянутыхъ отвѣтвленій.

Спектръ туманности въ Оріонѣ состоитъ изъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій, т.-е. это есть спектръ раскаленнаго газа; такимъ образомъ, передъ нами находится огромная масса свѣтящагося газа, занимающаго такое пространство, о которомъ мы не можемъ составить себѣ никакого представленія. Изъ множества мелкихъ звѣздочекъ, находящихся въ этой туманности, есть нѣсколько перемѣнныхъ (§ 198, № 24), на что впервые обратилъ вниманіе О. Струве, и что впослѣдствіи было подтверждено Виннеке и Тиссераномъ. Нѣкоторыя области имѣютъ на старыхъ рисункахъ совсѣмъ иной видъ, чѣмъ на новыхъ; но изъ этого нельзя еще вывести заключенія, что въ самой туманности произошли большія измѣненія,



Туманность въ созвѣздіи Оріона, по фотографіи, снятой Исаакомъ Робертсомъ.

такъ какъ видимыя очертанія туманности значительно мѣняются не только въ зависимость отъ силы телескопа, какъ это мы уже видѣли при описаніи отдѣльныхъ туманностей, но, кромѣ того, при одномъ и томъ же телескопѣ на это большое вліяніе оказываетъ различіе въ чистотѣ и прозрачности воздуха. Наоборотъ, бо́льшаго вниманія заслуживаетъ выводъ О. Струве, сдѣланный имъ изъ его собственныхъ наблюденій и состоящій въ томъ, что нѣкоторыя части туманности претерпѣваютъ измѣненія въ яркости; подобное явленіе было замѣчено еще Шрётеромъ и Гардингомъ, а послѣ нихъ то же самое подозрѣвалъ В. Гершель. Такимъ образомъ, наиболѣе яркія мѣста туманности, лежащія къ юго-западу отъ трапеціи, находятся, повидимому, въ непрерывномъ движеніи, подобно поверхности океана, что, въ связи съ обиліемъ перемѣнныхъ звѣздъ именно въ этой области, трёбуетъ дальнѣйшихъ настойчивыхъ наблюденій этого удивительнаго небеснаго объекта.

§ 213. **Звѣздныя скопленія и туманности южнаго неба.** Въ невидимыхъ для насъ областяхъ южнаго неба находится много въ высшей степени интересныхъ тѣлъ этого рода, которыя, однако, сравнительно еще недавно были очень мало намъ извѣстны. Правда, многія изъ нихъ были описаны въ семнадцатомъ столѣтіи Галлеемъ, въ восемнадцатомъ—Лакайлемъ, въ девятнадцатомъ—Дунлопомъ и Рюмкеромъ, но собственно твердое основаніе нашимъ знаніямъ относительно этихъ образованій, равно какъ и вообще относительно южнаго неба, было положено только Джономъ Гершелемъ. Во время своего пятилѣтняго пребыванія на мысѣ Доброй Надежды онъ произвелъ массу наблюденій съ такой неутомимостью и аккуратностью, какія рѣдко встрѣчаются въ исторіи науки, и эти наблюденія довели наше знакомство съ южнымъ небомъ, такъ сказать, сразу до той высоты, которая для сѣвернаго неба была достигнута лишь благодаря соединеннымъ усиліямъ многихъ астрономовъ, работавшихъ въ теченіе многихъ десятковъ лѣтъ. Онъ одинъ отмѣтилъ до 2000 звѣздныхъ группъ и туманностей, причемъ для многихъ изъ нихъ далъ подробныя описанія, откуда мы и заимствуемъ здѣсь нѣкоторыя свѣдѣнія.

Прежде всего слѣдуетъ упомянуть Капскія и Магеллановы облака (nubeculae). Ихъ можно видѣть невооруженнымъ глазомъ; при лунѣ меньшее облако исчезаетъ совсѣмъ, а бо́льшее только отчасти. Бо́льшее облако простирается отъ 156° до 162° сѣвернаго полярнаго разстоянія, и отъ 70° до 90° прямого восхожденія; меньшее же—отъ 162° до 165° полярнаго разстоянія и отъ 7° до 19° прямого восхожденія, такъ что первое занимаетъ около 42, а второе около 10 квадратныхъ градусовъ. Оба они похожи на части млечнаго пути, отъ котораго, однако, они лежатъ далеко и совершенно отдѣлены; на восточномъ краю бо́льшаго облака находится туманное пятно, которое рѣзко выдѣляется на менѣе яркомъ фонѣ остальной туманной массы; къ западу отъ меньшаго облака лежитъ совершенно отдѣльная отъ него туманность. Бо́льшее облако упоминается еще у Абдал-Рахмана подъ именемъ «бѣлаго быка», европейскими же путешественниками оно было замѣчено впервые только въ началѣ XVI-го столѣтія.

Наблюденія при помощи телескоповъ показали, что оба эти облака обладаютъ необыкновенно сложнымъ строеніемъ. Общій фонъ обоихъ облаковъ состоитъ изъ длинныхъ туманныхъ полосокъ и пятенъ самаго разнообразнаго строенія, начиная отъ неразрѣшимыхъ на отдѣльныя звѣзды и кончая звѣздными скопленіями, и въ общемъ имѣетъ сходство со многими частями млечнаго пути. Всѣ эти туманныя пятна и звѣздныя кучи сплотились здѣсь гораздо тѣснѣе, чѣмъ гдѣ-нибудь въ другой части неба. Въ бо́льшемъ облакѣ, кромѣ 600 звѣздъ отъ 7-ой до 9-ой величины, Гершель насчитываетъ еще до 278 туманностей и звѣздныхъ скопленій, причемъ онъ не принялъ во вниманіе 50 или 60 небесныхъ тѣлъ этого рода, находящихся недалеко отъ облаковъ и, по всей вѣроятности, составляющихъ съ нимъ одно общее цѣлое; въ меньшемъ облакѣ число туманностей и звѣздныхъ кучъ достигаетъ 37, кромѣ тѣхъ 6, которыя лежатъ вблизи облака, и, кромѣ того, Гершель насчиталъ здѣсь до 200 звѣздъ вышеупомянутой величины. Свѣтлое пятно въ бо́льшемъ облакѣ, видимое

также невооруженнымъ глазомъ, въ телескопѣ представляется въ видѣ туманности, весьма причудливой формы, и содержитъ не менѣе 105 звѣздъ отъ 9-ой до 13-ой величины на пространствѣ, равномъ приблизительно $^1/_{500}$ части всего облака. Туманность меньшаго облака въ телескопъ представляется въ видѣ очень тѣсной звѣздной группы, блѣднорозоваго цвѣта съ діаметромъ около 20′. Области неба, окружающія облака, необыкновенно бѣдны звѣздами.

Точно также весьма замѣчательна большая туманность вблизи звѣзды η Арго, между 159° и 161° прямого восхожденія и между 148° 30′ и 149° 40′ полярнаго разстоянія. Эта туманность занимаетъ около одного квадратнаго градуса и нигдѣ не носитъ слѣдовъ разложимости на отдѣльныя звѣзды. Она лежитъ въ очень богатой звѣздами и свѣтлой части млечнаго пути, которая такъ густо усѣяна звѣздами, что на одной половинѣ туманнаго пятна находится не менѣе 1200 звѣздъ до четырнадцатой величины, которыя, впрочемъ, не имѣютъ никакой физической связи съ туманностью, а составляютъ часть млечнаго пути, лишь случайно проектирующуюся на туманность. Но, кромѣ этихъ звѣздъ, въ той же области неба ихъ находится еще очень большое число, а именно въ среднемъ около 3000 на одномъ квадратномъ градусѣ. Многіе наблюдатели подозрѣваютъ, что въ этой туманности происходятъ нѣкоторыя измѣненія въ распредѣленіи туманной матеріи, и что вблизи η Арго, которая сама, безъ сомнѣнія, есть перемѣнная звѣзда (§ 198, № 51), находится много другихъ перемѣнныхъ. Такимъ образомъ и здѣсь, повидимому, имѣютъ мѣсто такія же явленія, какія были подмѣчены въ туманности Оріона. Наконецъ, свѣтлыя линіи спектра разсматриваемой здѣсь туманности показываютъ, что она, подобно туманности Оріона, состоитъ изъ свѣтящагося газа.

Отмѣтимъ еще три замѣчательныя звѣздныя кучи южнаго неба. Первая находится въ созвѣздіи Тукана ($AR = 4^0\ 54'$, $D = -72^0\ 38'$); это — весьма красивое, широко раскинувшееся звѣздное скопленіе круглой формы съ сильнымъ уплотненіемъ въ центрѣ. Гульдъ считаетъ это скопленіе самымъ величественнымъ изъ всѣхъ образованій подобнаго рода.

Вторая, находящаяся около ω Центавра ($AR = 200^0\ 12'$, $D = -46^0\ 47'$), была открыта Галлеемъ; Дж. Гершель считаетъ ее однимъ изъ самыхъ замѣчательныхъ небесныхъ объектовъ этого рода. Для невооруженнаго глаза она представляется въ видѣ туманнаго круглаго пятна, по яркости сравнимаго со звѣздой 4—5-ой величины. Въ сильный телескопъ она имѣетъ видъ шара, состоящаго изъ безчисленнаго множества звѣздъ 12-ой и 13-ой величины и обладающаго діаметромъ, равнымъ 20′; по мѣрѣ приближенія къ центру, яркость этой кучи постепенно увеличивается. На приложенной при семъ таблицѣ эта звѣздная куча изображена по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Ареквипѣ.

Третью звѣздную кучу, находящуюся около $\varkappa$ Креста ($AR = 191^0\ 56'$, $D = -59^0\ 48'$), Лакайль считалъ туманностью, но въ сильный телескопъ она вполнѣ разлагается на отдѣльныя звѣзды. Въ этомъ скопленіи на пространствѣ $^1/_{48}$ квадратнаго градуса находится около 110 звѣздъ, изъ которыхъ 8 болѣе яркихъ окрашены въ красный, зеленый и голубой цвѣта, такъ что вся звѣздная куча производитъ впечатлѣніе собранія драгоцѣнныхъ камней, почему она называется также «gem cluster» (собраніе драгоцѣнныхъ камней). По наблюденіямъ Русселя въ Сиднеѣ, это скопленіе состоитъ изъ трехъ группъ звѣздъ, причемъ двѣ изъ нихъ мало-по-малу удаляются отъ третьей; кромѣ того, онъ замѣтилъ въ 1872 году не менѣе 25 такихъ звѣздъ, которыхъ Дж. Гершель не видѣлъ въ 1835 году въ свой могущественный телескопъ или, вѣрнѣе, которыя онъ просто просчиталъ.

§ 214. **Собственныя движенія туманныхъ пятенъ и измѣненія, происходящія въ этихъ небесныхъ тѣлахъ.** Изученіе туманныхъ пятенъ началось еще слишкомъ недавно, чтобы можно было по измѣненію ихъ положеній обнаружить ихъ собственныя движенія. Въ



Звѣздная куча около звѣзды ω Centauri, по фотографіи, снятой на обсерваторіи въ Ареквипѣ.

настоящее время мы можемъ лишь утверждать, что эти свѣтила не обладаютъ весьма значительнымъ собственнымъ движеніемъ. Впрочемъ этотъ результатъ можно было предвидѣть заранѣе, потому что, какъ мы видѣли выше, бо́льшая часть туманныхъ пятенъ въ сильные телескопы разлагается на отдѣльныя звѣзды, вслѣдствіе чего если не всѣ, то, по крайней мѣрѣ, многія изъ туманностей и звѣздныхъ кучъ приходится считать самыми отдаленными изъ доступныхъ нашимъ наблюденіямъ небесными тѣлами. Поэтому благодаря огромному разстоянію, отдѣляющему ихъ отъ насъ, ихъ собственныя движенія являются столь незначительными, что ихъ можно будетъ замѣтить только по прошествіи многихъ столѣтій, тѣмъ болѣе, что вслѣдствіе довольно значительныхъ видимыхъ размѣровъ этихъ небесныхъ тѣлъ и вслѣдствіе неопредѣленности ихъ очертаній опредѣленія ихъ положенія не отличаются той точностью, которой астрономы достигли при опредѣленіи мѣста неподвижныхъ звѣздъ. Впрочемъ уже не разъ высказывалось мнѣніе, что у двойныхъ туманностей, напр., у туманности въ Близнецахъ ($AR = 109^0\ 49'$, $D = +29^0\ 41'$, § 205), существуетъ орбитальное движеніе одной туманности около другой; точно также нѣкоторые наблюдатели указывали на то, что въ такъ называемой тираздѣльной туманности (Trifid nebula) ($AR = 269^0\ 4'$, $D = -23^0\ 2'$, § 206) произошло, повидимому, перемѣщеніе всей туманности относительно тройной звѣзды, лежащей въ темномъ отверстіи между тремя развѣтвленіями. Однако, позднѣйшія наблюденія не подтвердили этихъ предположеній и показали даже, что старыя наблюденія вовсе не обладаютъ достаточной для подобныхъ изслѣдованій точностью. Но въ то время какъ движеніе этихъ тѣлъ по направленію, перпендикулярному къ лучу нашего зрѣнія, мы можемъ надѣяться опредѣлить лишь въ очень отдаленномъ будущемъ, для опредѣленія ихъ движенія по направленію самого луча зрѣнія, напротивъ того, уже и теперь у насъ имѣется хорошее средство въ видѣ спектроскопа, при помощи котораго, по крайней мѣрѣ, для туманностей, состоящихъ изъ свѣтящихся газовъ, мы можемъ сдѣлать заключеніе объ этомъ движеніи по смѣщенію свѣтлыхъ линій въ ихъ спектрахъ (§ 183). Такія измѣренія уже были произведены Килеромъ для большой туманности въ Оріонѣ и для планетарныхъ туманностей; но такъ какъ спектральныя линіи туманностей въ то время еще не были обнаружены въ спектрѣ ни одного изъ небесныхъ тѣлъ, включая сюда и солнце, то онъ могъ опредѣлить не абсолютныя смѣщенія этихъ линій, а только ихъ смѣщенія относительно линій нѣкоторыхъ земныхъ источниковъ свѣта. Поэтому изъ этихъ измѣреній можно было опредѣлить лишь относительныя движенія изслѣдуемыхъ туманностей по отношенію другъ къ другу, причемъ эти движенія по величинѣ получились почти такія же, какъ и въ случаѣ неподвижныхъ звѣздъ.

Бо́льшія различія, обнаруживающіяся при сравненіи описаній вида, формы, строенія, яркости и размѣровъ отдѣльныхъ туманностей уже неоднократно подавали поводъ къ болѣе или менѣе опредѣленнымъ предположеніямъ относительно измѣненій, происходящихъ въ этихъ небесныхъ тѣлахъ. Однако, въ большинствѣ подобныхъ случаевъ нетрудно показать, что эти предполагаемыя измѣненія можно объяснить или употребленіемъ телескоповъ различной оптической силы, или неодинаковой чувствительностью глаза къ слабосвѣтящимся предметамъ, или, наконецъ, измѣненіемъ прозрачности нашей атмосферы, если даже не обращать при этомъ вниманія вообще на трудность хорошаго, совершенно согласнаго съ дѣйствительностью описанія этихъ небесныхъ тѣлъ.

Весьма значительныя противорѣчія въ этомъ отношеніи возникли относительно блѣдной, большой туманности, находящейся вблизи Меропы, самой яркой звѣзды въ Плеядахъ. Эта туманность, по странной случайности, была открыта только 19 октября 1859 г. въ Венеціи Темпелемъ, который описалъ ее какъ свѣтлое туманное пятно довольно большихъ размѣровъ, причемъ сначала онъ счелъ ее за большую, красивую комету. Но такъ какъ первое извѣстіе о своемъ открытіи Темпель напечаталъ только въ декабрѣ мѣсяцѣ слѣдующаго года, и такъ какъ вслѣдствіе преувеличенной, какъ впослѣдствіи оказа-

лось, яркости этой туманности, многіе наблюдатели сначала совсѣмъ не могли ее замѣтить, а если кто и видѣлъ, то, во всякомъ случаѣ, съ большимъ трудомъ, то поэтому астрономы считали эту туманность перемѣнной, тѣмъ болѣе, что такое предположеніе весьма просто объясняло, почему раньше этой туманности совсѣмъ не было видно, хотя Плеяды всегда были предметомъ непрерывныхъ и безспорно самыхъ тщательныхъ изслѣдованій. Въ 1880 году Хау (Hough) и Бёрнхемъ зашли даже такъ далеко, что стали совсѣмъ отрицать существованіе этой туманности, такъ какъ они не могли ея видѣть въ большой рефракторъ въ Чикаго, а на ея мѣстѣ замѣтили множество мелкихъ звѣздъ, которыя всѣ въ совокупности, при наблюденіи въ телескопы незначительной оптической силы, и могли производить, по ихъ мнѣнію, впечатлѣніе туманности. И еще долгое время не могли объяснить, почему эту туманность очень трудно замѣтить въ большіе телескопы, тогда какъ въ сравнительно маленькія трубы она иногда бываетъ вполнѣ отчетливо видна. Вся же трудность, какъ это намъ теперь извѣстно, и какъ это, между прочимъ, было доказано на примѣрѣ многихъ слабыхъ кометъ (ср. § 156), заключается въ употребленіи слишкомъ сильнаго увеличенія и въ зависящемъ отъ этого слишкомъ маломъ полѣ зрѣнія трубы.

Въ декабрѣ 1885 года вниманіе астрономическаго міра было снова обращено на Плеяды, благодаря полученному изъ Парижа извѣстію, что братья Анри открыли на фотографическихъ пластинкахъ существованіе туманности около Майи, другой главной звѣзды въ Плеядахъ,—первый примѣръ того, что при помощи фотографіи было открыто такое небесное тѣло, котораго раньше не видѣлъ ни одинъ человѣческій глазъ. Вскорѣ послѣ этого существованіе туманности было подтверждено наблюденіями въ Пулковѣ и Вѣнѣ, а впослѣдствіи ее неоднократно наблюдали на другихъ обсерваторіяхъ. Съ тѣхъ поръ внутри Плеядъ, главнымъ образомъ, благодаря фотографическимъ снимкамъ Робертса, было обнаружено множество туманныхъ пятенъ и полосъ, а снимки Барнарда показали, что пространство, окружающее это скопленіе, также заполнено туманной матеріей (§ 203), такъ что мало-по-малу вполнѣ подтвердилось предположеніе Вейса, высказанное имъ вскорѣ послѣ открытія туманности около Майи, а именно, что Плеяды окутаны со всѣхъ сторонъ туманной массой, и что мы видимъ лишь болѣе яркія части ея.

Совершенно такъ же, какъ съ туманностью Меропы, дѣло обстоитъ и съ блѣдной, большой туманностью въ Тельцѣ ($AR = 50^0\ 47'$, $D = +31^0\ 2'$). И въ этомъ случаѣ высказывались мнѣнія, что это небесное тѣло мѣняетъ свою яркость, но мало-по-малу такое допущеніе было отвергнуто. Однако, можно привести примѣры, съ одной стороны, такихъ туманныхъ пятенъ, въ которыхъ несомнѣнно происходятъ измѣненія яркости, и, съ другой стороны, такихъ, для которыхъ такія измѣненія весьма вѣроятны. Къ числу подобныхъ туманностей относятся нижеслѣдующія:

$AR = 36^0\ 24{,}5'$, $D = -1^0\ 33{,}2'$ въ созвѣздіи Кита. Эта туманность, согласно съ наблюденіями В. Гершеля въ 1775 г., Дж. Гершеля въ 1827 г. и Д'Арре въ 1856 г., была достаточно яркой, а въ 1861 г. Шёнфельдъ, наблюдавшій ее въ болѣе сильный рефракторъ, чѣмъ тотъ, который нѣсколько лѣтъ раньше былъ въ распоряженіи Д'Арре, совсѣмъ не могъ ее видѣть. Въ 1863 и 1864 годахъ Шёнфельдъ и Д'Арре снова ее увидѣли, а въ слѣдующемъ 1865 году Фогель, несмотря на неоднократныя попытки, не могъ ея отыскать при помощи лейпцигскаго рефрактора; напротивъ того, въ 1868 году Шёнфельдъ снова наблюдалъ ее безъ всякаго труда; точно также въ 1877 году, согласно съ наблюденіями Виннеке, она была достаточно яркой. Подобнымъ же образомъ въ 1887 году Дрейеру она казалась довольно яркой.

$AR = 64^0\ 2{,}0'$, $D = +19^0\ 17{,}1'$ въ Тельцѣ. При сравненіи своей эклиптикальной карты съ небомъ Хиндъ 11 октября 1852 г. замѣтилъ [въ этомъ мѣстѣ звѣзду 10-й величины, которой до тѣхъ поръ онъ ни разу не видалъ; поэтому онъ счелъ ее

за перемѣнную, что, дѣйствительно, послѣ и подтвердилось (*T* Тельца, § 198, № 15). Затѣмъ къ сѣверу отъ этой звѣзды онъ нашелъ еще вышеупомянутую слабую маленькую туманность, съ діаметромъ въ 30″. Эту туманность видѣлъ въ 1854 г. Шакорнакъ въ Марсели, а въ 1855 и 1856 гг. Д'Арре въ Лейпцигѣ могъ наблюдать ее даже при лунномъ свѣтѣ. Но въ послѣдующіе годы она стала быстро уменьшаться въ яркости. Въ 1858 г. Ауверсъ въ Кенигсбергѣ могъ ее отыскать лишь съ трудомъ, а Д'Арре и Шакорнакъ въ концѣ 1861 и въ началѣ 1862 годовъ совсѣмъ не могли ея найти; напротивъ того, Лассель на Мальтѣ благодаря своему большому рефлектору и О. Струве благодаря пулковскому рефрактору не теряли ея изъ виду до 1868 г., когда она и для нихъ исчезла. Кромѣ того, О. Струве замѣтилъ весьма близко отъ нея ($AR = 63° 58{,}3'$, $D = +19° 16{,}9'$) другую очень слабую туманность, которой раньше никто не видалъ, несмотря на тщательныя изслѣдованія этой части неба.

Этотъ объектъ былъ замѣченъ въ 1877 г. въ началѣ ноября Темпелемъ въ видѣ туманности съ діаметромъ въ 1,5′, но уже 12 декабря онъ не могъ найти никакихъ слѣдовъ этого образованія; точно также ни въ ноябрѣ, ни въ декабрѣ онъ не могъ различить туманности, открытой Хиндомъ. Съ тѣхъ поръ не было никакихъ извѣстій объ этой туманности до средины октября 1890 года, когда Бёрнхемъ и Барнардъ снова замѣтили ее въ большой телескопъ ликской обсерваторіи, правда, лишь на предѣлѣ видимости; въ это же самое время вокругъ сосѣдней съ ней перемѣнной звѣзды *T* Тельца появилась очень тонкая туманная оболочка, которая, согласно съ спектральными изслѣдованіями Килера, представляла обыкновенную газовую туманность. Туманности, которую открылъ Струве, въ то время совсѣмъ не было видно. 25 февраля 1895 г. Барнардъ опять произвелъ очень тщательное изслѣдованіе всей этой области неба, причемъ онъ снова увидѣлъ туманность Хинда, и она ему казалась не слабой, какъ въ 1890 году, а сравнительно яркой, вокругъ же *T* Тельца никакихъ слѣдовъ туманности Барнардъ обнаружить не могъ; къ 24 марта туманность, открытая Хиндомъ, снова почти совсѣмъ исчезла, вокругъ *T* Тельца опять появилась туманность, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, показались слѣды туманности, которую открылъ Струве. Поэтому не только звѣзда *T* Тельца, но также и объ разсмотрѣнныя здѣсь туманности относятся къ числу перемѣнныхъ небесныхъ объектовъ.

$AR = 82° 51{,}8'$, $D = +21° 9{,}5'$ въ Тельцѣ. Въ октябрѣ 1855 г. Шакорнакъ замѣтилъ, что вокругъ звѣзды одиннадцатой величины, открытой имъ годомъ раньше при составленіи карты этой части неба, появилась туманная оболочка, которой при открытіи звѣзды не было; въ январѣ 1856 г. эта оболочка значительно увеличилась въ яркости, а въ ноябрѣ 1862 г. она снова исчезла, и съ тѣхъ поръ ея никто больше не видалъ.

$AR = 169° 48{,}8'$, $D = +11° 53{,}5'$ въ Большомъ Львѣ. Эта туманность была отнесена В. Гершелемъ къ первому классу, т.-е. къ числу наиболѣе яркихъ; но въ 1830 и 1831 годахъ Дж. Гершель отмѣтилъ ее какъ слабую туманность и отнесъ къ III-му или, самое большое, ко II-му классу. Около 1840 г. Богуславскій, при составленіи своей звѣздной карты, снова отмѣтилъ ее какъ очень яркую; Виннеке въ 1856 году она казалась еще довольно яркой, а въ 1863 году Д'Арре называетъ ее уже слабой; въ 1878 и 1879 годахъ она, согласно съ наблюденіями Виннеке, снова относилась къ I-му или II-му классу, а 24 мая 1887 года, когда ее наблюдалъ Дрейеръ, она снова сдѣлалась очень слабой и была на предѣлѣ видимости.

$AR = 275° 39{,}5'$, $D = +74° 31{,}0'$ въ Драконѣ. Эта туманность была открыта Тутлемъ 1 сентября 1859 года. Д'Арре могъ свободно наблюдать ее въ сентябрѣ 1862 года; а въ августѣ 1863 года она показалась ему слабѣе; въ сентябрѣ же 1863 года въ тотъ же рефракторъ онъ уже совсѣмъ не могъ ея видѣть.

При описаніи перемѣнныхъ звѣздъ (§ 197) мы уже упоминали, что онѣ часто встрѣ-

чаются группами и нерѣдко находятся въ связи съ звѣздными скопленіями и туманными пятнами, и, кромѣ того, мы показали (§ 202), что въ составъ нѣкоторыхъ звѣздныхъ группъ входятъ оранжевыя или красныя звѣзды, т.-е. такія цвѣтныя звѣзды, среди которыхъ, какъ извѣстно находится много перемѣнныхъ. Это обстоятельство въ концѣ 1895 года было прекрасно иллюстрировано въ высшей степени интереснымъ открытіемъ Е. Пикеринга.

При изслѣдованіи многочисленныхъ фотографическихъ снимковъ звѣздныхъ скопленій, полученныхъ въ Ареквипѣ въ Кордильерахъ, былъ найденъ весьма важный результатъ, котораго, можетъ-быть, никогда не удалось бы достигнуть безъ помощи фотографіи, а именно, что существуетъ не малое, повидимому, число звѣздныхъ группъ, имѣющихъ въ своемъ составѣ весьма большое число перемѣнныхъ звѣздъ. До сихъ поръ подробнѣе всего въ этомъ отношеніи изслѣдовано скопленіе, открытое еще 5 мая 1702 года Кирхомъ ($AR = 228^0\ 22'$, $D = +2^0\ 28'$). Еще въ 1890 году Пакеръ открылъ въ этомъ скопленіи двѣ перемѣнныя звѣзды, а Коммонъ высказалъ предположеніе, что и нѣкоторыя другія звѣзды этой группы также принадлежатъ къ числу перемѣнныхъ. Когда же были изслѣдованы 17 фотографическихъ пластинокъ, полученныхъ на обсерваторіи въ Ареквипѣ, то оказалось, что изъ 750 запечатлѣвшихся на нихъ звѣздъ 46 несомнѣнно и 14 по всей вѣроятности принадлежатъ къ числу перемѣнныхъ! Замѣчательно также, что многія изъ этихъ звѣздъ обладаютъ короткимъ періодомъ, всего лишь въ нѣсколько часовъ. Такъ, 5 фотографій, снятыхъ 1 іюля 1895 г. черезъ часъ одна послѣ другой, даютъ слѣдующій рядъ чиселъ для величины одной изъ этихъ перемѣнныхъ: 14,3; 13,5; 13,8; 13,9 и 14,3.

Точно также весьма большое число перемѣнныхъ заключается въ группѣ, положеніе которой опредѣляется координатами: $AR = 204^0\ 23'$, $D = +28^0\ 53'$. Въ этой группѣ можно насчитать до 87 несомнѣнно перемѣнныхъ звѣздъ съ амплитудой отъ 0,5 до 2,0 звѣздныхъ величинъ; но, кромѣ этихъ, въ группѣ, по всей вѣроятности, еще и нѣкоторыя другія звѣзды измѣняютъ свою яркость. При этомъ необходимо замѣтить, что въ данномъ случаѣ совершенно не принята во вниманіе центральная часть скопленія, такъ какъ тамъ звѣзды слишкомъ скучены, чтобы ихъ можно было подвергнуть точному измѣренію. Отдѣльныя перемѣнныя звѣзды встрѣчаются также въ слѣдующихъ группахъ:

$AR = 14^0\ 43'$	$D = -71^0\ 23'$	въ	Туканѣ;
$AR = 277\ 35$	$D = -24\ 0$	»	Стрѣльцѣ;
$AR = 322\ 4$	$D = -1\ 16$	»	Водолеѣ;
$AR = 323\ 41$	$D = -23\ 38$	»	Южныхъ Рыбахъ.

Въ заключеніе замѣтимъ, что всѣ перечисленныя здѣсь перемѣнныя скопленія, кромѣ тѣхъ двухъ, которыя лежатъ въ Туканѣ и Южныхъ Рыбахъ, были подробно описаны въ § 202.

§ 215. **Природа туманныхъ пятенъ.** Для этихъ загадочныхъ образованій наши даже самые сильные телескопы являются еще настолько слабыми, что даютъ намъ лишь немного болѣе простого констатированія ихъ существованія. Это лучше всего доказывается изслѣдованіями Росса, благодаря которымъ мы не только познакомились теперь съ новымъ, довольно обширнымъ, классомъ туманностей, именно съ спиральными туманностями, но и получили совершенно новое представленіе о строеніи остальныхъ туманностей, такъ какъ они, напримѣръ, показали намъ, что многія планетарныя туманности въ сущности имѣютъ кольцеобразную форму, а туманныя звѣзды суть скопленія съ весьма сильнымъ уплотненіемъ въ центрѣ. При такихъ обстоятельствахъ было бы безполезно теперь же по одному виду этихъ свѣтилъ дѣлать гипотезы относительно ихъ природы, такъ какъ заранѣе совершенно нельзя сказать, не будутъ ли найдены въ ихъ формѣ какія-нибудь новыя измѣненія при дальнѣйшемъ увеличеніи оптической силы телескоповъ.

По мнѣнію В. Гершеля, произведенныя имъ наблюденія несомнѣнно показываютъ,

что не всѣ туманности суть звѣздныя скопленія, но что въ нѣкоторыхъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ первичной матеріей, которую видимъ въ различныхъ степеняхъ ея развитія и возраста. Онъ сдѣлалъ также попытку прослѣдить на отдѣльныхъ классахъ туманностей различныя, слѣдующія одно за другимъ преобразованія, благодаря которымъ изъ безформенной, первичной туманности образуются небесныя тѣла, представляющія послѣднюю, наивысшую степень развитія, а именно: или шарообразныя, лишенныя туманной матеріи звѣзды, сіяющія самымъ чистымъ блескомъ: или прекрасныя группы, гдѣ тысячи такихъ звѣздъ въ сравнительно небольшомъ пространствѣ въ вѣчной гармоніи движутся другъ около друга. По его мнѣнію, слабыя, безформенныя, раскинувшіяся по всѣмъ направленіямъ на огромныя разстоянія туманности представляютъ первичное хаотическое вещество, которое, вслѣдствіе притяженія къ образовавшимся по тѣмъ или другимъ причинамъ центрамъ, мало-по-малу распадается на отдѣльныя части, хотя еще и имѣющія неопредѣленную форму, но уже отличающіяся значительною яркостью (§ 203). Если въ этихъ маленькихъ взаимно притягивающихся туманностяхъ, которыя находятся весьма близко другъ отъ друга, продолжается процессъ уплотненія матеріи около какой-нибудь точки, то каждая изъ нихъ постепенно дѣлается все меньше и меньше, а промежутки между отдѣльными туманностями мало-по-малу увеличиваются, и при дальнѣйшемъ развитіи этихъ туманностей ихъ яркость въ центрѣ постепенно увеличивается (§ 206). Здѣсь свѣтящаяся масса сосредоточена уже около одной центральной точки, но все-таки самое небесное тѣло остается туманностью значительныхъ размѣровъ и безъ опредѣленныхъ очертаній (§ 204). Другія же туманности, развитіе которыхъ началось на цѣлыя тысячелѣтія раньше вышеуказанныхъ, приняли уже шарообразную форму, и въ нихъ болѣе плотная, небольшая и яркая центральная часть имѣетъ уже большое сходство со звѣздой, но это ядро окружено весьма густой атмосферой, которая все еще не сосредоточилась всецѣло въ центрѣ притяженія (§ 207). Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно видѣть два и даже больше такихъ главныхъ центровъ (§ 205), которые находятся въ равновѣсіи, и между которыми распредѣлилась вся окружавшая ихъ раньше туманная масса, мѣстами, можетъ-быть, еще теперь соединяющая эти центры между собой и т. д.

Хотя эта теорія кажется весьма правдоподобной, и хотя вполнѣ справедливо предположеніе, что весь звѣздный міръ или вообще всѣ тѣла въ природѣ достигли того состоянія, въ которомъ они находятся, не сразу, а, наоборотъ, потребовалось много милліоновъ лѣтъ для того, чтобы небесныя свѣтила могли принять вполнѣ опредѣленную форму; тѣмъ не менѣе, новѣйшія изслѣдованія неба, при помощи могущественныхъ астрономическихъ инструментовъ открыли и слабыя стороны этой теоріи, такъ какъ оказалось, что многія туманности вовсе не имѣютъ той формы, которую Гершель считалъ типичной, а нѣкоторыя даже представляютъ собою просто звѣздныя скопленія. Вообще съ увеличеніемъ оптической силы нашихъ телескоповъ, какъ уже выше было замѣчено, число туманностей, не разлагающихся на отдѣльныя звѣзды, постоянно уменьшается, такъ что, повидимому, подтверждается предположеніе, что если бы мы обладали телескопами достаточной силы, то всѣ туманности представились бы намъ звѣздными скопленіями.

Однако данныя спектральнаго анализа говорятъ противъ такого рѣшенія вопроса и убѣждаютъ насъ въ существованіи свѣтящихся туманностей въ томъ смыслѣ, какъ разумѣлъ ихъ Гершель.

Въ самомъ дѣлѣ, спектръ звѣзднаго скопленія можетъ быть только сплошнымъ, состоящимъ изъ многихъ отдѣльныхъ спектровъ, наложенныхъ другъ на друга. Это заключеніе оказалось безусловно справедливымъ для всѣхъ тѣхъ разлагающихся на отдѣльныя звѣзды группъ, спектры которыхъ были до сихъ поръ изучены. Изъ числа перечисленныхъ въ § 202 образованій этого рода сплошнымъ спектромъ обладаютъ, между прочимъ, слѣдующія звѣздныя кучи:

$AR = 204^0\ 23'$, $D = +28^0\ 53'$ въ южныхъ Гончихъ Псахъ (§ 14),
$AR = 228\ 22$, $D = +\ 2\ 28$ » Вѣсахъ (см. также § 214),
$AR = 249\ 31$, $D = +36\ 39$ красивая группа въ Геркулесѣ,
$AR = 277\ 35$, $D = -24\ 0$ въ Стрѣльцѣ (см. также § 214),
$AR = 281\ 26$, $D = -\ 6\ 24$ » Щитъ Собіесскаго,
$AR = 288\ 10$, $D = +29\ 59$ » Лирѣ.

Между тѣмъ Гуггинсъ, изслѣдуя при помощи спектроскопа свѣтъ нѣкоторыхъ планетарныхъ туманностей, сдѣлалъ въ 1864 г. замѣчательное открытіе, заключающееся въ томъ, что спектры этихъ туманностей состоятъ лишь изъ небольшого числа отдѣльныхъ, свѣтлыхъ линій, т.-е. имѣютъ такой видъ: какъ и спектръ раскаленнаго газа (рис. 255).

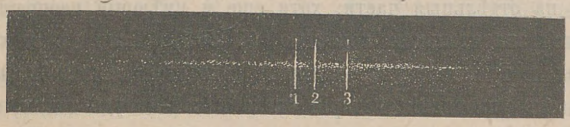


Рис. 255.

Всѣ позднѣйшія изслѣдованія подтвердили это открытіе Гуггинса, и дополнили его въ томъ отношеніи, что въ спектрѣ нѣкоторыхъ яркихъ туманностей, какъ, напримѣръ, въ спектрѣ большой туманности Оріона (рис. 256), при современныхъ, значительно усовершенствованныхъ спектральныхъ аппаратахъ, можно видѣть, кромѣ обыкновенныхъ, еще большое число другихъ свѣтлыхъ линій, въ особенности въ голубой и фіолетовой частяхъ спектра, соотвѣтствующихъ короткимъ длинамъ волнъ.

Спектръ газообразной туманности состоитъ вообще изъ четырехъ свѣтлыхъ линій, изъ которыхъ двѣ лежатъ въ зеленой части и по одной въ голубовато-зеленой и голубой, причемъ эти послѣднія двѣ линіи, безъ сомнѣнія, принадлежатъ водороду, между тѣмъ какъ первыя двѣ характеризуютъ еще неизвѣстное намъ до сихъ поръ вещество. При наблюденіяхъ въ инструменты средней силы водородная линія въ голубой части исчезаетъ, и

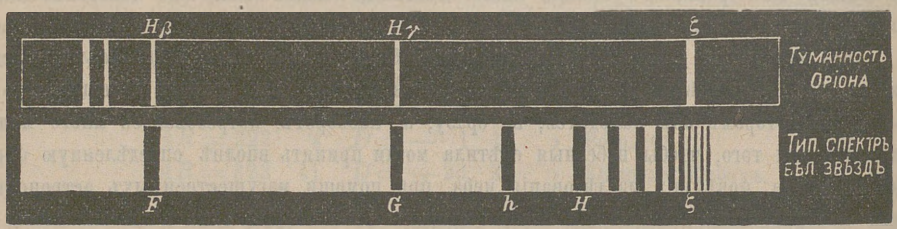


Рис. 256.

видны лишь три линіи въ зеленой и голубовато-зеленой частяхъ спектра (см. таблицу приложенную къ стр. 589, а также рис. 257). Изъ этихъ трехъ линій, въ случаѣ слабой туманности, двѣ послѣднія тоже исчезаютъ, и остается лишь одна въ зеленой части, соотвѣтствующая наибольшей длинѣ волны (лѣвая на упомянутой выше таблицѣ); раньше ошибочно думали, что эта линія принадлежитъ азоту.

Къ газообразнымъ туманностямъ, насколько намъ извѣстно въ настоящее время, кромѣ большихъ неправильныхъ туманностей, подобныхъ туманности въ Оріонѣ (напримѣръ, туманность вблизи η Арго, омега-туманность, гиреобразная туманность и т. д.) относятся еще планетарныя и кольцеобразныя. Состоящій изъ свѣтлыхъ линій спектръ этихъ послѣднихъ настолько характеренъ, что уже не разъ послужилъ къ открытію планетарныхъ туманностей, діаметръ которыхъ такъ малъ, что до сихъ поръ ихъ истинная природа оставалась намъ совершенно неизвѣстной, такъ какъ при поверхностномъ наблюденіи и безъ сильнаго увеличенія ихъ нельзя было даже признать за туманности.

Въ этой части нашей книги мы познакомились со многими тайнами неба; но мы не можемъ сказать, что узнали звѣздный міръ во всемъ его величіи. То, что мы видимъ, и что насъ такъ поражаетъ, есть лишь незначительная часть того, что совершенно недоступно человѣческому глазу; это есть только преддверіе безконечнаго храма, куда не проникалъ еще ни одинъ смертный, несмотря на самыя могущественныя средства науки и искусства. Кто можетъ сказать намъ, сколько еще невѣдомыхъ міровъ лежитъ позади тѣхъ, которые кажутся намъ, даже въ самые сильные телескопы, лишь слабыми неясными облачками? Свѣту, несмотря на его страшную скорость, нужны цѣлыя тысячелѣтія, чтобы дойти отъ нѣкоторыхъ звѣздъ до насъ, и, можетъ-быть, отъ многихъ изъ нихъ свѣтъ идетъ съ тѣхъ поръ, какъ создана наша земля, и до сихъ поръ еще не достигъ до нея. Кто знаетъ, такой ли видъ имѣло звѣздное небо во времена Моисея и Александра, какъ теперь, или не покроется ли черезъ нѣсколько тысячелѣтій все небо новыми солнцами, которыя существуютъ уже давно, но свѣтъ отъ которыхъ еще не успѣлъ дойти до насъ, тогда какъ другія системы, наоборотъ, можетъ-быть, уже давно погасли и снова обратились въ первоначальный хаосъ, а между тѣмъ мы будемъ видѣть ихъ на небѣ до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, не достигнетъ до насъ послѣдній посланный ими лучъ? Итакъ, повсюду, куда бы мы ни обратили наши взоры, мы видимъ безчисленныя небесныя тѣла, и даже въ той безконечной дали, куда не могутъ проникнуть наши зрительныя трубы, даже тамъ, гдѣ совсѣмъ меркнетъ для насъ свѣтъ, гдѣ самый зоркій глазъ не видитъ ничего, кромѣ непроглядной ночи, открываются необозримыя пространства, наполненныя новыми, неизвѣстными намъ мірами.

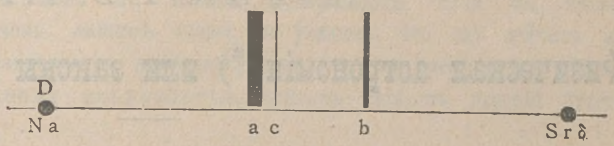


Рис. 257.

Bientôt à mes regards des cieux inconnus s'ouvrent,
Des régions sans fin devant moi se découvrent;
Carrière illimitée où, par les mêmes lois,
Mille Univers flottans se meuvent à la fois.
Je vois de touts côtés, dans ces plaines profondes
Autour d'autres soleils, graviter d'autres mondes,
Et lorsque, pour peupler les espaces déserts,
Je suis las d'enfanter de nouveux univers,
Le Vide encore s'étend et, dans son sein immense,
Par-delà l'Infini, l'Infini recommence *).

Lebrun.

*) Передъ моими глазами тотчасъ открываются невѣдомыя мнѣ небеса, передо мною снова открываются безконечныя области и безграничное пространство, гдѣ, подчиняясь однимъ и тѣмъ же законамъ, плавно совершаютъ движенія тысячи міровъ. Я вижу, какъ въ глубинахъ вселенной со всѣхъ сторонъ все новые и новые міры тяготѣютъ къ новымъ солнцамъ. И въ то время, какъ мое воображеніе уже утомилось, заселяя эти пустынныя пространства все новыми и новыми мірами, передо мною снова открывается огромное пустое пространство, за которымъ опять начинается безконечная область.

ЧАСТЬ III.

Физическая астрономія *) или законы небесныхъ движеній.

ГЛАВА I.

Всемірное тяготѣніе.

§ 1. Мгновенныя и непрерывныя силы. Силы, съ которыми тѣла дѣйствуютъ другъ на друга, можно раздѣлить на двѣ весьма различныя категоріи. Однѣ дѣйствуютъ только между мельчайшими атомами одного и того же тѣла, такъ что кругъ дѣйствія ихъ очень ограниченъ; эти силы являются причиной того, что мы называемъ сцѣпленіемъ и плотностью тѣлъ. Другія дѣйствуютъ между различными тѣлами на очень большія разстоянія; онѣ-то и производятъ движенія однихъ тѣлъ относительно другихъ. Силы первой категоріи называютъ молекулярнымъ притяженіемъ, силы второй категоріи—всеобщимъ притяженіемъ, тяжестью или всемірнымъ тяготѣніемъ.

Насъ преимущественно интересуетъ послѣдняя сила, сила всемірнаго тяготѣнія, и прежде всего мы покажемъ ея отличіе отъ импульса, или простого толчка. Если мы толкнемъ или бросимъ какое-нибудь тѣло рукою или сообщимъ ему движеніе палкой, молоткомъ и т. под., то эта сила дѣйствуетъ только одно мгновеніе, пока длится тотъ толчекъ, послѣ котораго тѣло будетъ предоставлено само себѣ, между тѣмъ какъ сила всемірнаго тяготѣнія продолжаетъ дѣйствовать на него непрерывно. Поэтому силы перваго рода называютъ мгновенными, силу же всемірнаго тяготѣнія называютъ силой непрерывной.

Подъ дѣйствіемъ мгновенной силы, напримѣръ, толчка, тѣло пріобрѣтаетъ движеніе, направленіе котораго совпадаетъ съ направленіемъ толчка, и скорость котораго остается неизмѣнной, если на тѣло не дѣйствуютъ другія силы. Такимъ образомъ, движеніе тѣла, обусловливаемое только мгновенной силой, должно быть, во-первыхъ, прямолинейнымъ и, во-вторыхъ, равномѣрнымъ, т.-е. тѣло должно двигаться постоянно съ одною и тою же скоростью по прямой линіи. Такого движенія мы, конечно, не можемъ наблюдать на землѣ, потому что всякое тѣло, которому мы при помощи механическихъ силъ сообщимъ мгновенный импульсъ, подвержено въ то же время силѣ притяженія земли, и, кромѣ того, всѣ эти тѣла движутся въ воздухѣ или въ какой-нибудь другой сопротивляющейся средѣ, такъ что къ данному импульсу присоединяются другія силы, затрудняющія и измѣняющія произведенное имъ движеніе.

---

*) Въ настоящее время подъ названіемъ физической астрономіи обыкновенно разумѣютъ приложеніе фотографіи, фотометріи и спектральнаго анализа къ изученію небесныхъ тѣлъ. Этотъ отдѣлъ астрономіи иначе называется астрофизикой. Прежде же, и даже сравнительно еще недавно, названіе физической астрономіи давалось тому отдѣлу астрономіи, который теперь извѣстенъ подъ названіемъ небесной механики. Въ этомъ смыслѣ употребляетъ это названіе и авторъ книги.

Переводчикъ.

Если-же на движущееся тѣло дѣйствуетъ непрерывная сила, то она все время вліяетъ на его движеніе, постоянно измѣняетъ его и преобразовываетъ въ движеніе криволинейное, съ неравномѣрной скоростью. Только въ томъ случаѣ, если непрерывная сила дѣйствуетъ на тѣло какъ-разъ по направленію его движенія, проходимый имъ путь остается прямой линіей, но путь этотъ проходится имъ съ неравномѣрной скоростью. Этотъ случай имѣетъ мѣсто при свободномъ паденіи тѣлъ, простѣйшемъ видѣ движенія подъ дѣйствіемъ непрерывной силы, которое мы можемъ наблюдать на нашей землѣ.

§ 2. **Свободное паденіе тѣлъ на земной поверхности.** Если мы какое-нибудь тѣло, напримѣръ, камень, лишимъ опоры, то увидимъ, что онъ сейчасъ же начнетъ падать на землю по направленію, перпендикулярному къ ея поверхности, или по такъ называемому вертикальному направленію, причемъ скорость паденія будетъ быстро возрастать.

По какому же закону происходитъ это возрастаніе скорости съ теченіемъ времени? Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, мы, какъ это часто дѣлается въ естественныхъ наукахъ, и особенно въ астрономіи, построимъ какую-нибудь гипотезу и посмотримъ, можетъ ли она объяснить наблюдаемое нами явленіе, причемъ для простоты не будемъ пока принимать во вниманіе сопротивленія воздуха и вліянія, оказываемаго вращеніемъ земли.

Простѣйшая и естественнѣйшая гипотеза будетъ, безъ сомнѣнія, слѣдующая: центръ земли обладаетъ постоянной и непрерывно-дѣйствующей силой, съ которою онъ притягиваетъ къ себѣ всѣ тѣла по направленію радіуса, т.-е. по направленію, перпендикулярному къ земной поверхности.

Положимъ теперь, что падающее тѣло къ концу первой секунды своего паденія пріобрѣло такую скорость, что если бы на него вдругъ перестали дѣйствовать какія бы то ни было силы, оно начало бы двигаться равномѣрно, проходя въ каждую секунду, напр., g футовъ. Такъ какъ, по нашему предположенію, сила земного притяженія постоянна, то въ каждую изъ слѣдующихъ секундъ скорость должна увеличиться настолько же, насколько она увеличилась и въ первую, т.-е. къ концу второй секунды она должна достигнуть $2g$ футовъ, къ концу третьей—$3g$ фут. и т. д. Вообще, если обозначимъ буквой v скорость, достигнутую по прошествіи t секундъ, то будемъ имѣть слѣдующее простое соотношеніе:

$$v = gt.$$

Это уравненіе показываетъ намъ, что если земля обладаетъ постоянной силой, то скорости, пріобрѣтенныя свободно падающимъ тѣломъ по истеченіи различныхъ промежутковъ времени, должны относиться между собою, какъ самые промежутки, протекшіе съ начала паденія, или, иначе говоря, что эти скорости пропорціональны времени. Такое движеніе называется равномѣрно-ускореннымъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ скорость равномѣрно возрастаетъ съ теченіемъ времени.

Но обыкновенно бываетъ желательно знать не только скорость, но и пространство, пройденное тѣломъ по истеченіи извѣстнаго промежутка времени.

Съ этой цѣлью замѣтимъ прежде всего, что тѣло, по нашему предположенію, въ началѣ первой секунды совершенно не имѣло скорости, такъ какъ до начала паденія находилось въ покоѣ, къ концу же первой секунды имѣло скорость, равную g футамъ. Если мы предположимъ теперь, что тѣло въ теченіе всей первой секунды имѣло одну и ту же скорость и прошло за это время то же пространство, которое оно на самомъ дѣлѣ прошло при свободномъ паденіи, то эта равномѣрная скорость должна быть средней ариѳметической между тѣми двумя, которыя тѣло имѣло въ началѣ и въ концѣ первой секунды, т.-е. должна быть равна $\frac{1}{2}g$.

Въ началѣ второй секунды тѣло имѣло скорость g, а въ концѣ $2g$. Слѣдовательно,

для того, чтобы, двигаясь равномѣрно, пройти во вторую секунду то же пространство, что и при свободномъ паденіи, оно должно имѣть среднюю скорость $\frac{3}{2}g$. Точно также, въ третью секунду оно прошло бы то же пространство, что и при свободномъ паденіи, если бы имѣло скорость $\frac{5}{2}g$, среднюю между $2g$ и $3g$. Итакъ, можемъ написать:

въ первую	сек.	пройдено	пространство	$\frac{1}{2}g$,	слѣдовательно,	въ одну	сек.	пройдено	$\frac{1}{2}g$
во вторую	»	»	»	$\frac{3}{2}g$	»	»	двѣ	»	»	$\frac{4}{2}g$
» третью	»	»	»	$\frac{5}{2}g$	»	»	три	»	»	$\frac{9}{2}g$
» четвертую	»	»	»	$\frac{7}{2}g$	»	»	четыре	»	»	$\frac{16}{2}g$

и такъ далѣе.

При первомъ взглядѣ на эту маленькую таблицу виденъ законъ, по которому образованы послѣднія числа, выражающія пространства, проходимыя тѣломъ въ 1, 2, 3... секунды, а именно, если черезъ t обозначимъ произвольное число секундъ, то соотвѣтствующее ему пространство будетъ $\frac{1}{2}gt^2$, такъ что пространства, проходимыя тѣломъ при свободномъ паденіи на землю, относятся между собою, какъ квадраты соотвѣтствующихъ промежутковъ времени.

При этомъ выводѣ мы предполагали, что импульсы силы земного притяженія слѣдуютъ другъ за другомъ черезъ промежутки въ 1 секунду, между тѣмъ какъ на самомъ дѣлѣ сила эта дѣйствуетъ непрерывно. Однако, тѣ же самые результаты мы получимъ, предположивъ, что промежутки эти длятся всего сотую часть секунды. И въ этомъ случаѣ мы опять найдемъ, что если сила земного притяженія постоянна, то и возрастаніе скорости падающаго тѣла должно быть постояннымъ или что скорости относятся между собою, какъ соотвѣтствующіе промежутки времени. Чѣмъ меньше будутъ эти промежутки, тѣмъ ближе будетъ подходить движеніе тѣла въ теченіе этихъ промежутковъ къ равномѣрному, такъ что будетъ оправдываться и второе наше предположеніе, что движеніе внутри каждаго такого промежутка происходитъ съ нѣкоторой средней скоростью.

Такимъ образомъ, при свободномъ паденіи тѣлъ, скорости относятся между собою, какъ промежутки времени, а пройденныя пространства—какъ квадраты промежутковъ, въ теченіе которыхъ длилось паденіе. Сохраняя за буквами g, v и t прежнія значенія и называя буквой s пространство, пройденное тѣломъ въ t секундъ, будемъ имѣть слѣдующія два простыя соотношенія:

$$v = gt \text{ и } s = \frac{1}{2}gt^2,$$

изъ которыхъ легко выводится третье:

$$v^2 = 2\,gs.$$

При помощи этихъ соотношеній очень легко рѣшается множество интересныхъ вопросовъ, касающихся свободнаго паденія тѣлъ. Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

Высочайшая постройка, возведенная человѣческими руками—это Эйфелева башня въ Парижѣ, верхушка которой возвышается на 300 метровъ надъ поверхностью земли. Примемъ, какъ и раньше, за единицу времени одну секунду средняго времени, т.-е. $\frac{1}{86400}$ часть среднихъ сутокъ. Въ нашихъ широтахъ тѣло въ первую секунду паденія проходитъ 4,905 метровъ; по второму изъ полученныхъ нами уравненій, эта величина равна $\frac{1}{2}g$, такъ что само g равно 9,810 метровъ (часть I, § 15). Подставивъ это значеніе g въ

то же самое второе уравненіе и положивъ въ немъ $s = 300$, найдемъ, что камень, брошенный съ вершины Эйфелевой башни, достигнетъ земли черезъ $7^3/_4$ секунды, и притомъ въ послѣдній моментъ его скорость будетъ такова, что, если бы онъ дальше началъ двигаться равномѣрно, то проходилъ бы въ каждую секунду 76 метровъ.

Самая высокая гора на земномъ шарѣ, Гауризанкаръ въ Индіи, возвышается на 8850 метровъ надъ уровнемъ моря. Если бы съ ея вершины могъ упасть по вертикальному направленію камень, то онъ достигъ бы поверхности моря только черезъ $42^1/_2$ секунды и въ концѣ паденія имѣлъ бы скорость, равную 416,6 метрамъ, что значительно превышаетъ скорость звука, которая равна всего 332 метрамъ въ секунду.

Среднее разстояніе отъ луны до земли составляетъ 384400 километровъ, или 384400000 метровъ. Если мы предположимъ, что сила земного притяженія на этомъ разстояніи такова же, какъ и у поверхности земли, и что, кромѣ того, луна не притягиваетъ къ себѣ окружающія тѣла, то наши уравненія дадутъ, что камень, падающій по прямой линіи съ луны на землю, достигнетъ послѣдней только черезъ 8854 секунды или черезъ 2 час. 27 мин. 34 сек. со скоростью 8680 метровъ.

Замѣтимъ, однако, что такія предположенія крайне рискованы и даже невѣроятны. Въ самомъ дѣлѣ, если наша земля обладаетъ способностью притягивать къ себѣ всѣ тѣла, то какое же мы имѣемъ основаніе думать, что луна, солнце, и вообще всѣ остальныя тѣла природы лишены этой способности? Почему одно какое-нибудь тѣло можетъ имѣть преимущество передъ всѣми остальными? И если, на самомъ дѣлѣ, всѣ тѣла обладаютъ такой силой, которая дѣйствуетъ даже на отдаленные предметы, то имѣемъ ли мы право думать, что эта сила на большихъ разстояніяхъ такова же, какъ на маленькихъ? Мы не можемъ удалиться отъ земной поверхности настолько, чтобы имѣть возможность наблюдать измѣненіе притягательной силы земли, такъ какъ высота высочайшихъ горъ и глубина глубочайшихъ ямъ ничтожны въ сравненіи съ длиною земного радіуса, и мы безъ замѣтной ошибки можемъ считать, что всѣ точки, лежащія какъ на вершинахъ горъ, такъ и на днѣ углубленій, одинаково удалены отъ центра земли, и что, слѣдовательно, и сила земного притяженія для всѣхъ ихъ одна и та же. Однако, для большихъ разстояній это разсужденіе неприложимо; но по какому же закону, въ такомъ случаѣ, измѣняется сила на различныхъ разстояніяхъ?

§ 3. **Предшественники Ньютона.** Прежде чѣмъ приступить къ отвѣту на этотъ вопросъ, рѣшенный великимъ Ньютономъ, сдѣлаемъ нѣсколько предварительныхъ замѣчаній, такъ какъ, безъ сомнѣнія, изъ всѣхъ научныхъ открытій самымъ блестящимъ и важнымъ по своимъ послѣдствіямъ является открытіе закона всемірнаго тяготѣнія, которому подчинены не только всѣ небесныя тѣла, составляющія нашу солнечную систему, но, какъ кажется, и всѣ вообще тѣла, наполняющія міровое пространство.

Такъ называемая всемірная исторія, изъ которой мы узнаемъ обыкновенно о правителяхъ и о войнахъ, которыя они вели, во многихъ отношеніяхъ сильно отличается отъ исторіи человѣческой культуры. Въ первой часто цѣлыя эпохи, сопровождаемыя обыкновенно бурными переворотами, производятся однимъ человѣкомъ. Вдругъ появляется, нерѣдко изъ праха ничтожества, нарушитель мира; идя наперекоръ своему времени и его взглядамъ, издѣваясь надъ всѣми законами божескими и человѣческими, не страшась даже борьбы со стихіями и съ судьбой, покоряетъ онъ съ своими войсками цѣлыя государства и части свѣта, попираетъ ногами счастье народовъ, чтобы на обломкахъ его воздвигнуть тронъ для своей династіи, и къ концу своихъ славныхъ дѣяній добивается единодушнаго проклятія потомковъ или узкой могилы на пустынномъ островѣ въ океанѣ.

Не то мы видимъ въ великомъ царствѣ науки, развитіе которой идетъ впередъ медленно и мирно, если только не считать безкровныхъ распрей ученыхъ, и въ которой

почти никогда новыя эпохи не начинаются отдѣльными лицами безъ помощи другихъ. Бо́льшая часть великихъ идей, о которыхъ упоминаетъ исторія нашей культуры, только кажущимся образомъ исходитъ отъ одного человѣка. Не говоря уже о томъ, что для выполненія этихъ идей всегда необходима помощь другихъ, но и самая первоначальная мысль обыкновенно возникаетъ изъ родственныхъ мыслей многихъ геніальныхъ предшественниковъ. Въ самомъ дѣлѣ, почти каждый великій переворотъ въ области культуры сопровождается чѣмъ-то въ родѣ общаго броженія умовъ, которое охватываетъ всѣ лучшіе умы даннаго вѣка, направляя ихъ всѣ на одинъ предметъ, какъ бы по какому-то высшему инстинкту. Сначала ничтожный и незамѣтный, растетъ мало-по-малу натискъ на ту область, въ которой скрыто сокровище; сначала поодиночкѣ, потомъ сразу многіе рвутся въ запертую дверь, пока, наконецъ, по окончаніи уже всѣхъ предварительныхъ работъ, не выступитъ изъ толпы сынъ счастья и не сорветъ однимъ ударомъ руки запора, и сейчасъ же изъ широко распахнувшейся двери изливается потокъ свѣта, который освѣщаетъ всѣ неизвѣстныя, скрывавшіяся раньше въ глубокомъ мракѣ области кроткими, благодѣтельными лучами истины и знанія.

Такъ было и здѣсь. Ньютонъ не стоитъ совершенно одиноко, но ему была нужна помощь, и у него было много выдающихся предшественниковъ, которые проторили дорогу къ его высокой цѣли.

Приблизительно за два вѣка до открытія, о которомъ мы здѣсь говоримъ, Коперникъ (род. въ 1472 г., умеръ въ 1543 г.) показалъ, что земля и всѣ планеты движутся вокругъ солнца, какъ вокругъ общаго центра, и, такимъ образомъ, указалъ намъ единственный путь къ истинному познанію неба и дальнѣйшему развитію науки. Онъ далъ, такъ сказать, новый завѣтъ астрономіи, а Кеплеръ (род. въ 1571, умеръ въ 1630 г.) представилъ намъ новое и значительно исправленное его изданіе, показавъ, что планеты описываютъ не эксцентрическіе круги, которыхъ придерживался еще Коперникъ, но эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ эллипсовъ, находится солнце. Но причина этого закона, такъ сказать, единый высшій законъ, изъ котораго законы Кеплера вытекаютъ, какъ простое слѣдствіе, былъ еще неизвѣстенъ.

Коперникъ и Кеплеръ жили задолго до Ньютона. Но есть и другіе, ближайшіе предшественники, которые часто довольно близко подходили къ великому открытію, обезсмертившему Ньютона. Французскій врачъ Булье въ своей «Astronomia Philolaica», вышедшей въ 1645 году, уже высказываетъ мысль, что сила, съ которою солнце дѣйствуетъ на планеты, обратно пропорціональна квадратамъ ихъ разстояній отъ солнца. Это представляетъ, собственно, главное положеніе Ньютона; но такъ какъ оно было высказано только въ видѣ гипотезы и не было подкрѣплено никакими доказательствами, то оно осталось безъ послѣдствій и скоро было забыто. Въ сочиненіи Борелли о спутникахъ Юпитера, появившемся въ 1666 году, также высказывается мнѣніе, «что движеніе планетъ вокругъ солнца должно совершаться по тому же закону, по которому движутся эти спутники вокругъ главной планеты и также луна вокругъ нашей земли». Это весьма важное и вполнѣ справедливое замѣчаніе осталось безплоднымъ по той же причинѣ, какъ и замѣчаніе Булье.

Еще дальше пошелъ Робертъ Гукъ, современникъ и соперникъ Ньютона, который уже въ 1666 г. представилъ Лондонской Королевской Академіи сочиненіе объ уменьшеніи тяжести тѣлъ на различныхъ высотахъ надъ земной поверхностью. Въ маѣ того же года онъ читалъ въ этой академіи записку о движеніи планетъ вокругъ солнца, въ которой старался объяснить происхожденіе кривыхъ путей планетъ соединеннымъ дѣйствіемъ двухъ силъ: одной постоянной, направленной по касательной къ орбитѣ и другой перемѣнной, направленной къ солнцу. Въ изданномъ имъ въ 1674 г. мемуарѣ онъ высказываетъ слѣдующія положенія: «всѣ небесныя тѣла обладаютъ притягательной силой, напра-

вленной къ ихъ центру, съ которой они дѣйствуютъ не только на собственныя составныя части, но и на всѣ другія тѣла, лежащія внѣ; такого рода притягательная сила тѣмъ значительнѣе, чѣмъ ближе другъ къ другу находятся притягиваемыя тѣла» и т. д.

Но всѣ эти и имъ подобныя идеи, заслуживавшія подробнаго и продолжительнаго разсмотрѣнія, были только слегка набросаны, безъ дальнѣйшаго изслѣдованія. А между тѣмъ только подробное изслѣдованіе первыхъ бѣглыхъ мыслей, только усиленное размышленіе надъ ними можетъ довести ихъ до полной зрѣлости и подвинуть впередъ науку. Самъ Ньютонъ на вопросъ своего друга Галлея: «какъ онъ дошелъ до своего великаго открытія?» отвѣчалъ слѣдующими немногими, но знаменательными словами: «я безпрестанно думалъ объ этомъ!»

Наконецъ, Гюйгенсъ также часто находился на той же дорогѣ. Гюйгенсъ (род. въ 1625 году, умеръ въ 1695 г.) былъ, безъ сомнѣнія, однимъ изъ величайшихъ геометровъ и остроумнѣйшихъ изслѣдователей не только своего, но и вообще всѣхъ временъ. Его теорія эволютъ, открытое имъ замѣчательное свойство циклоиды, его работы по теоріи вѣроятностей, установленная имъ теорія кругового движенія, развитая имъ теорія удара тѣлъ, опредѣленіе центра качаній маятника, значительныя улучшенія, введенныя имъ въ часы съ гирями и съ пружиной, его оптическія открытія, касающіяся природы свѣта, теоріи зрительныхъ трубъ, двоякой преломляемости исландскаго шпата, наконецъ, его практическія улучшенія оптическихъ инструментовъ, благодаря которымъ онъ открылъ кольцо Сатурна и перваго спутника этой планеты, а также и многія другія важныя заслуги упрочили за нимъ одно изъ самыхъ выдающихся мѣстъ въ исторіи научной культуры и, можетъ-быть, ему недоставало только одного шага, чтобы занять первое мѣсто, опередивъ даже Ньютона. Въ самомъ дѣлѣ, еще за цѣлыхъ 15 лѣтъ до обнародованія Ньютономъ принципа всемірнаго тяготѣнія, Гюйгенсъ показалъ, что вышеупомянутыя свойства центральнаго движенія тѣлъ по окружности круга можно свести къ тринадцати предложеніямъ, и если бы ему пришло въ голову только два изъ этихъ предложеній связать между собою и примѣнить ихъ къ случаю вращенія земли вокругъ своей оси и къ движенію луны около земли (что, собственно, и сдѣлалъ послѣ Ньютонъ и благодаря чему онъ пришелъ къ своему великому открытію), то онъ сталъ бы творцомъ новой системы. Но онъ не сдѣлалъ этого примѣненія, этого послѣдняго шага и потому долженъ былъ уступить пальму первенства другому, болѣе счастливому, Исааку Ньютону.

§ 4. **Первыя мысли Ньютона относительно закона всемірнаго тяготѣнія.** Исаакъ Ньютонъ родился 25 декабря 1642 года. На восемнадцатомъ году своей жизни онъ поступилъ въ Кэмбриджскій университетъ, почти безъ всякой предварительной подготовки, которую считали для себя необходимой всѣ поступавшіе въ это знаменитое учрежденіе, и съ самаго начала занялся математикой. Его цѣль была геометрическимъ путемъ обнаружить заблужденія астрологіи, которая въ то время насчитывала еще много приверженцевъ. Онъ началъ съ изученія сочиненій Эвклида, но скоро оставилъ ихъ, найдя ихъ слишкомъ легкими, такъ какъ многія изъ доказываемыхъ тамъ теоремъ казались ему аксіомами, справедливость которыхъ очевидна. Послѣ этого онъ обратился къ гораздо болѣе труднымъ сочиненіямъ, а именно къ геометріи Декарта, къ ариѳметикѣ безконечныхъ Уэльса и къ астрономическимъ трудамъ Кеплера, прочелъ ихъ и сдѣлалъ изъ нихъ выписки, каторыя сохранилъ до конца своей жизни. Его геній скоро оцѣнили, и въ 1669 г. онъ былъ сдѣланъ профессоромъ математики въ Кэмбриджѣ на мѣсто знаменитаго Барроу; это мѣсто онъ занималъ до 1695 г., когда его назначили начальникомъ королевскаго монетнаго двора въ Лондонѣ, и эту важную и доходную должность онъ сохранилъ за собой до самой смерти, которая послѣдовала 20 марта 1727 г., на 85 году его жизни.

Когда въ 1666 г. въ окрестностяхъ Кэмбриджа свирѣпствовала чума, Ньютонъ

уѣхалъ на нѣсколько мѣсяцевъ на свою родину въ небольшую деревню въ Линкольнширѣ, лежащую приблизительно въ 7 километрахъ къ югу отъ города Грэнтама. Здѣсь, когда онъ сидѣлъ однажды въ своемъ саду, яблоко, упавшее съ сосѣдняго дерева, впервые навело его на мысль о всеобщемъ притяженіи. Это дерево долго было предметомъ особеннаго уваженія для всѣхъ почитателей Ньютона. Въ 1726 г. сухой стволъ его былъ сломленъ бурею, и изъ обломковъ сдѣланъ стулъ, который и до сихъ поръ еще съ благоговѣніемъ показывается всѣмъ, посѣщающимъ мѣсто рожденія великаго человѣка. Если и нельзя вполнѣ ручаться за достовѣрность этого преданія, которое, однако, въ послѣднее время снова находитъ себѣ многихъ защитниковъ, то все же нельзя считать его и совершенно невѣроятнымъ, тѣмъ болѣе, что оно не единственное въ своемъ родѣ. Подобнымъ же образомъ качающаяся лампада въ Пизанскомъ соборѣ привела Галилея къ теоріи маятника, и благодаря этому онъ сдѣлался творцомъ механики—науки, о которой древніе не имѣли никакого понятія.

Но почему же падаетъ яблоко и вообще всякое тѣло, которое ничѣмъ не поддерживается?—вотъ былъ первый вопросъ, поразившій Ньютона. Такъ какъ яблоко падаетъ всегда перпендикулярно къ землѣ, то, значитъ, въ землѣ есть что то такое, что его притягиваетъ. Какимъ же образомъ, по какому закону дѣйствуетъ на падающее тѣло это что-то, эта сила, какъ мы ее называемъ? И на какомъ разстояніи отъ земли эта сила еще можетъ проявлять свое дѣйствіе? Если бы ея дѣйствіе могло простираться, напримѣръ, до луны, то какое вліяніе оказала бы она на это небесное тѣло? Луна, очевидно, связана съ землею, какъ и падающій камень, такъ какъ, если она и не падаетъ на землю, то во всякомъ случаѣ движется вокругъ нея. Быть-можетъ, это движеніе есть слѣдствіе той же силы земли, которая заставляетъ падать камень? А если это дѣйствительно такъ, то нельзя ли пойти еще дальше и приложить это заключеніе къ самой землѣ и даже ко всѣмъ планетамъ нашей солнечной системы? Въ самомъ дѣлѣ, земля и всѣ планеты, какъ показалъ Коперникъ, движутся вокругъ солнца, совершенно такъ же, какъ луна движется вокругъ земли. Если причиною движенія луны является сила земли, то не можетъ ли движеніе земли и всѣхъ планетъ вокругъ солнца оказаться слѣдствіемъ подобной же силы, исходящей отъ солнца?

Поистинѣ великіе вопросы, такъ какъ разрѣшеніе ихъ равносильно познанію устройства нашей планетной системы. И все это изъ-за яблока, случайно упавшаго на землю! Сколько милліоновъ людей съ тѣхъ поръ, какъ существуетъ земля, подобно Ньютону, видѣли, какъ падаютъ тѣла, однако, не только ни одному изъ нихъ не пришли въ голову подобные вопросы, но и вообще они при этомъ ничего не думали!

И, однако, это были вопросы, предположенія и гипотезы — и только. И въ древнія, и въ новыя времена многимъ въ подобныхъ случаяхъ приходили въ голову подобные же вопросы. Мы уже видѣли выше, что Кеплеру, Гуку и Гюйгенсу представлялись, если не эти самые, то во всякомъ случаѣ весьма сходные съ ними вопросы; но у нихъ не было возможности ближе изслѣдовать эти вопросы и провѣрить ихъ единственнымъ путемъ, не допускающимъ сомнѣній—вычисленіями, и потому дѣло не пошло дальше предположеній и гипотезъ. Мы увидимъ ниже, что самъ Ньютонъ едва не потерпѣлъ неудачу по той же причинѣ.

Для того, чтобы ближе изслѣдовать эти вопросы, необходимо знать слѣдующее: 1) законъ, по которому дѣйствуетъ предполагаемая сила; 2) время оборота луны и разстояніе ея отъ земли; 3) истинные размѣры земли и 4) законъ, по которому земля дѣйствуетъ на тѣла, находящіяся вблизи ея поверхности.

§ 5. **Какъ дѣйствуетъ сила притяженія?** Итакъ, первое, что нужно было знать Ньютону, это законъ, по которому сила земли, если она вообще существуетъ, дѣйствуетъ на близкіе и далекіе предметы. Свободно падающія тѣла, находящіяся у поверхности земли,

проходятъ въ первую секунду (см. § 2) 4,9 метра, и, повидимому, эта величина одинакова для всѣхъ точекъ земной поверхности и даже для всѣхъ высотъ и глубинъ, которыхъ мы можемъ достигнуть. Послѣднее обстоятельство не ввело, однако, Ньютона въ заблужденіе и не поколебало его увѣренности въ томъ, что съ увеличеніемъ разстоянія эта сила должна все болѣе и болѣе уменьшаться; наоборотъ, онъ окончательно утвердился въ своемъ предположеніи, что, если сила земли даже на разстояніи нѣсколькихъ километровъ, повидимому, остается неизмѣнной, то, значитъ, она должна быть достаточна велика для того, чтобы оказывать замѣтное еще дѣйствіе на небесныя тѣла, находящіяся отъ нея хотя бы на такомъ разстояніи, какъ луна.

Притягательную силу земли проще всего можно себѣ представить въ видѣ пучка лучей, которые выходятъ изъ центра земли, такъ, какъ шли бы лучи свѣта, если бы центръ земли свѣтился. Вообразимъ себѣ полую поверхность шара, котораго радіусъ равенъ, напримѣръ, 1000 метрамъ и центръ совпадаетъ съ центромъ земли; внутренняя поверхность этой шарообразной оболочки будетъ освѣщаться этимъ свѣтомъ съ извѣстной силою. Если бы радіусъ шара былъ вдвое больше, т.-е. равнялся бы 2000 метрамъ, то весь тотъ свѣтъ, который раньше освѣщалъ поверхность меньшаго шара, падалъ бы на бо́льшую поверность, и эта послѣдняя была бы освѣщена слабѣе и именно во столько разъ слабѣе, во сколько разъ поверхность второго шара больше поверхности перваго. Но, такъ какъ извѣстно, что поверхности шаровъ относятся между собою, какъ квадраты ихъ радіусовъ, то поверхность второго шара, радіусъ котораго вдвое больше, будетъ освѣщена въ 2×2, т.-е. въ 4 раза слабѣе. Точно также для шара, радіусъ котораго втрое больше, чѣмъ у перваго, освѣщеніе будетъ въ 3×3, т.-е. въ 9 разъ, а для шара съ радіусомъ, вчетверо бо́льшимъ, въ 16 разъ слабѣе, короче сказать,—освѣщеніе будетъ уменьшаться во столько разъ, во сколько будетъ увеличиваться квадратъ разстоянія, или, что то же, въ каждой точкѣ такихъ внутреннихъ шаровыхъ поверхностей освѣщеніе будетъ *обратно пропорціонально квадрату разстоянія*.

То же самое можно сказать о притяженіи, оказываемомъ землею на всѣ тѣла, лежащія, внѣ ея, если только допустить *справедливость предположенія*, что свѣтъ и притяженіе распространяются по одному и тому же закону. Это предположеніе, во всякомъ случаѣ, наиболѣе естественное и простое, но Ньютонъ, кромѣ ничѣмъ не доказанной аналогіи со свѣтомъ, имѣлъ и другія основанія остановиться именно на этомъ предположеніи, и этими основаніями онъ обязанъ работамъ *Кеплера* и *Гюйгенса*, которыми онъ воспользовался для своей цѣли.

Въ 1618 г. Кеплеръ, послѣ нѣсколькихъ лѣтъ утомительныхъ вычисленій, произведенныхъ имъ съ рѣдкимъ терпѣніемъ, нашелъ, что квадраты временъ обращеній планетъ вокругъ солнца пропорціональны кубамъ радіусовъ ихъ путей (часть I, § 77). Гюйгенсъ же, въ числѣ вышеупомянутыхъ 13 предложеній, высказалъ, между прочимъ, слѣдующее: при движеніи тѣлъ по окружностямъ круговъ, квадраты временъ ихъ обращеній относятся между собою какъ радіусы этихъ круговъ, раздѣленные на давленіе, которое эти тѣла оказываютъ по направленію, перпендикулярному къ окружности ихъ пути. Давленіе же это должно быть разсматриваемо какъ сила, направленная къ центру круга и производящая движеніе тѣла по кругу. Если мы свяжемъ эти два предложенія, то изъ нихъ слѣдуетъ, что при всякомъ круговомъ движеніи давленіе движущагося тѣла, т.-е. движущая или притягивающая сила, исходящая изъ центра этого круга, обратно пропорціональна квадрату его радіуса, т.-е. квадрату разстоянія притягиваемаго тѣла отъ притягивающаго центра—то же предложеніе, которое мы вывели вообще для притяженія тѣлъ, по аналогіи со свѣтомъ. Ньютонъ, кромѣ законовъ *Кеплера*, зналъ и это предложеніе и воспользовался имъ для своей цѣли, о чемъ онъ самъ позднѣе писалъ въ письмѣ къ *Галлею*.

Если предположить, что только-что указанный законъ убыванія притягательной силы земли справедливъ, то весьма легко вычислить, какое пространство пройдетъ въ 1-ую секунду паденія тѣло, находящееся на любомъ разстояніи отъ поверхности земли. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ паденіе тѣла по направленію, перпендикулярному къ поверхности земли обусловливается названной силой, то оно можетъ быть принято за истинную мѣру этой послѣдней. Поэтому пространство, проходимое въ первую секунду падающимъ тѣломъ, разстояніе котораго отъ земли выражено въ земныхъ радіусахъ, будетъ равно числу 4,9 (т.-е. пространству, проходимому у поверхности земли), дѣленному на квадратъ даннаго разстоянія. Такъ, напримѣръ, на вершинѣ горы Гауризанкаръ, высота которой равна 8850 метрамъ, что составляетъ 1,0014 земныхъ радіусовъ, паденіе тѣла въ первую секунду должно равняться $4,9 : (1,0014)^2$ или 4,885 метрамъ, т.-е. будетъ всего на 15 миллиметровъ меньше, чѣмъ на уровнѣ моря. Конечно, такая незначительная разница не могла быть обнаружена наблюденіями, тѣмъ болѣе, что вершина горы никѣмъ еще не была достигнута, а на меньшихъ высотахъ разница еще меньше; поэтому современники Ньютона имѣли основаніе думать, что сила тяжести во всѣхъ точкахъ земной поверхности одна и та же.

Но если бы какое-нибудь тѣло находилось на разстояніи цѣлаго земного радіуса надъ поверхностью земли, то разстояніе его было бы вдвое больше, чѣмъ для тѣла, находящагося у поверхности, а потому въ первую секунду оно прошло бы только четвертую часть 4,9 метровъ, т.-е. 1,23 метра. На разстояніи трехъ земныхъ радіусовъ отъ центра, оно прошло бы только девятую часть этой величины, т.-е. 0,53 метра, на разстояніи 10 радіусовъ—сотую часть, т.-е. 0,049 метра и т. д. Если бы то же самое тѣло отстояло бы отъ насъ такъ же далеко, какъ и луна, т.-е. находилось бы на разстояніи 60,2778 земныхъ радіусовъ отъ центра земли, то пространство, проходимое имъ въ первую секунду, при паденіи на землю, было бы равно $4,9 : (60,2778)^2$, т.-е. составляло бы только 0,00135 метра или 1,3 миллиметра.

Этотъ результатъ долженъ быть безусловно точенъ, если только справедливо то предположеніе, на которомъ основаны всѣ наши вычисленія. Мы увидимъ сейчасъ, такъ ли это на самомъ дѣлѣ, и для этого воспользуемся непосредственными наблюденіями надъ луной.

§ 6. **Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся и находящіяся въ покоѣ тѣла.** Мы должны теперь показать, на основаніи наблюденій, что луна дѣйствительно падаетъ на землю, хотя собственно мы этого не замѣчаемъ, и что, при этомъ паденіи, она должна пройти въ первую секунду какъ разъ то пространство, которое мы нашли въ предыдущемъ параграфѣ. Чтобы доказать это, мы должны вернуться нѣсколько назадъ.

Если бы луну держала чья-нибудь мощная рука, и если бы эта рука внезапно выпустила луну, предоставивъ ее самой себѣ, то, какъ мы только-что видѣли, луна стала бы падать на землю по прямой линіи и въ первую секунду прошла бы 0,00135 метра. Въ дѣйствительности же эта невидимая рука не просто выпустила луну, предоставивъ ее самой себѣ, или, лучше сказать, дѣйствію земли, но бросила ее, только не по направленію къ землѣ, а въ сторону, потому что иначе луна упала бы на землю по прямой линіи, а не обращалась бы вокругъ нея, какъ теперь.

Наблюдаемое нами движеніе луны заставляетъ насъ сдѣлать два предположенія, безъ которыхъ это движеніе было бы невозможно. А именно движеніе луны должно обусловливаться дѣйствіемъ *двухъ различныхъ силъ*, изъ которыхъ одна есть *сила первоначальнаго толчка*, а другая есть сила, покоющаяся въ центрѣ ея орбиты, или, иначе говоря, *притягательная сила земли*. Первая, подобно силѣ всякаго удара, дѣйствовала въ теченіе одного момента, вторая есть сила постоянная, и она въ каждый моментъ оказываетъ свое вліяніе на луну. Первая могла имѣть какое угодно направленіе, за исключеніемъ лишь одного, а именно направленія прямо на землю, такъ какъ въ

этомъ случаѣ луна упала бы на землю; направленіе же второй силы совпадало и совпадаетъ съ направленіемъ къ центру земли. Одна первая сила бросила бы луну въ міровомъ пространствѣ по направленію какой-нибудь прямой линіи; вторая сила также заставляетъ ее двигаться по прямой линіи, но всегда по направленію къ центру земли; взаимное же дѣйствіе обѣихъ силъ заставляетъ луну двигаться по той кривой линіи, которую, какъ мы знаемъ изъ наблюденій, она описываетъ вокругъ земли.

Отсюда видно, что на луну дѣйствуетъ не одна только сила земли, и что наблюдаемое движеніе нашего спутника зависитъ не только отъ этой силы, но и отъ того толчка, который луна получила при началѣ своего движенія. Поэтому прежде, чѣмъ приступить къ рѣшенію нашей задачи, намъ необходимо снова раздѣлить обѣ эти силы и изъ составного движенія луны выдѣлить только ту часть, которая зависитъ, какъ и паденіе камня, отъ притягательной силы земли.

Для этой цѣли намъ нужно изучить притягательное дѣйствіе земли на движущееся уже тѣло. Къ счастью, относящіеся сюда опыты и наблюденія мы можемъ производить на поверхности земли каждый день и безъ особаго труда. Мы знаемъ, что если мы выпустимъ изъ *неподвижной* руки камень или вообще какое-нибудь тѣло, то это послѣднее начинаетъ падать по направленію, перпендикулярному къ земной поверхности. Но, если мы бросимъ это тѣло по наклонному направленію, то оно не упадетъ на землю по прямой линіи, а опишетъ кривую линію, которая будетъ тѣмъ длиннѣе, чѣмъ больше сила, бросившая тѣло. Лучшимъ примѣромъ сказаннаго является полетъ ядеръ при выстрѣлахъ изъ пушки.

Вообразимъ теперь, что передъ горизонтально установленной пушкой находится вертикальная стѣна на такомъ разстояніи отъ жерла, что ядро доходитъ до нея ровно чрезъ одну секунду послѣ того, какъ оно вылетѣло изъ пушки. Отмѣтимъ затѣмъ на стѣнѣ ту точку, которая находится на одной высотѣ съ жерломъ пушки, иначе говоря, ту точку, въ которую попало бы ядро, если бы на него во время полета не дѣйствовала сила земного притяженія, и оно летѣло бы по горизонтальному направленію. Потомъ замѣтимъ также ту точку, куда послѣ выстрѣла дѣйствительно попадаетъ ядро. Гдѣ же лежитъ эта вторая точка? Она лежитъ ниже первой на 4,9 метра, то-есть на такую величину, которую ядро прошло бы, если бы оно свободно падало по вертикальному направленію.

Что же должны мы заключить изъ этого замѣчательнаго совпаденія? Очевидно, что, если на тѣло дѣйствуютъ двѣ силы, то каждая изъ нихъ вызываетъ такое измѣненіе въ его движеніи, какое она вызвала бы, если бы дѣйствовала только одна, то-есть, если бы другой силы вовсе не существовало. Камень, брошенный по какому-нибудь направленію, полетитъ по той самой прямой линіи, по которой онъ полетѣлъ бы, если бы на него не дѣйствовала притягательная сила земли. Подобнымъ же образомъ, подъ вліяніемъ этой послѣдней силы, камень падаетъ по вертикальному направленію, по которому онъ падалъ бы и въ томъ случаѣ, если бы онъ не получалъ никакого первоначальнаго толчка, то-есть если бы онъ просто былъ выпущенъ изъ неподвижной руки. Взаимное дѣйствіе этихъ силъ обусловливаетъ криволинейное движеніе камня, причемъ каждая безконечно малая дуга описываемой имъ кривой линіи, или, какъ говорятъ, каждый элементъ этой кривой составляется изъ двухъ прямолинейныхъ элементовъ, изъ которыхъ одинъ камень проходитъ подъ вліяніемъ первоначальнаго импульса, а другой—подъ вліяніемъ притягательной силы земли.

§ 7. **Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ лунѣ.** Вышеизложенныя соображенія относятся также и къ лунѣ и могутъ быть примѣнены къ объясненію ея движенія. Прямая линія, по которой луна стремится двигаться подъ вліяніемъ первоначальнаго толчка, совпадаетъ съ направленіемъ касательной къ ея орбитѣ; по этой прямой она стремится удалиться, и, на самомъ дѣлѣ, удалилась бы отъ насъ, если бы на нее не

дѣйствовала притягательная сила земли. Подъ вліяніемъ же этой послѣдней силы луна сходитъ съ упомянутой касательной и стремится приблизиться къ землѣ; другими словами, эта сила заставляетъ луну падать на землю.

Какой же величины должно быть то пространство, на которое луна приближается къ землѣ въ теченіе одной секунды?

Пусть C (рис. 258) есть центръ земли и AMD орбита луны, принимаемая нами въ данномъ случаѣ для простоты за окружность круга. Положимъ, что въ то время, какъ луна, при своемъ движеніи, вышла изъ точки A, на нее перестали дѣйствовать какія бы то ни было силы; въ такомъ случаѣ она продолжала бы двигаться по тому направленію, по которому двигалась, находясь въ точкѣ A, то-есть по прямой AB, касательной къ ея орбитѣ и перпендикулярной къ радіусу AC. Но, такъ какъ въ то же самое время на луну дѣйствуетъ притяженіе земли, то въ концѣ первой секунды она будетъ находиться не въ точкѣ B, лежащей на касательной, а въ нѣкоторой точкѣ M, лежащей на орбитѣ и болѣе близкой къ центру C, совершенно подобно тому, какъ въ примѣрѣ предыдущаго параграфа, ядро попадаетъ въ стѣну не въ точкѣ, лежащей въ точности противъ жерла пушки, а нѣсколько ниже. Совершенно также луна встрѣчаетъ радіусъ CB, играющій здѣсь роль стѣны, не въ точкѣ B, а въ точкѣ M, болѣе близкой къ землѣ, и разстояніе между этими двумя точками, т.-е. отрѣзокъ MB въ точности равенъ тому пространству, на которое луна приблизилась къ землѣ послѣ того, какъ она вышла изъ точки A, и которое бы она прошла въ первую секунду, если бы стала падать на землю, при отсутствіи начальнаго импульса, подъ вліяніемъ одного только земного притяженія.

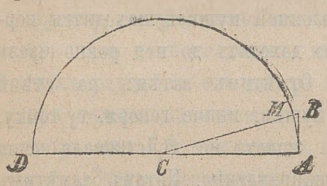


Рис. 258.

Такимъ образомъ, отрѣзокъ BM представляетъ собой пространство, проходимое луной, при ея паденіи на землю; намъ нужно найти величину этого отрѣзка и посмотрѣть дѣйствительно ли онъ равенъ 0,00135 метра.

Но какъ найти его величину?

Въ элементарной геометріи доказывается, что BM равно квадрату дуги AM, раздѣленному на діаметръ AD описываемаго луной круга, то-есть на удвоенное разстояніе луны отъ центра земли.

Такимъ образомъ, все сводится къ опредѣленію дуги AM. Для этого намъ необходимо знать время полнаго оборота луны около земли, которое еще древніе греки опредѣлили съ такой точностью (часть I, § 87), что астрономы новѣйшаго времени лишь весьма незначительно исправили найденный ими результатъ. Время оборота луны относительно неподвижныхъ звѣздъ, или, иначе говоря, продолжительность ея сидерическаго оборота составляетъ (часть I, § 84) 27,3216614 дней, или 2360591,5 секундъ. Такъ какъ въ теченіе этого времени луна описываетъ полную окружность своей орбиты, то длину дуги AM мы найдемъ, раздѣливъ длину всей окружности на приведенное выше число секундъ. Но длина окружности круга равна, какъ извѣстно, произведенію удвоеннаго радіуса на лудольфово число 3,141592.... Зная, что радіусъ лунной орбиты равенъ 60,2778 радіусамъ земли, находимъ, что длина окружности лунной орбиты составляетъ 378,736 земныхъ радіусовъ, и, слѣдовательно, путь AM, проходимый луной въ одну секунду, равенъ 0,00016044 земного радіуса.

Однако, мы не можемъ еще воспользоваться этими числами, потому что, желая сравнить величину паденія луны на землю съ пространствомъ, проходимымъ въ первую секунду падающимъ камнемъ, мы должны эту величину выразить въ метрахъ. Слѣдовательно, мы должны имѣть въ метрахъ величину дуги AM; а для послѣдней цѣли намъ нужно знать въ тѣхъ же единицахъ длину земного радіуса.

Примемъ земной радіусъ равнымъ 6372000 метровъ. Это довольно близкое къ истинѣ число было найдено Пикаромъ, и во времена Ньютона оно представляло самое на-

дежное значеніе радіуса земли. Отсюда находимъ, что дуга AM равна 1022 метрамъ, и такъ какъ діаметръ лунной орбиты равенъ 120,5556 земнымъ радіусамъ, то по вышеприведенной формулѣ длина отрѣзка BM, проходимаго луной въ первую секунду, при ея паденіи на землю, будетъ равна квадрату числа 1022, раздѣленному на произведеніе чиселъ 120,5556 и 6372000, то-есть будетъ равенъ 0,00136 метра или почти въ точности той же самой величинѣ, которую мы нашли въ предположеніи, что сила земного притяженія измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній.

§ 8. **Дальнѣйшія изслѣдованія Ньютона.** Столь замѣчательное согласіе было бы несомнѣннымъ доказательствомъ справедливости нашего допущенія, что та сила, которая обусловливаетъ паденіе тѣлъ на поверхности земли, вызываетъ также движеніе луны вокругъ земли, если бы только мы не сдѣлали еще одного предположенія, которое, правда, является весьма вѣроятнымъ, но все же не можетъ считаться неоспоримымъ. А именно въ § 5 мы не только допустили, что сила земли измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, но и предположили, что эта сила сосредоточена въ центрѣ земли, откуда она уже дѣйствуетъ по всѣмъ направленіямъ. Если еще можно безъ доказательства допустить, что на такомъ разстояніи, на какомъ находится отъ земли луна или на еще большихъ разстояніяхъ земля дѣйствуетъ на тѣла такъ, какъ если бы вся ея масса была сосредоточена въ одной точкѣ — въ ея центрѣ, то въ случаѣ тѣла, падающаго на самой поверхности земли, такого предположенія совершенно нельзя сдѣлать, не обосновавъ его какимъ-нибудь образомъ. Поэтому изъ предыдущихъ разсужденій пока мы можемъ только заключить, что земля притягиваетъ луну съ силою, обратно пропорціональною квадрату разстоянія, но не можемъ еще сказать, что это есть именно та сила, которая заставляетъ камень падать на землю. Это обстоятельство помѣшало, между прочимъ, Гюйгенсу вывести послѣднее слѣдствіе изъ своихъ вышеупомянутыхъ 13 предложеній и сдѣлаться, такимъ образомъ, основателемъ теоріи всемірнаго тяготѣнія; оно же побудило Ньютона пока прекратить относящіяся къ этому вопросу вычисленія и не публиковать полученныхъ результатовъ. Но, что Ньютонъ вообще не оставлялъ этого вопроса и продолжалъ заниматься имъ, объ этомъ свидѣтельствуютъ многіе факты и, между прочимъ, слѣдующіе.

Въ 1678 году онъ получилъ отъ Лондонскаго Королевскаго Общества (Royal Society) предложеніе высказать свой взглядъ относительно появившагося въ то время и тогда надѣлавшаго много шуму, а теперь уже совершенно забытаго сочиненія по физической астрономіи. Онъ исполнилъ это порученіе въ письмѣ къ секретарю общества Гуку, причемъ мимоходомъ изложилъ вкратцѣ пришедшую ему въ голову мысль доказать вращеніе земли непосредственными наблюденіями. Для этой цѣли онъ предложилъ произвести теперь всѣмъ извѣстный опытъ съ паденіемъ тѣлъ съ высокой башни (часть I, § 13), причемъ онъ доказалъ, что эти тѣла, вслѣдствіе вращенія земли, должны отклоняться къ востоку отъ основанія башни, такъ какъ при началѣ паденія они обладаютъ скоростью, съ которою движется вершина башни, а эта скорость больше той, съ которою движется ея основаніе. Академія нашла это предложеніе очень важнымъ и поручила привести его въ исполненіе Гуку, который считался наиболѣе опытнымъ наблюдателемъ. Когда Гукъ началъ заниматься этимъ предметомъ, онъ замѣтилъ, что тѣла должны отклоняться не только къ востоку, но, въ сѣверномъ полушаріи, также нѣсколько къ югу отъ основанія башни.

Ньютонъ тотчасъ же призналъ справедливость этого замѣчанія и въ своемъ отвѣтѣ Гуку изложилъ свои дальнѣйшія изслѣдованія по этому вопросу, причемъ онъ нашелъ, что путь брошеннаго тѣла при существованіи вращенія земли долженъ быть нѣкоторой спиралью. Однако, Гукъ съ этимъ не согласился, и нѣсколько времени спустя онъ отвѣтилъ Ньютону, что, согласно съ его новѣйшими изслѣдованіями по этому предмету, траекторія, по которой падаетъ тѣло на поверхность земли, въ случаѣ вращенія

этой послѣдней, должна быть эллиптической кривой, если только движеніе происходитъ въ безвоздушномъ пространствѣ, и если притягательная сила земли измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній.

Неизвѣстно, отвѣтилъ ли Ньютонъ на это второе замѣчаніе Гука; но несомнѣнно, что онъ понималъ всю его справедливость, такъ какъ оно послужило для него поводомъ, какъ онъ писалъ Галлею 27 іюля 1686 года, продолжать свои изслѣдованія по этому предмету, результатомъ чего явилась очень важная теорема, которая есть собственно лишь дальнѣйшее развитіе найденнаго Гукомъ положенія. А именно Ньютонъ нашелъ, что если тѣло подъ вліяніемъ центральной силы описываетъ эллипсъ, и если сила сосредоточена въ фокусѣ описываемаго эллипса, то такая сила должна притягивать это тѣло по закону обратной пропорціональности квадратамъ разстояній его отъ фокуса. А, такъ какъ уже задолго до Ньютона, Кеплеръ нашелъ, что всѣ планеты описываютъ эллипсы, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ, общемъ для всѣхъ нихъ, находится солнце, то, слѣдовательно, вмѣстѣ съ тѣмъ былъ открытъ также и законъ солнечнаго притяженія, но только опять-таки онъ не былъ еще строго доказанъ. Для этого нужно было бы еще показать, что и наоборотъ, если сила солнечнаго притяженія измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, то планеты должны описывать вокругъ солнца эллипсы или вообще кривыя второго порядка. Но этого Ньютонъ, конечно, не могъ сдѣлать въ то время, такъ какъ для этого нужно было уже знать интегральное исчисленіе, которое тогда только-что зарождалось. Поэтому все еще оставалось сомнѣніе, не обладаетъ ли солнце какой-нибудь другой силой, которая также могла бы вызвать эллиптическое движеніе, тѣмъ болѣе, что въ томъ случаѣ, когда сила притяженія измѣняется прямо пропорціонально разстояніямъ, орбита движущагося тѣла также должна быть эллиптической кривой съ той только разницею, что мѣстопребываніе силы въ этомъ случаѣ совпадаетъ не съ фокусомъ эллипса, а съ его центромъ.

Отсюда видно, какъ Ньютонъ, хотя и медленно, но все же шагъ за шагомъ подходилъ къ своей цѣли, пока, наконецъ, ему не удалось положить послѣднее звено въ этой цѣпи, а именно доказать прекрасную теорему, что шаръ притягиваетъ всѣ тѣла, находятся ли они далеко или близко отъ него, такъ, какъ если бы вся его масса была, сосредоточена въ его центрѣ. Этимъ былъ законченъ великій трудъ — былъ открытъ законъ всемірнаго тяготѣнія.

§ 9. **Старое преданіе о томъ, какъ Ньютонъ открылъ законъ всемірнаго тяготѣнія.** Ньютонъ очень долго не опубликовывалъ результатовъ своихъ изысканій, и такое замедленіе обыкновенно приписываютъ тому обстоятельству, что самъ онъ еще нѣсколько сомнѣвался въ справедливости своихъ положеній, такъ какъ, вслѣдствіе невѣрно принятыхъ размѣровъ земли, опредѣленная имъ величина паденія луны на землю не совпадала съ дѣйствительной. Это описываютъ слѣдующимъ образомъ.

Во время уединеннаго пребыванія у себя на родинѣ въ небольшой деревнѣ Уульзорпъ, не имѣя подъ руками точныхъ данныхъ относительно размѣровъ земли, онъ, согласно общераспространенному въ его время мнѣнію, принялъ длину одного градуса равной круглымъ числомъ, 60 англійскимъ милямъ. Такъ какъ англійская миля заключаетъ 1609,3 метра, то длина одного градуса получилась равной 96560 метрамъ; сообразно съ этимъ, для радіуса земного шара Ньютонъ нашелъ всего лишь 5532400 метровъ, что приблизительно на одну седьмую меньше истинной его величины. Если умножимъ это число на выраженную въ земныхъ радіусахъ величину пространства, проходимаго луною въ одну секунду, т.-е. на 0,00016044, то найдемъ, что дуга $'AM$ (рис. 258), равна 887,6 метрамъ. Поэтому величина паденія луны на землю въ теченіе одной секунды будетъ равна квадрату числа 887,6 раздѣленному на произведеніе чиселъ 120,5556 и

5532400, то-есть будетъ равна 0,00118 метра вмѣсто 0,00135 метра. Эта разница слишкомъ значительна, чтобы ее можно было допустить.

Послѣднее становится яснѣе, когда мы, пользуясь найденной Ньютономъ величиной $BM = 0{,}00118$, рѣшимъ обратную задачу, т.-е. вычислимъ величину паденія тѣлъ на поверхности земли. Дѣйствительно, такъ какъ разстояніе отъ луны до земли равно 60,2778 земнымъ радіусамъ, то, если бы величина BM, полученная Ньютономъ, была приблизительно вѣрна, величина паденія тѣлъ на поверхности земли равнялась бы квадрату 60,2778, умноженному на 0,00118, то-есть должна была бы быть равной 4,2 метрамъ. Но всѣ наши наблюденія показываютъ, что эта величина равна 4,9 метрамъ, причемъ она опредѣлена съ такой точностью, что, какъ это было извѣстно и Ньютону, она можетъ отличаться отъ истинной своей величины не болѣе, какъ на 3 сантиметра, а не на цѣлыхъ 70.

Получивъ такое несогласіе вычисленій съ наблюденіями, Ньютонъ не заподозрилъ неточности какой-нибудь изъ принятыхъ въ основаніе его вычисленія величинъ, напримѣръ, радіуса земли, времени оборота луны или разстоянія послѣдней отъ земли, а сдѣлалъ заключеніе, что, слѣдовательно, невѣрно его предположеніе, въ справедливости котораго онъ былъ такъ убѣжденъ, а именно, что та же самая сила, которая заставляетъ камень падать на землю, вызываетъ также и движеніе луны или, что, если это предположеніе вѣрно, то, быть-можетъ, невѣрно допущеніе, что эта сила измѣняется обратно пропорціонально квадратамъ разстояній. Поэтому онъ оставилъ всѣ относящіяся сюда изслѣдованія, какъ основанныя на невѣрныхъ положеніяхъ, и, можетъ-быть, никогда больше не вернулся бы къ нимъ, если бы 16 лѣтъ спустя случай не побудилъ его снова обратиться къ своимъ прежнимъ вычисленіямъ.

Это случилось въ іюнѣ 1682 года, когда онъ находился въ числѣ тѣхъ академиковъ, которые пріѣхали въ академію раньше другихъ и ожидали въ зданіи академіи назначеннаго въ этотъ день засѣданія. Здѣсь говорилось, между прочимъ, о новомъ градусномъ измѣреніи, произведенномъ во Франціи въ то время еще мало извѣстнымъ Пикаромъ, и одинъ изъ академиковъ показывалъ полученное имъ письмо, гдѣ были сообщены результаты этого измѣренія. Ньютонъ списалъ себѣ приведенныя въ письмѣ числа, дождался конца засѣданія и, вернувшись домой, сталъ сравнивать данныя, только-что имъ полученныя, съ тѣми, которыя онъ положилъ въ основаніе своихъ вычисленій въ 1666 году и сейчасъ же замѣтилъ, что недалеко исполненіе столь долго лелѣянной имъ мечты; имѣя точныя числа, онъ увидѣлъ, что онъ находится на порогѣ великаго открытія; однако, теперь его нервы были такъ возбуждены неожиданнымъ счастьемъ, что онъ не могъ окончить начатыхъ вычисленій. Находясь въ такомъ состояніи, онъ сообщилъ свои идеи вошедшему какъ-разъ въ эту минуту его другу, который взялъ карандашъ и довелъ до конца вычисленія.

Хотя этотъ разсказъ представляется весьма правдоподобнымъ и отличается поэтическимъ описаніемъ счастья великаго человѣка, однако, онъ относится къ числу тѣхъ многочисленныхъ историческихъ анекдотовъ и изреченій знаменитыхъ людей, которыя передаются какъ крылатыя слова отъ поколѣнія къ поколѣнію, но не выдерживаютъ научной критики. По справедливому замѣчанію Адамса, непонятнымъ здѣсь является то, что уже въ 1665 году астрономамъ были извѣстны гораздо болѣе точные размѣры земли, чѣмъ тѣ, которые принялъ Ньютонъ; а именно въ 1615 году Снеллiусъ въ Голландіи произвелъ тщательныя измѣренія и нашелъ длину одного градуса по меридіану равной 107340 метрамъ, а его соотечественникъ Норвудъ въ 1634 году получилъ для длины одного градуса 111680 метровъ, то-есть опредѣлилъ ее даже точнѣе, чѣмъ Пикаръ. Что касается измѣреній послѣдняго, то они еще въ 1672 году были сообщены Королевскому Обществу. Такимъ образомъ, Ньютонъ 10 лѣтъ, повидимому, совершенно

не интересовался тѣмъ, какое вліяніе могутъ оказать эти измѣренія на его теорію. Однако, нельзя же приписать простой безпечности этотъ удивительный недостатокъ интереса къ столь важному вопросу, и въ дѣйствительности дѣло обстояло, вѣроятно, гораздо проще. Прежде чѣмъ Ньютонъ не доказалъ въ 1684 году своей прекрасной теоремы относительно притяженія какой-нибудь точки шаромъ, онъ свои сравненія силы тяготѣнія на разстояніи, равномъ радіусу лунной орбиты, съ силой притяженія на поверхности земли, считалъ лишь грубымъ приближеніемъ, не заслуживающимъ того, чтобы эти вычисленія произвести съ болѣе точными данными.

§ 10. **Краткое содержаніе «Principia» Ньютона.** Какъ только Ньютонъ убѣдился въ справедливости гипотезы, что всѣ тѣла притягиваются съ силою, обратно пропорціональною квадратамъ ихъ разстояній и, такимъ образомъ, открылъ великій законъ природы, весь міръ представился вдругъ передъ его глазами: солнце съ своими планетами и кометами, планеты со своими спутниками, словомъ, все, что было скрыто до сихъ поръ отъ человѣческаго глаза, теперь открылось передъ нимъ въ полной гармоніи вмѣстѣ съ законами, управляющими движеніемъ небесныхъ тѣлъ. Съ новыми силами онъ приступилъ къ своимъ прежнимъ изслѣдованіямъ, которыя онъ предпринималъ время отъ времени относительно этихъ важныхъ вопросовъ, и теперь онъ старался связать между собою различные выводы, чтобы такимъ образомъ объяснить всѣ небесныя явленія. Онъ скоро увидѣлъ, что его законъ объясняетъ не только эллиптическое движеніе планетъ, но и цѣлый рядъ другихъ явленій, остававшихся до тѣхъ поръ совершенно непонятными. Однако, эти работы, это дальнѣйшее развитіе основного закона природы, требовали еще большей затраты духовныхъ силъ, чѣмъ самое открытіе закона. Вотъ этотъ-то трудъ и его блестящее выполненіе и служатъ настоящимъ доказательствомъ генія Ньютона.

Четыре года онъ неустанно занимался этими важными и трудными вопросами, и, наконецъ, въ 1686 году, т.-е. 20 лѣтъ спустя послѣ того, какъ у него зародилась первая идея о законѣ всемірнаго тяготѣнія, онъ опубликовалъ результаты своихъ работъ въ безсмертномъ сочиненіи: «Principia philosophiae naturalis mathematica», которое до сихъ поръ считается однимъ изъ самыхъ великихъ произведеній человѣческаго генія.

Въ этомъ сочиненіи прежде всего вообще разсматриваются кривыя линіи, по которымъ движутся тѣла подъ вліяніемъ данныхъ силъ, причемъ наиболѣе подробно изучены наблюдаемые въ природѣ случаи, когда центральная сила дѣйствуетъ обратно пропорціонально квадратамъ разстояній. Далѣе доказывается, что при такомъ законѣ природы притяженіе шаромъ какой-нибудь внѣшней точки происходитъ такъ, какъ-будто эта сила притяженія сосредоточена въ центрѣ шара. Но, такъ какъ притягательной силой обладаютъ не только солнце, но и вообще всѣ тѣла, то планеты притягиваются не только солнцемъ, но также и взаимно, другъ другомъ; отсюда слѣдуетъ, что эллиптическая кривая, по которой каждая планета должна была бы двигаться вокругъ солнца при отсутствіи другихъ планетъ, подъ вліяніемъ этихъ послѣднихъ значительно измѣняется и превращается въ очень сложную кривую. Къ счастью, эти планеты такъ малы сравнительно съ солнцемъ и, кромѣ того, отдѣлены другъ отъ друга такими громадными разстояніями, что возмущенія, оказываемыя ими, незначительны, и потому безъ ощутительной ошибки можно изслѣдовать возмущенія, производимыя какой-нибудь одной планетой въ движеніи какой-нибудь другой, оставляя на время безъ вниманія всѣ остальныя. При такомъ устройствѣ нашей солнечной системы вполнѣ достаточно, для теоретическаго изученія движенія планеты, найти сначала элементы ея эллиптической орбиты (часть I, § 82) и затѣмъ уже поочередно вычислять возмущенія, производимыя въ ея движеніи другими планетами. Такимъ образомъ, эти изслѣдованія сводятся къ такъ называемой задачѣ о трехъ тѣлахъ, то-есть къ опредѣленію движенія планеты, подъ притягательнымъ дѣйствіемъ солнца и подъ возмущающимъ

дѣйствіемъ какой-нибудь другой планеты, которая въ сравненіи съ солнцемъ обладаетъ гораздо меньшей массой.

Дальнѣйшее развитіе того же закона природы дало возможность опредѣлить массы солнца и планетъ, ихъ плотности и пространства, проходимыя въ первую секунду свободно падающимъ на ихъ поверхности тѣломъ, то-есть дало возможность отвѣтить на такіе вопросы, которыхъ древніе по весьма понятнымъ причинамъ не могли даже поставить.

Стараясь объяснить причину большого сжатія Юпитера, которое незадолго передъ тѣмъ было открыто Кассини, Ньютонъ пришелъ къ заключенію, что и земля должна быть сжата у полюсовъ, хотя и меньше, чѣмъ Юпитеръ, и опредѣлилъ теоретически фигуру земли. Онъ нашелъ, что развивающаяся, вслѣдствіе вращенія земли, центробѣжная сила на экваторѣ въ 289 разъ меньше силы тяжести, что діаметръ земного экватора относится къ длинѣ оси вращенія какъ 230 къ 229, и что земля имѣетъ форму тѣла, получающагося при вращеніи эллипса около его малой оси.

Ньютонъ доказалъ затѣмъ, что загадочныя явленія приливовъ и отливовъ представляютъ простое слѣдствіе лунныго и солнечнаго притяженій, и показалъ, какъ можно опредѣлить ихъ величину и время ихъ наступленія. На основаніи своего закона онъ объяснилъ большія неравенства въ движеніи луны, а именно: эвекцію, варіацію и годичное уравненіе (смотри ниже §§ 47 и 49) и показалъ, что эти неравенства, равно какъ и быстрое движеніе узловъ и линіи апсидъ (§§ 53, 54) у этого спутника есть простое слѣдствіе открытаго имъ закона. Исходя изъ притягательнаго дѣйствія, оказываемаго солнцемъ и луной на сжатую у полюсовъ землю, онъ представилъ явленіе предваренія равноденствій вполнѣ согласно съ наблюденіями (часть I, § 50). Кометы онъ разсматривалъ какъ небесныя тѣла, совершающія такое же закономѣрное движеніе около солнца, какъ и планеты и показалъ, какъ изъ наблюденій вывести элементы ихъ орбитъ, и, въ видѣ примѣра, нашелъ элементы знаменитой кометы 1680 года. Кромѣ того, въ этомъ сочиненіи изложены также основанія гидростатики и гидродинамики, т.-е. теорія равновѣсія и движенія жидкостей; приведены трудныя и глубокія изслѣдованія движенія твердаго тѣла въ жидкой и газообразной средѣ; разобрано вліяніе сопротивленія, оказываемаго такой средой движенію тѣла; опредѣлена фигура тѣлъ, при которой это сопротивленіе является наименьшимъ; дана теорія движенія маятника и теорія движенія тѣла, брошеннаго въ сопротивляющейся средѣ; изложены законы распространенія звука въ воздухѣ, законы движенія воды въ трубахъ и каналахъ; установлены свойства свѣта (теорія истеченія) и т. д.

Несмотря на столь богатое содержаніе, это великое произведеніе цѣлыя 50 лѣтъ не находило того широкаго распространенія, котораго оно заслуживало. Прежде всего пришлось долго бороться съ тѣми трудностями, которыя встрѣчаются обыкновенно при распространеніи каждой новой истины. Затѣмъ самое содержаніе этой книги требовало отъ читателя столь большой предварительной подготовки и такихъ способностей, что изъ современниковъ Ньютона нашлись всего два или три человѣка, которые могли прочитать и понять его сочиненіе. Наконецъ, въ своей книгѣ Ньютонъ пользуется синтетическимъ методомъ древнихъ грековъ, которому онъ въ теченіе всей своей жизни оказывалъ особое предпочтеніе, хотя онъ всѣ свои открытія сдѣлалъ, повидимому, не этимъ, довольно труднымъ путемъ, а болѣе легкимъ путемъ математическаго анализа и только уже послѣ, при изложеніи полученныхъ результатовъ, переходилъ къ синтетическому методу. Нужно вообще пожалѣть, что при разъясненіи своихъ открытій, Ньютонъ не излагаетъ тѣхъ разсужденій, которыя привели его къ цѣли, и что онъ совсѣмъ пропустилъ доказательства нѣкоторыхъ теоремъ, предпочитая, повидимому, не поучать своего читателя, а задавать ему трудныя задачи. Между тѣмъ знать тотъ методъ, которымъ руководится геній при своихъ открытіяхъ, иногда не менѣе интересно и поучительно, чѣмъ самыя открытія.

§ 11. **Общность закона всемірнаго тяготѣнія.** Мы видѣли, что Ньютонъ дока-

залъ справедливость закона всемірнаго тяготѣнія собственно только для луны, но по аналогіи онъ перенесъ законъ взаимодѣйствія между землею и луной на солнце и планеты и имѣлъ на это полное право, такъ какъ въ своихъ «Principia» онъ показалъ, что законы Кеплера являются лишь непосредственнымъ слѣдствіемъ закона всемірнаго тяготѣнія. Съ насъ довольно было бы знать, что законъ этотъ справедливъ въ предѣлахъ нашей солнечной системы. Эти границы его господства уже такъ далеки отъ насъ или, иначе говоря, область, надъ которой царитъ солнце, во столько разъ больше всѣхъ земныхъ государствъ, что мы могли бы быть вполнѣ счастливыми, зная хотя и краткій, но строго исполняющійся сводъ законовъ этой поистинѣ неизмѣримой монархіи. Изъ извѣстныхъ намъ въ настоящее время планетъ солнечной системы дальше всего отъ солнца находится Нептунъ; его разстояніе отъ солнца въ 30 разъ больше разстоянія, отдѣляющаго землю отъ солнца и, слѣдовательно, оно равно 4460 милліонамъ километровъ. Если бы пушечное ядро летѣло не останавливаясь и каждую секунду проходило бы 200 метровъ, то ему понадобилось бы 700 лѣтъ, чтобы пройти такой путь. Но эта планета находится еще далеко отъ границъ солнечнаго царства, потому что нѣкоторыя кометы, которыя, безъ сомнѣнія, описываютъ вокругъ солнца эллиптическія орбиты, отстоятъ отъ него на разстояніи, превышающемъ приблизительно въ 4 раза среднее разстояніе отъ Нептуна до солнца и все же повинуются третьему закону Кеплера, представляющему простое слѣдствіе закона всемірнаго тяготѣнія.

А какіе законы имѣютъ мѣсто внѣ этой области, за предѣлами солнечнаго царства? Было бы, пожалуй, слишкомъ смѣло пытаться узнать, что происходитъ въ такихъ отдаленныхъ областяхъ и какіе законы имѣютъ тамъ силу. Однако, человѣческій геній взялся за рѣшеніе и этой трудной задачи. Мы видѣли, что въ физическихъ системахъ двойныхъ звѣздъ (часть II, § 190) одно небесное тѣло обращается вокругъ другого, принятаго за неподвижное, и во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ было сдѣлано опредѣленіе его орбиты, оказалось, что орбита эта есть эллиптическая кривая, въ одномъ изъ фокусовъ которой лежитъ главная звѣзда. Слѣдовательно, каждое новое опредѣленіе орбиты двойной звѣзды является лишнимъ доказательствомъ справедливости того мнѣнія, что законъ нашей солнечной системы дѣйствуетъ также и въ областяхъ, отстоящихъ отъ насъ на неизмѣримо огромныя разстоянія, и поэтому, весьма вѣроятно, что законъ всемірнаго тяготѣнія является общимъ закономъ для всей безконечной природы.

§ 12. **Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли.** Въ началѣ этой главы мы показали, что если тѣло движется по кривой линіи, то на него должны дѣйствовать, по крайней мѣрѣ, двѣ силы. Одной изъ этихъ силъ можетъ быть простой импульсъ, начальный мгновенный толчокъ, вслѣдствіе котораго тѣло полетѣло бы съ равномѣрной скоростью по прямой линіи; другая изъ дѣйствующихъ силъ не можетъ быть мгновенной силой, но должна быть непрерывной и постоянно дѣйствующей, потому что только въ этомъ случаѣ можно объяснить непрерывное измѣненіе направленія пути тѣла и его скорости.

На первый взглядъ кажется, что опредѣленіе траэкторіи тѣла, находящагося подъ дѣйствіемъ двухъ различно направленныхъ силъ, является вопросомъ далеко не легкимъ. Но мы уже раньше, именно въ § 47 первой части, упоминали объ основномъ принципѣ механики, который облегчаетъ рѣшеніе этой задачи, и затѣмъ въ § 6 настоящей части мы еще разъ вкратцѣ коснулись этого принципа; теперь же, такъ какъ онъ особенно для насъ важенъ, мы остановимся на немъ нѣсколько подробнѣе.

Если на какое-нибудь тѣло дѣйствуютъ двѣ силы, то, согласно съ выведеннымъ изъ опыта закономъ механики, каждая изъ нихъ дѣйствуетъ такъ, какъ-будто бы она существовала только одна. На основаніи этого положенія, которое можно назвать принципомъ сложенія и разложенія силъ, можно дѣйствіе каждой силы разсматривать отдѣльно,

а это значительно облегчаетъ вопросъ объ опредѣленіи траэкторіи тѣла, подверженнаго совокупному дѣйствію многихъ силъ.

Выше (§ 2) мы уже разобрали простѣйшій видъ движенія подъ вліяніемъ притягательной силы земли, а именно мы разсмотрѣли случай свободнаго паденія. Сдѣлаемъ теперь еще шагъ впередъ; положимъ, что тѣло A (рис. 259) брошено на поверхности земли по направленію $A\delta$, и что одновременно съ этимъ на него дѣйствуетъ притяженіе земли. Если бы движеніе тѣла происходило подъ дѣйствіемъ только мгновеннаго импульса, то оно описало бы прямую линію $A\alpha\beta\gamma\ldots$, проходя въ каждую секунду равные отрѣзки $A\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\gamma\ldots$, причемъ длина каждаго изъ нихъ составляетъ, напримѣръ, 10 метровъ. Далѣе, притягательную силу земли, на основаніи вышеприведенныхъ соображеній (§ 5), можно считать постоянною, причемъ въ различные моменты она дѣйствуетъ по параллельнымъ между собою направленіямъ отвѣсныхъ линій, перпендикулярныхъ къ поверхности земли, и, если бы на тѣло A дѣйствовало только притяженіе земли, то въ теченіе первой секунды оно приблизилось бы къ земной поверхности на 4,9 метровъ. Для краткости обозначимъ эту величину буквой s. Такъ какъ въ первую секунду тѣло проходитъ пространство s, то въ двѣ секунды оно пройдетъ $4s$, въ три—$9s$, въ четыре—$16s$ и т. д.

Проведемъ теперь черезъ точки α, β, $\gamma\ldots$ прямой $A\delta$ вертикальныя линіи αb, βc, $\gamma d\ldots$ и отложимъ на нихъ отрѣзки

αB равный s,
βC » $4s$,
γD » $9s$,
δE » $16s$ и такъ далѣе.

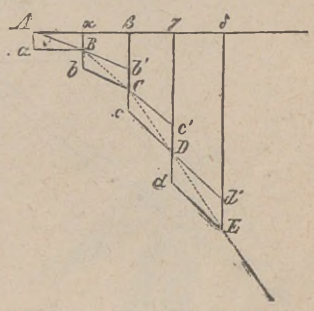


Рис. 259.

Такимъ образомъ, мы получимъ точки A, B, C, D...., въ которыхъ будетъ находиться брошенное тѣло въ началѣ 1-ой, 2-ой, 3-сй, 4-ой ... секунды. Соединяя затѣмъ эти точки кривой линіей $ABCD$..., мы получимъ искомый путь брошеннаго тѣла. Полученная кривая будетъ тѣмъ точнѣе, чѣмъ меньше будутъ части $A\alpha$, $\alpha\beta$, $\beta\gamma$.... горизонтальной линіи $A\delta$. Рисунокъ 259 показываетъ также, что эту кривую можно разсматривать какъ состоящую изъ ряда діагоналей параллелограммовъ, образуемыхъ двумя дѣйствующими силами. Въ первую секунду силы изображаются отрѣзками $A\alpha$ и αB, и AB есть діагональ построеннаго на нихъ параллелограмма. Если бы въ концѣ первой секунды на тѣло перестала дѣйствовать сила притяженія, то оно продолжало бы двигаться по направленію Bb' этой діагонали, не измѣняя направленія движенія. Но, подъ вліяніемъ силы тяжести, оно будетъ падать по направленію Bb, такъ что истинный его путь, пройденный во вторую секунду, будетъ равенъ діагонали BC параллелограмма, построеннаго на двухъ силахъ Bb и Bb'. Далѣе, въ третью секунду, вслѣдствіе пріобрѣтенной въ точкѣ C скорости, тѣло двигалось бы по направленію Cc', которое составляетъ продолженіе BC, но, подъ вліяніемъ силы тяжести, оно снова должно двигаться по вертикальному направленію Cc, и потому истинный путь его представится опять діагональю CD параллелограмма, построеннаго на двухъ силахъ Cc и Cc' и т. д.

Такъ какъ вертикальныя линіи αB, βC, γD..., соотвѣтствующія равнымъ отрѣзкамъ $\alpha\beta$, $\beta\gamma$... горизонтальной линіи $A\alpha$, относятся между собою какъ 1, 4, 9..., то-есть, какъ квадраты натуральныхъ чиселъ, и, такъ какъ въ этомъ заключается извѣстное свойство параболы (смотри ниже § 15), то отсюда слѣдуетъ, что путь брошеннаго на землѣ тѣла опредѣленъ геомстрически.

§ 13. **Примѣненіе предыдущихъ разсужденій къ искусственной лунѣ.** Изъ только-что приведенныхъ разсужденій, въ полномъ согласіи съ ежедневнымъ опытомъ, вытекаетъ, что параболическій путь брошеннаго на поверхности земли тѣла будетъ тѣмъ

длиннѣе или, другими словами, тѣло тѣмъ позже достигнетъ поверхности земли, чѣмъ сильнѣе былъ начальный толчокъ, т.-е., чѣмъ длиннѣе отрѣзокъ $A\alpha$. Этотъ отрѣзокъ можетъ быть, наконецъ, настолько великъ, что тѣло совсѣмъ не упадетъ на поверхность земли и должно будетъ описывать кривую линію вокругъ земного шара. Такимъ образомъ, это тѣло двигалось бы совершенно такъ же, какъ уже давно движется наша луна, и мы, слѣдовательно, имѣли бы въ такомъ случаѣ одной луной больше; впрочемъ, очевидно, что если бы въ нашемъ распоряженіи была необходимая для этого сила, то мы могли бы создать сколько угодно такихъ лунъ. Какова же должна быть эта сила, какъ велика должна быть начальная скорость, чтобы можно было достигнуть нашей цѣли?

Отвѣтъ на эти вопросы даютъ намъ законы механики: если мы пространство, проходимое падающимъ тѣломъ въ первую секунду, умножимъ на діаметръ планеты, на поверхности которой происходитъ паденіе, и извлечемъ изъ полученнаго числа квадратный корень, то и получимъ искомую начальную скорость, съ которою надо бросить наше тѣло.

Напримѣръ, для земли пространство, проходимое падающимъ тѣломъ въ первую секунду, равняется 4,9 метрамъ, а діаметръ земного шара составляетъ 12756000 метровъ. Произведеніе этихъ чиселъ равно 62504400, а корень квадратный изъ этого числа равенъ 7906. Поэтому пушка должна имѣть такой зарядъ, который бы сообщилъ ядру въ моментъ выстрѣла скорость, равную 7906 метрамъ въ секунду. Но до этого намъ еще очень далеко.

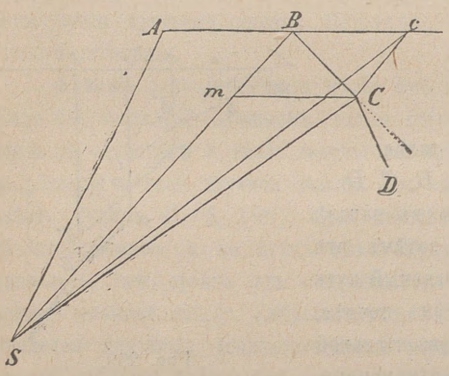


Рис. 260.

Жители луны, если только они обладаютъ огнестрѣльными орудіями, могли бы осуществить этотъ опытъ гораздо легче, такъ какъ на поверхности луны падающее тѣло проходитъ въ первую секунду только 0,82 метра (смотри ниже § 22), а діаметръ луны равенъ 3482000 метрамъ. Слѣдовательно, чтобы пушечное ядро сдѣлалось спутникомъ луны, достаточно сообщить ему начальную скорость въ 1690 метровъ. Однако, эта скорость все еще настолько велика, что жители луны, при осуществленіи такихъ опытовъ, должны были бы встрѣтить не мало затрудненій.

§ 14. **Принципъ сохраненія площадей при движеніи подъ вліяніемъ центральной силы.** Отъ выше разсмотрѣннаго вопроса естественнымъ является переходъ къ движенію спутниковъ вокругъ планетъ и къ движенію планетъ вокругъ солнца. Положимъ, что планета A (рис. 260) въ началѣ своего движенія получила толчокъ вслѣдствіе какихъ-нибудь внѣшнихъ причинъ, и что подъ вліяніемъ этого импульса она въ первую секунду должна пройти пространство AB. Если бы затѣмъ на нее не дѣйствовали никакія силы, то во вторую секунду движеніе ея продолжалось бы по тому же самому направленію и она прошла бы отрѣзокъ $Bc = AB$. Но на планету постоянно дѣйствуетъ притягательная сила солнца, неизмѣнное положеніе котораго мы примемъ въ точкѣ S; поэтому въ теченіе второй секунды планета притянется солнцемъ по направленію BS и подъ вліяніемъ этого притяженія пройдетъ пространство Bm. Вслѣдствіе этого планета, находясь въ точкѣ B, обладаетъ двумя скоростями: Bc и Bm, изъ которыхъ первая, по закону инерціи, направлена по касательной къ орбитѣ, а вторая—по линіи BS, соединяющей планету B съ S. Проведемъ теперь черезъ точку C прямую линію cC, равную и параллельную Bm, и построимъ параллелограмъ $BCcm$; тогда BC, діагональ этого параллелограмма, представитъ истинный путь планеты въ теченіе второй секунды, и въ концѣ этой секунды планета будетъ находиться въ точкѣ C.

Площади треугольниковъ ASB и BSc равны между собой, такъ какъ основаніе AB одного изъ нихъ равно основанію Bc другого, и, кромѣ того, они имѣютъ общую вершину S, которая, очевидно, находится на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ обоихъ основаній. Но площади треугольниковъ BSc и BSC также равны между собою, такъ какъ у нихъ общее основаніе SB, и ихъ вершины C и c находятся на линіи Cc, параллельной основанію, такъ что и у этихъ треугольниковъ, какъ и у выше разсмотрѣнныхъ, основанія и высоты равны. Отсюда слѣдуетъ, что площади треугольниковъ ASB и BSC равны между собою; то же самое относится и къ треугольникамъ BCS и CSD, если въ концѣ третьей секунды планета будетъ находиться въ точкѣ D, и такъ далѣе для каждой слѣдующей точки.

Изъ этого слѣдуетъ, что если сила центральная, то-есть, если притягательная сила сосредоточена въ одной неподвижной точкѣ S, то при движеніи притягиваемаго тѣла вокругъ этой точки долженъ имѣть мѣсто законъ площадей. Этотъ законъ заключается въ томъ, что площади ASB, $ABCS$, $ABCDS$..., описываемыя вокругъ притягивающей точки S радіусами SA, SB, SC..., пропорціональны промежуткамъ времени, въ теченіе которыхъ онѣ описаны; другими словами, — площади, описанныя въ теченіе двухъ, трехъ, четырехъ... секундъ, будутъ въ 2, 3, 4... раза больше площади, описанной въ одну секунду времени. Это и есть первый законъ Кеплера, который мы уже разсмотрѣли выше (часть I, § 73). Кеплеръ вывелъ его непосредственно изъ наблюденій и притомъ установилъ его только для эллиптическихъ орбитъ, планетъ. Но вышеприведенный простой выводъ показываетъ, что это справедливо для всякой орбиты описываемой подъ вліяніемъ центральной силы; нетрудно видѣть также, что справедливо и обратное положеніе, а именно, что если радіусы движущагося тѣла, исходя изъ одной неподвижной точки S, описываютъ вокругъ нея площади, пропорціональныя временамъ, то движеніе тѣла должно происходить подъ вліяніемъ центральной силы, сосредоточенной въ точкѣ S.

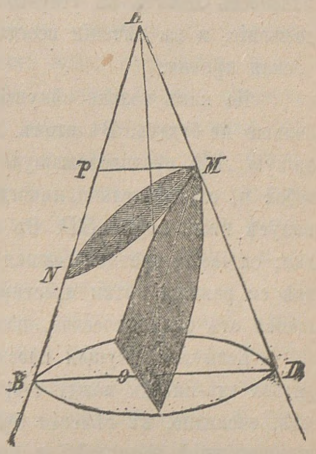


Рис. 261.

§ 15. **Коническія сѣченія.** Если на тѣло дѣйствуетъ сила, обратно пропорціональная квадрату разстоянія, какъ, напримѣръ, сила всемірнаго тяготѣнія, то такое тѣло не всегда будетъ описывать эллипсъ, а вообще должно двигаться по одной изъ такъ называемыхъ кривыхъ второго порядка или, иначе говоря, по одному изъ коническихъ сѣченій. Коническія сѣченія бываютъ трехъ родовъ; ихъ-то мы теперь и изучимъ подробнѣе.

Если черезъ центръ C горизонтальнаго круга BD (рис. 261) провести вертикальную прямую линію AC и затѣмъ около какой-нибудь точки A этой линіи вращать другую прямую такъ, чтобы она постоянно проходила черезъ точку A и черезъ окружность круга, то эта вторая движущаяся прямая линія опишетъ кривую поверхность, которая называется коническою. Тѣло, ограниченное конической поверхностью, называется конусомъ, а точка A получаетъ названіе вершины конуса. Линія AB носитъ названіе ея производящей. Подвижную линію можно мысленно продолжить за точку A, и тогда она опишетъ, вслѣдствіе выше сообщеннаго ей движенія, двойную коническую поверхность, причемъ въ этомъ случаѣ неподвижную точку можно разсматривать какъ центръ конической поверхности.

Положимъ теперь, что поверхность конуса въ какой-нибудь точкѣ M пересѣкается плоскостью MN; тогда въ пересѣченіи конической поверхности съ сѣкущей плоскостью MN получается кривая линія второго порядка. Такія кривыя, при различныхъ положеніяхъ плоскости MN, имѣютъ различную форму и обладаютъ различными свойствами. Здѣсь

можно отмѣтить три главныхъ случая, обусловливаемыхъ положеніемъ плоскости сѣченія относительно плоскости MO, параллельной производящей AB.

Пока сѣкущая плоскость MN лежитъ надъ плоскостью MO, т.-е. гдѣ-нибудь въ углу AMO, она будетъ постоянно встрѣчать производящую AB, противолежащую точкѣ M и въ сѣченіи съ коническою поверхностью будетъ давать замкнутую кривую линію. Такого рода кривыя въ геометріи называются эллиптическими. Ихъ главныя свойства мы уже изучили раньше (часть I, § 75). Если сѣкущая плоскость лежитъ очень близко къ MA, то въ сѣченіи получается довольно удлиненный эллипсъ, обладающій значительнымъ эксцентриситетомъ. При приближеніи плоскости MN отъ MA къ MO, эксцентриситетъ эллипса будетъ уменьшаться, и, когда MN приметъ положеніе PM, параллельное плоскости круга BD или, иначе говоря, перпендикулярное къ оси конуса AC, въ сѣченіи получится кругъ, который можно разсматривать какъ эллипсъ съ эксцентриситетомъ, равнымъ нулю. Если затѣмъ сѣкущая плоскость MN начнетъ опускаться еще ближе къ неподвижной прямой MO, то снова въ сѣченіи будутъ получаться эллипсы, и чѣмъ ниже опустится сѣкущая плоскость MN, тѣмъ значительнѣе будутъ размѣры и эксцентриситетъ эллипса. Такъ какъ производящія AB и AD конуса можно представить себѣ продолженными также подъ кругомъ BD, то очевидно, что все время, пока сѣкушая плоскость лежитъ въ углу AMO, она будетъ встрѣчать производящую AB или ея продолженіе, и въ сѣченіи всегда будетъ получаться замкнутая кривая линія, т.-е. эллиптическая кривая.

Но какъ только сѣкущая плоскость MN совпадаетъ съ плоскостью MO, этого уже больше не будетъ. Въ этомъ случаѣ сѣченіе больше не будетъ проходить черезъ производящую AB, противолежащую точкѣ M, потому что линіи MO и AB параллельны между собой и, слѣдовательно, никогда не могутъ пересѣчься, какъ бы далеко мы ни продолжали конусъ ниже круга BD. Въ этомъ случаѣ въ сѣченіи уже не получается замкнутая кривая; ея часть, противположная точкѣ M, будетъ открыта, и по обѣ стороны отъ линіи MO двѣ ея равныя вѣтви простираются въ безконечность. Эта кривая, существенно отличающаяся отъ эллиптической, называется параболической.

Если же сѣкущая плоскость MN будетъ двигаться еще дальше, т.-е. будетъ находиться гдѣ-нибудь между сторонами OM и MD треугольника OMD, то и въ этомъ случаѣ, очевидно, въ сѣченіи будутъ получаться кривыя линіи, открытыя со стороны, противоположной точкѣ M, и состоящія, подобно параболическимъ кривымъ, изъ двухъ равныхъ безконечныхъ вѣтвей. Несмотря на это, онѣ будутъ существенно отличаться отъ параболическихъ кривыхъ. Дѣйствительно, если продолжить производящія конуса BA и DA за точку A и, такимъ образомъ, дополнить рисунокъ до упомянутаго выше двойного конуса, то сейчасъ же станетъ ясно, что въ этомъ случаѣ сѣкущая плоскость MN встрѣчаетъ не только нижнюю, но и верхнюю часть конуса, проходя, такимъ образомъ, черезъ оба конуса. Поэтому получающаяся при этомъ кривая линія состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ, совершенно подобныхъ частей, обращенныхъ другъ къ другу своими вершинами; каждая изъ нихъ, въ свою очередь, состоитъ изъ двухъ равныхъ вѣтвей, удаляющихся въ безконечность въ сторону, противоположную вершинѣ. Эта кривая линія съ четырьмя безконечными вѣтвями называется гиперболической.

Итакъ, пока сѣкущая плоскость MN лежитъ надъ MO, т.-е. въ углу AMO, въ сѣченіи получается эллипсъ; когда сѣкущая плоскость совпадаетъ съ MO, получается парабола и, если, наконецъ, сѣкущая плоскость лежитъ подъ MO или, иначе говоря, въ углу OMD, то въ сѣченіи получается гипербола. Такимъ образомъ, парабола является границей, отдѣляющей эллипсы отъ гиперболъ, подобно тому, какъ кругъ, проходящій черезъ MP, раздѣляетъ между собою эллипсы, лежащіе ниже и выше него и обладающіе тѣмъ бо́льшимъ эксцентриситетомъ, чѣмъ дальше они отстоятъ съ той или съ другой сто-

роны отъ этого круга. Легко понять, что для каждой точки M конуса существуетъ только одно положеніе MO сѣкущей плоскости, при которомъ въ сѣченіи съ конусомъ получается парабола; точно также существуетъ только одно положеніе ея MP, для котораго сѣченіе будетъ кругомъ; для эллипсовъ же и для гиперболъ существуетъ безчисленное множество положеній сѣкущей плоскости; нужно только чтобы сѣкущая плоскость лежала вообще гдѣ-нибудь выше или ниже плоскости MO, дающей въ сѣченіи параболу, причемъ въ первомъ случаѣ получается эллипсъ, а во второмъ гипербола.

§ 16. **Условія, при которыхъ орбита будетъ эллиптической или гиперболической.** Сдѣлавъ эти замѣчанія, мы снова обратимся къ движенію планетъ вокругъ солнца. Движеніе планетъ обусловливается, согласно съ предыдущимъ, дѣйствіемъ двухъ силъ. Одна изъ нихъ есть притягательная сила солнца, обратно пропорціональная квадрату разстоянія планеты отъ солнца, и такъ какъ это разстояніе мѣняется, то силу солнца мы должны разсматривать также какъ перемѣнную. Вторая же сила есть тотъ мгновенный импульсъ или толчокъ, который планета получила въ началѣ своего движенія, вслѣдствіе ли притяженія находившагося въ то время недалеко отъ нея какого-нибудь тѣла, или отъ другихъ какихъ-либо причинъ. Если бы дѣйствовала только одна первая сила, то она заставила бы планету двигаться съ постоянно увеличивающеюся скоростью по прямой линіи къ солнцу, такъ какъ эта сила постоянно направлена къ солнцу. Если бы, наоборотъ, дѣйствовала только одна вторая сила, то планета, согласно съ закономъ инерціи, двигалась бы съ равномѣрной скоростью къ той точкѣ неба, куда былъ направленъ начальный толчокъ. Но, при одновременномъ дѣйствіи обѣихъ силъ, планета опишетъ, какъ это подробно было объяснено въ §§ 12 и 14, кривую линію, причемъ, если элементы AB, BC, CD и т. д. (рис. 260) взяты достаточно малыми, то они будутъ представлять собой касательныя къ орбитѣ планеты и въ то же время будутъ служить діагоналями параллелограммовъ, построенныхъ на отрѣзкахъ, изъ которыхъ одинъ равенъ по величинѣ и по направленію притягательной силѣ солнца, а другой совпадаетъ и по величинѣ, и по направленію съ послѣднимъ элементомъ пройденнаго пути.

Изъ разсмотрѣнія рисунка 260 видно, что кривизна пути, какъ въ первый, такъ и въ слѣдующіе моменты движенія зависитъ отъ отношенія силы первоначальнаго толчка къ притягательной силѣ солнца. Поэтому этимъ же отношеніемъ обусловливается, будетъ ли орбита движущагося тѣла эллиптической, параболической или гиперболической, и, если, напримѣръ, тѣло будетъ описывать эллипсъ, то то же самое отношеніе опредѣляетъ величину его эксцентриситета.

Нетрудно вполнѣ строго разобрать всѣ эти случаи. Дѣйствительно, въ механикѣ доказывается, что тѣло описываетъ около солнца параболу въ томъ случаѣ, если его скорость въ каждой точкѣ орбиты равна квадратному корню изъ 2, умноженному на характеристику нашей солнечной системы (часть I, § 78) и раздѣленному на корень квадратный изъ его разстоянія до солнца, выраженнаго въ частяхъ большой полуоси земной орбиты *). Если скорость меньше этой величины, то тѣло движется по эллиптической кривой; если больше, то его орбитой будетъ гиперболическая кривая.

---

*) Въ сущности разстояніе слѣдовало бы выразить въ тѣхъ же единицахъ, которыя были приняты при вычисленіи характеристики k. Поэтому, когда за единицу разстояній принимается среднее разстояніе отъ земли до солнца, сказанное въ текстѣ вполнѣ справедливо. Въ томъ же случаѣ, когда за единицу разстояній, при вычисленіи k, принимается километръ, слѣдовало бы и всѣ разстоянія выражать въ километрахъ. Но такъ какъ авторъ въ § 78 первой части, при вычисленіи k, въ сущности не принялъ за единицу разстоянія километръ, а, если можно такъ сказать, только выразилъ k въ километрахъ, то сказанное въ текстѣ остается справедливымъ и для этого случая.

Переводчикъ.

Но такъ какъ характеристика k нашей солнечной системы, выраженная въ километрахъ и отнесенная къ секундѣ какъ къ единицѣ времени, равна 29,59 (часть I, § 78), то $k\sqrt{2} = 41{,}84$. Допустимъ, далѣе, что планета занимаетъ на своей орбитѣ точку, ближайшую къ солнцу, т.-е. находится въ перигеліи (часть I, § 127). Въ такомъ случаѣ, называя разстояніе перигелія отъ солнца, выраженное въ частяхъ большой полуоси земной орбиты, буквой q и обозначая буквой P число 41,84, раздѣленное на корень квадратный изъ q, мы можемъ сказать, что небесное тѣло будетъ описывать вокругъ солнца эллипсъ, параболу или гиперболу, смотря по тому, будетъ ли его начальная скорость въ перигеліи меньше, равна или больше P.

Такимъ образомъ, пока начальная скорость заключается между нулемъ и P, постоянно получаются эллипсы; но только сначала, когда скорость очень мала, эти эллипсы вытянуты или, иначе говоря, обладаютъ весьма значительнымъ эксцентриситетомъ. Съ увеличеніемъ скорости, эксцентриситетъ эллипсовъ уменьшается и, наконецъ, обращается въ нуль, когда скорость равна приблизительно тремъ четвертямъ P*); въ этомъ случаѣ орбита становится круговой. Если скорость будетъ еще увеличиваться, то эксцентриситетъ получающихся при этомъ эллипсовъ снова будетъ возрастать, пока, наконецъ, при скорости, равной P, эллипсъ не обратится въ параболу, а при еще бо́льшей скорости въ гиперболу. Такимъ образомъ, разсматривая коническія сѣченія не только съ геометрической, но также и съ чисто механической или астрономической точки зрѣнія, мы видимъ, что парабола является границей между эллипсами и гиперболами, а кругъ составляетъ переходъ отъ одного рода эллипсовъ къ другому.

Слѣдовательно, для такого опредѣленія орбиты нужно знать начальную скорость планеты. Но какъ намъ опредѣлить ее? Небесныя свѣтила образовались, по всей вѣроятности, уже за много милліоновъ лѣтъ до тѣхъ поръ, какъ появился на землѣ родъ человѣческій. Въ какихъ же архивахъ должны мы искать извѣстія объ этихъ давно прошедшихъ временахъ?

Мы увидимъ ниже, что движенія планетъ, дошедшія до насъ отъ древнихъ астрономовъ, вполнѣ согласны съ тѣми, которыя мы наблюдаемъ теперь; поэтому мы имѣемъ полное основаніе считать, что движеніе планетъ въ теченіе даже очень большого промежутка времени совершается всегда по однимъ и тѣмъ же законамъ и не мѣняется съ теченіемъ времени. Чтобы окончательно убѣдиться, что планета въ теченіе многихъ тысячелѣтій проходила и будетъ проходить черезъ перигелій всегда съ одинаковой скоростью и на одинаковомъ разстояніи отъ солнца, намъ нужно только измѣрять каждый разъ ея скорость въ этой точкѣ.

Примѣнимъ вышеизложенное къ нашей землѣ. При своемъ прохожденіи черезъ перигелій она отстоитъ отъ центра солнца на разстояніи, равномъ 0,9832 большой полуоси своей эллиптической орбиты, и скорость ея движенія въ этой точкѣ составляетъ 30,09 километровъ въ секунду. Въ этомъ случаѣ величина $q = 0{,}9832$ и поэтому $P = 42{,}19$ километрамъ. Поэтому, если бы скорость земли въ моментъ ея образованія была равной 42,19 километрамъ, то орбита земли была бы параболической, а при еще бо́льшей начальной скорости земля двигалась бы вокругъ солнца по гиперболической кривой. Въ обоихъ этихъ случаяхъ она удалялась бы по безконечнымъ вѣтвямъ параболической или гиперболической кривой все дальше и дальше отъ солнца и никогда бы не вернулась къ нему обратно. Но ея начальная скорость равнялась всего 30,09 километрамъ, то-есть она была на 12,1 километровъ меньше той, которая была бы для нея роковой. И земля стала двигаться по эллиптической орбитѣ только потому, что ея начальная скорость была меньше 42,19.

*) Точнѣе $0{,}707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

Если бы эта скорость равнялась 29,84 километрамъ, т.-е. была бы всего на 0,25 километровъ меньше, чѣмъ въ дѣйствительности, то земля двигалась бы по окружности круга; отсюда слѣдуетъ, что наша планета описываетъ одинъ изъ эллипсовъ, заключающихся между кругомъ и параболой, и притомъ такой, который лежитъ недалеко отъ круга *PM* (рис. 261); поэтому эксцентриситетъ земной орбиты малъ, и она имѣетъ форму, близкую къ окружности круга.

Нѣсколько иначе дѣло обстоитъ съ Меркуріемъ, съ этой ближайшей къ солнцу планетой, для которой $P = 75{,}4$. При такой скорости его орбита была бы параболической, а при еще бо́льшей скорости—гиперболической. Но по наблюденіямъ его скорость въ перигеліи равна 60,5, т.-е. она на 15 километровъ меньше параболической и на 7,2 больше круговой скорости; поэтому орбита Меркурія тоже эллиптическая, но уже съ довольно значительнымъ эксцентриситетомъ.

§ 17. **Вѣроятность эллиптической орбиты.** Такимъ образомъ, мы видимъ, что изъ безчисленнаго множества скоростей, которыми можетъ обладать тѣло, только одна соотвѣтствуетъ параболѣ, и точно также лишь при одной опредѣленной скорости орбита небеснаго тѣла будетъ круговой; наоборотъ, начальныхъ скоростей, обусловливающихъ эллиптическое или гиперболическое движеніе тѣла, безконечно много. Отсюда слѣдуетъ, что вѣроятность кругового движенія тѣла около солнца для нашей системы очень незначительна; если бы даже планета случайно стала описывать круговую орбиту, то малѣйшія измѣненія въ ея скорости, вызванныя, напримѣръ, притяженіемъ третьяго тѣла, обратили бы эту орбиту въ эллиптическую или гиперболическую; такимъ образомъ, послѣднія двѣ кривыя можно считать наиболѣе вѣроятными. Съ другой стороны, эллиптическая орбита можетъ произойти легче, чѣмъ гиперболическая, потому что для эллипса достаточно даже незначительнаго начальнаго толчка, тогда какъ для гиперболы нужны такія силы, которыя превосходятъ извѣстный предѣлъ.

Поэтому мы можемъ принять, что планеты, подъ совмѣстнымъ вліяніемъ силы солнца, дѣйствующей обратно пропорціонально квадратамъ разстояній, и силы того импульса, который получила планета въ моментъ своего образованія, движутся вообще по эллиптическимъ кривымъ, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце. При такомъ движеніи планета, выйдя изъ своего афелія, на первой половинѣ своей орбиты будетъ приближаться къ солнцу, а затѣмъ начнетъ снова отъ него удаляться; и здѣсь читатели, мало знакомые съ предметомъ, нерѣдко высказываютъ сомнѣніе, возможно ли, чтобы та сила солнца, которая должна притягивать планету въ каждой точкѣ ея орбиты, позволяла въ то же время ей удаляться отъ солнца. Но, послѣ нѣкотораго размышленія, нетрудно отвѣтить на этотъ вопросъ. Когда планета выходитъ изъ той точки орбиты, гдѣ она ближе всего находится къ солнцу, направленіе ея движенія, совпадающее всегда съ касательной къ ея орбитѣ, какъ-разъ перпендикулярно къ радіусу вектору, т.-е. къ линіи, соединяющей планету съ центромъ солнца. Такъ какъ въ перигеліи она находится на кратчайшемъ разстояніи отъ солнца, то здѣсь она сильнѣе всего притягивается этимъ послѣднимъ, но въ то же время и тангенціальная скорость ея (скорость по направленію касательной) здѣсь наибольшая, и перемѣщеніе планеты по касательной за какой-нибудь промежутокъ времени гораздо значительнѣе ея перемѣщенія по направленію къ солнцу за тотъ же промежутокъ времени; слѣдовательно, тангенціальная сила въ перигеліи является преобладающей, и планета будетъ удаляться отъ солнца. Пока планета находится на первой половинѣ своей орбиты, т.-е. пока она движется отъ перигелія къ афелію, солнце все время притягиваетъ ее къ себѣ и противодѣйствуетъ тому движенію, вслѣдствіе котораго планета отъ него удаляется. Поэтому тангенціальная скорость планеты мало-по-малу уменьшается, пока планета не придетъ, наконецъ, въ афелій. Въ этой точкѣ ея тангенціальная скорость наименьшая, и вмѣстѣ съ тѣмъ дѣйствіе на нее солнца, вслѣд-

ствіе наибольшаго разстоянія, должно быть также наименьшимъ. Но, несмотря на это, въ афеліи послѣдняя сила больше тангенціальной или, другими словами, здѣсь преобладаетъ центральная сила, и поэтому планета, при движеніи по второй половинѣ своей орбиты, должна приближаться къ солнцу, пока она не дойдетъ до перигелія, послѣ чего она начинаетъ совершать второй оборотъ вокругъ солнца совершенно такъ же, какъ совершила первый.

§ 18. **Центръ свободнаго вращенія планетъ.** Здѣсь намъ представляется наиболѣе удобнымъ коснуться двухъ принциповъ механики, которые имѣютъ весьма большое значеніе для всего, что происходитъ въ природѣ. Въ первомъ изъ этихъ принциповъ дѣло идетъ о такъ называемомъ центрѣ свободнаго вращенія.

Какъ обращеніе планетъ вокругъ солнца, такъ и ихъ вращеніе вокругъ осей совершаются, насколько мы знаемъ, всегда въ одномъ и томъ же направленіи, а именно съ запада на востокъ. Вслѣдствіе этого каждая точка обращенной къ солнцу половины планеты обладаетъ двойнымъ движеніемъ, а именно: 1) орбитальнымъ движеніемъ вокругъ солнца, которое является общимъ для всѣхъ точекъ планеты и направлено съ запада на востокъ, и 2) вращеніемъ вокругъ оси, которое для указанной половины планеты совершается съ востока на западъ и имѣетъ, такимъ образомъ, направленіе противоположное предыдущему. Это послѣднее движеніе, являющееся результатомъ вращенія вокругъ оси, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше находится разсматриваемая точка отъ центра планеты, который вовсе не принимаетъ участія во вращательномъ движеніи. Поэтому на обращенной къ солнцу половинѣ планеты должна существовать такая точка, для которой движеніе вокругъ солнца съ запада на востокъ равно вращательному движенію съ востока на западъ, и которую при такомъ двойномъ движеніи можно разсматривать какъ неподвижную. Вотъ эта-то точка въ механикѣ носитъ названіе центра свободнаго вращенія.

Обозначимъ буквой r отношеніе радіуса планеты къ радіусу ея орбиты и буквой s отношеніе временъ оборотовъ планеты вокругъ солнца и вокругъ ея оси; тогда разстояніе a центра свободнаго вращенія отъ центра планеты, выраженное въ радіусахъ послѣдней, будетъ равно единицѣ, раздѣленной на произведеніе чиселъ r и s. Для земли, напримѣръ, $r = 0{,}0000429$, $s = 365{,}26$, такъ что $rs = 0{,}0157$ и $a = 63{,}8$ земныхъ радіусовъ. Слѣдовательно, для земли центръ свободнаго вращенія находится на далекомъ отъ нея разстояніи и лежитъ между ней и солнцемъ. Для Юпитера разстояніе a равно всего 1,06, такъ что для этой планеты центръ свободнаго вращенія находится недалеко отъ ея поверхности. Наконецъ, для луны a равно 200 луннымъ радіусамъ, что составляетъ около 60 земныхъ радіусовъ, такъ что въ этомъ случаѣ a почти равно среднему разстоянію отъ луны до земли. Поэтому для луны центръ свободнаго вращенія лежитъ очень близко къ центру земли, замѣчательное совпаденіе, которое, можетъ-быть, поможетъ намъ когда-нибудь выяснить таинственную связь, существующую между луной и землей.

§ 19. **Свободная ось вращенія.** Второй изъ упомянутыхъ принциповъ механики касается такъ называемой свободной оси вращенія.

Выше (часть I, § 13) мы уже говорили о центробѣжной силѣ, вслѣдствіе которой каждый элементъ, каждая частица тѣла, вращающагося около прямой линіи, какъ около оси, стремится удалиться отъ этой оси по направленію къ ней перпендикулярному. Но сила сцѣпленія не позволяетъ элементамъ тѣла удаляться по этому направленію, вслѣдствіе чего получается давленіе на ось вращенія. Это давленіе направлено, какъ и центробѣжная сила, по линіи, проходящей черезъ разсматриваемый элементъ тѣла и перпендикулярной къ оси вращенія; и оно, очевидно, тѣмъ больше, чѣмъ дальше отстоитъ элементъ отъ этой оси. Если, далѣе, элементы тѣла не во всѣхъ его частяхъ симметрично расположены относительно оси вращенія, то такое давленіе заставитъ качаться эту ось и вызоветъ возмущенія во вращательномъ движеніи, которое при полной симметріи въ

строеніи тѣла было бы равномѣрнымъ. Если же строеніе тѣла и положеніе оси вращенія таковы, что каждому элементу, лежащему съ одной стороны оси, соотвѣтствуетъ съ другой ея стороны элементъ, совершенно такой же по величинѣ и находящійся на такомъ же разстояніи отъ оси, то каждый изъ этихъ элементовъ будетъ оказывать давленіе на ось, но эти давленія будутъ равны по величинѣ и противоположны по направленію, такъ что они взаимно уничтожатся, и разсматриваемая нами пара элементовъ не окажетъ никакого вліянія на ось. Такъ какъ это справедливо для каждой пары такихъ соотвѣтственныхъ элементовъ, и такъ какъ, по предположенію, тѣло состоитъ только изъ такихъ соотвѣтственныхъ элементовъ, то ось вращенія этого тѣла не будетъ испытывать никакого давленія или, другими словами, она будетъ такъ называемою свободною осью. Напримѣръ, для шара каждый его діаметръ является свободной осью, а для эллипсоида, получающагося отъ вращенія эллипса вокругъ малой или большой его оси, свободными осями будутъ соотвѣтственно малая или большая его оси, такъ какъ каждое сѣченіе эллипсоида, перпендикулярное къ оси вращенія, есть кругъ, центръ котораго всегда находится на этой оси.

Дальнѣйшія геометрическія или, скорѣе, механическія изслѣдованія показываютъ, что всякое тѣло, каковы бы ни были его форма и строеніе, всегда имѣетъ три свободныхъ оси, которыя пересѣкаются другъ съ другомъ въ его центрѣ тяжести подъ прямыми углами. У шара каждый діаметръ представляетъ свободную ось; у эллипсоида вращенія свободною осью является не только ось, перпендикулярная къ экватору, но также и каждый діаметръ его экватора.

§ 20. **Устойчивость осей вращенія планетъ.** Примѣнимъ теперь только-что сказанное къ планетамъ, которыя во время своего образованія имѣли, по всей вѣроятности, шарообразную форму. Начальный толчокъ, заставившій ихъ двигаться, сообщилъ имъ также вращеніе около одного изъ діаметровъ, т.-е. около одной изъ свободныхъ осей. Вслѣдствіе этого вращенія шаръ обратился въ эллипсоидъ вращенія, сжатый у полюсовъ, т.-е. въ такой, который получается при вращеніи эллипса около его малой оси. Поэтому ось вращенія не перестала быть свободной, и, слѣдовательно, планеты вращаются около свободныхъ осей и постоянно будутъ вращаться около нихъ. Кромѣ того, устойчивости оси вращенія въ значительной мѣрѣ способствуетъ сжатіе планетъ, такъ какъ, если бы какія-нибудь внѣшнія силы вывели ось вращенія изъ ея первоначальнаго положенія, то, вслѣдствіе сжатія планеты, ось должна была бы снова принять прежнее направленіе, тогда какъ, наоборотъ, если бы большая ось образующаго эллипса сдѣлалась осью вращенія тѣла, то достаточно было бы самаго незначительнаго возмущенія, чтобы совершенно измѣнить направленіе оси.

Теперь понятно также, почему то дѣйствіе солнца и луны на сжатый у полюсовъ, вращающійся земной шаръ, которое мы описали подъ именемъ прецессіи (часть I, § 50 и часть II, § 183) и которое должно было бы состоять въ приближеніи земного экватора къ эклиптикѣ, вызываетъ лишь отступленіе точки весенняго равноденствія. Боненбергеръ устроилъ машинку, которая позволяетъ непосредственно наблюдать явленіе прецессіи; въ ней земля изображена шаромъ, могущимъ вращаться около любого діаметра, а экваторъ можетъ быть выведенъ изъ своего первоначальнаго положенія грузомъ, насаженнымъ на одинъ конецъ оси. Наклонивъ послѣднюю нѣсколько къ горизонту, сообщаютъ шару быстрое вращательное движеніе; при этомъ оказывается, что наклонность экватора къ горизонту, представляющему собою въ этомъ случаѣ эклиптику, остается неизмѣнной, а замѣчается лишь движеніе узловъ экватора надъ плоскостью горизонта по направленію, обратному направленію вращенія шара (ср. часть I, § 17, Заключеніе). По совѣту Лапласа, эти машинки были введены во всѣхъ центральныхъ школахъ Франціи какъ учебное по-

собіе, потому что такая машинка дѣлаетъ весьма понятнымъ явленіе прецессіи, которое такъ трудно представить себѣ тѣмъ, кто мало знакомъ съ предметомъ.

Тѣ небольшія измѣненія въ наклонности эклиптики къ экватору, которыя извѣстны подъ именемъ нутаціи (часть I, § 56), происходятъ отъ того, что плоскость лунной орбиты не совпадаетъ съ плоскостью эклиптики, а составляетъ съ ней небольшой уголъ; но такъ какъ, вслѣдствіе движенія узловъ орбиты, луна черезъ каждыя 19 лѣтъ приходитъ въ прежнее положеніе относительно солнца, то эти измѣненія имѣютъ также девятнадцатилѣтній періодъ.

ГЛАВА II.

Масса, плотность и фигура небесныхъ тѣлъ.

§ 21. **Болѣе подробное разсмотрѣніе закона всемірнаго тяготѣнія.** Въ предыдущей главѣ мы разсмотрѣли наиболѣе простое выраженіе закона всемірнаго тяготѣнія и тогда же сдѣлали замѣчаніе, что почти вся наша новѣйшая астрономія есть лишь дальнѣйшее развитіе этого закона. Дѣйствительно, если каждое новое, даже, повидимому, не особенно важное, открытіе рѣдко остается однимъ, а обыкновенно влечетъ за собой цѣлый рядъ другихъ открытій, часто болѣе важныхъ, то съ еще большимъ правомъ мы можемъ этого ожидать послѣ открытія закона, который по самой своей сущности имѣетъ мѣсто не только во всей солнечной системѣ, но распространяется также и на всю извѣстную намъ часть неба. Какъ только сталъ извѣстенъ этотъ великій законъ, изъ него, какъ изъ богатаго источника, вытекло множество другихъ болѣе важныхъ, болѣе замѣчательныхъ открытій, о которыхъ древніе не могли даже и мечтать, такъ какъ, пока не былъ извѣстенъ этотъ великій законъ, для нихъ были совершенно закрыты всѣ пути къ пониманію тѣхъ явленій, которыя суть простыя его слѣдствія. Но прежде, чѣмъ приступить къ описанію отдѣльныхъ наиболѣе важныхъ и наиболѣе интересныхъ изъ этихъ открытій, мы должны еще сдѣлать важное дополненіе къ закону всемірнаго тяготѣнія, дополненіе, котораго раньше мы не дѣлали, такъ какъ для бо́льшей ясности мы сначала ограничились самой простой формулировкой этого закона.

По этому закону всѣ тѣла притягиваютъ другъ друга съ силою, обратно пропорціональною квадратамъ разстояній. Слѣдовательно, если напримѣръ, спутникъ Юпитера или Сатурна въ первую секунду притягиваетъ къ себѣ камень, находящійся отъ него на разстояніи 100 килом., на одинъ метръ, то при двойномъ разстояніи, въ 200 км., онъ притянетъ его лишь на $^1/_4$ метра, при разстояніи въ 300, 400, 500 км. на $^1/_9$, $^1/_{16}$, $^1/_{25}$ метра и т. д. Тотъ же самый законъ будетъ существовать и для другого спутника съ тою лишь разницею, что этотъ спутникъ въ первую секунду притянетъ тотъ же камень, при разстояніи въ 100 км., не на цѣлый метръ, а, напр., всего только на полметра. И въ томъ и въ другомъ случаѣ притяженіе камня происходитъ, какъ и слѣдуетъ по закону всемірнаго тяготѣнія, съ силой обратно пропорціональной квадрату разстоянія, но для второго спутника это притяженіе вдвое меньше, чѣмъ для перваго, другими словами, здѣсь при разстояніи въ 100 км. камень притянется на $^1/_2$ метра, при 200 км. на $^1/_8$, при 300 км. на $^1/_{18}$, при 400 км. на $^1/_{32}$ и т. д.

Отсюда видно, что характеръ притяженія всегда одинъ и тотъ же, но величина этого притяженія для различныхъ тѣлъ можетъ быть весьма различна, совершенно подобно тому, какъ различныя лошади, впряженныя въ телѣгу, везутъ ее одинаковымъ образомъ, но только съ различною силою: одна тянетъ сильнѣе, другая—слабѣе, смотря по своей мускульной силѣ. Спрашивается теперь, что же играетъ роль мускульной силы въ случаѣ небесныхъ тѣлъ?

Мы не знаемъ, что собственно представляетъ собою сила, съ которой какое-нибудь небесное тѣло притягиваетъ всѣ остальныя и откуда она исходитъ, да и едва ли намъ удастся когда-нибудь проникнуть въ эту тайну; но, во всякомъ случаѣ, мы должны предположить, что эта сила присуща каждой малѣйшей частицѣ, каждому самому маленькому элементу, изъ которыхъ состоитъ притягивающее тѣло. Согласно съ этимъ предположеніемъ, притягивающая сила какого-нибудь тѣла есть лишь сумма всѣхъ тѣлъ силъ, которыми обладаютъ отдѣльные элементы, составляющіе тѣло; поэтому она, очевидно, будетъ тѣмъ больше, чѣмъ значительнѣе число этихъ элементовъ, т.-е, другими словами, чѣмъ больше масса всего притягивающаго тѣла, причемъ подъ этимъ словомъ «масса» мы разумѣемъ сумму всѣхъ атомовъ, составляющихъ тѣло.

Примѣняя эти разсужденія къ нашей землѣ, замѣтимъ, что падающее на ея поверхности тѣло проходитъ въ первую секунду 4,9 метра, и такъ какъ это явленіе обусловливается притягательной силой земли, то только-что приведенная величина можетъ служить мѣрою этой силы. Если бы наша земля, имѣющая въ среднемъ плотность плавиковаго шпата, при томъ же объемѣ обладала въ пять разъ большею массой, т.-е. имѣла бы плотность нашего золота, то сила ея притяженія при томъ же разстояніи была бы въ 5 разъ больше, такъ что тѣло при своемъ паденіи на ея поверхности, проходило бы тогда въ первую секунду не 4,9 метровъ, а въ 5 разъ больше, т.-е. 24,5 метровъ.

То же самое имѣетъ мѣсто и въ случаѣ двухъ шаровъ, массы которыхъ различны между собою. Напримѣръ, масса нашей луны приблизительно въ 80 разъ меньше массы земли. Вслѣдствіе этого она должна притягивать тѣла въ 80 разъ слабѣе, чѣмъ земля, если, конечно, предположить, что въ обоихъ случаяхъ притягиваемыя тѣла находятся на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ центра земли или луны.

Поэтому пока рѣчь идетъ объ одномъ тѣлѣ, мы еще имѣемъ право, какъ и раньше, говорить, что его притяженіе обратно пропорціонально квадрату разстоянія, отдѣляющаго его отъ притягиваемаго тѣла. Если же мы желаемъ сравнить между собою притяженія двухъ или нѣсколькихъ тѣлъ или дать общую формулировку закона, то должны сказать: притяженіе какого угодно тѣла прямо пропорціонально его массѣ и обратно пропорціонально квадрату его разстоянія отъ притягиваемаго тѣла; другими словами, притяженіе всякаго тѣла равняется, по числовой величинѣ, его массѣ раздѣленной на квадратъ его разстоянія отъ притягиваемаго тѣла.

Въ силу вышесказаннаго, самой подходящей мѣрою притяженія мы можемъ считать пространство, проходимое въ первую секунду падающими тѣлами (для земли, 4,9 м.), такъ какъ это пространство прямо пропорціонально притяженію. Поэтому законъ всемірнаго тяготѣнія можно формулировать еще такъ: выраженное въ метрахъ пространство, проходимое падающимъ тѣломъ въ первую секунду, равняется числу 4,9, умноженному на массу притягиваемаго тѣла и раздѣленному на квадратъ его разстоянія, выраженнаго въ земныхъ радіусахъ. Въ этомъ случаѣ за единицу массъ принимается масса земли, и въ этихъ единицахъ выражаются массы остальныхъ небесныхъ тѣлъ. Такимъ образомъ пространство f, проходимое въ первую секунду падающимъ тѣломъ, находящимся на разстояніи a отъ центра притягивающаго свѣтила, обладающаго массой M, будетъ равняться въ метрахъ:

$$f = \frac{4{,}9 \cdot M}{a^2}$$

Поэтому для Сатурна, масса котораго въ 92 раза больше массы земли, притягательную силу, оказываемую имъ на различныя тѣла мы получимъ, если число 450,8 раздѣлимъ на квадратъ разстоянія a, гдѣ a выражено въ частяхъ земного радіуса. Слѣдовательно, притяженіе Сатурна на тѣло, находящееся на разстояніи 10, 20, 30... земныхъ радіусовъ отъ его центра, будетъ равно 4,5; 1,1; 0,5... метровъ.

§ 22. **Опредѣленіе ускоренія силы тяжести на небесныхъ тѣлахъ.** Чтобы дать интересное приложеніе только-что приведенной формулы, мы попытаемся, основываясь на ней, рѣшить вопросъ, какое пространство проходитъ тѣло въ первую секунду при паденіи, напримѣръ, на нашей лунѣ?

Масса луны составляетъ всего одну восьмидесятую часть массы земли, такъ что при вышеприведенномъ обозначеніи будетъ $M = 1 : 80 = 0{,}0125$. Радіусъ луны равенъ около 1741 км., тогда какъ радіусъ земли составляетъ 6378 км., поэтому если за единицу длины принять земной радіусъ, то радіусъ луны будетъ равенъ 0,2733.

Такимъ образомъ, вопросъ объ опредѣленіи пространства, проходимаго въ первую секунду тѣломъ, падающимъ на поверхности луны или, другими словами, вопросъ объ опредѣленіи ускоренія силы тяжести на лунѣ, сведенъ къ вычисленію пространства, проходимаго въ первую секунду падающимъ тѣломъ, находящимся на разстояніи $a = 0{,}2733$ отъ центра притягивающаго тѣла, масса котораго равна $M = 0{,}0125$. Такъ какъ $4{,}9 \times \times 0{,}0125 = 0{,}06125$ и $0{,}2733^2 = 0{,}07469$, то по вышеуказанной формулѣ получаемъ:

$$f = 0{,}82 \text{ метра.}$$

Такимъ образомъ, на поверхности луны тѣла при паденіи проходятъ въ первую секунду 0,82 м., что составляетъ около одной шестой того пути, который проходятъ въ первую секунду падающія тѣла на поверхности земли. Вслѣдствіе этого жители луны во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда имъ приходится преодолѣвать силу тяжести, должны имѣть большое преимущество сравнительно съ нами. Если бы, напримѣръ, они пожелали при помощи упругой пружины, пара, своихъ мускуловъ или при помощи мускульной силы ихъ животныхъ привести въ движеніе повозку, рычагъ, колеса вращающагося вала и т. д., то они достигли бы своей цѣли съ усиліемъ въ 6 разъ меньшимъ, чѣмъ мы на землѣ. Точно также наши лошади могли бы, при всѣхъ прочихъ равныхъ условіяхъ, везти на лунѣ гораздо большую поклажу или бѣжать безъ устали значительно скорѣе, чѣмъ на землѣ, а лунныя балерины, если только таковыя есть на лунѣ, и если онѣ обладаютъ такой же силой мускуловъ, какъ и наши, при томъ же усиліи могли бы прыгнуть въ 6 разъ выше, такъ какъ онѣ притягивались бы къ полу сцены съ силой въ 6 разъ меньшей, чѣмъ у насъ на землѣ.

Совершенно подобнымъ же образомъ можно опредѣлить паденіе тѣлъ на поверхности всякой другой планеты нашей солнечной системы, если только извѣстно отношеніе ея массы и радіуса къ массѣ и радіусу земли. Такъ, выше мы видѣли, что масса Сатурна въ 92 раза больше массы земли. Радіусъ этой планеты равенъ приблизительно 9,7 земнымъ радіусамъ. Поэтому для Сатурна величина f будетъ равна числу 4,9, умноженному на 92 и раздѣленному на квадратъ 9,7, т.-е. на 94; слѣдовательно, для этой планеты $f = 4{,}8$ м. или, иными словами, на поверхности Сатурна падающія тѣла проходятъ въ первую секунду 4,8 метровъ, т.-е. почти столько же, сколько и на землѣ. Подобнымъ же образомъ, нетрудно найти, что на поверхности Юпитера тѣло при своемъ паденіи пролетаетъ въ первую секунду 10,9 метровъ, а на поверхности Марса 1,9 метра, такъ какъ массы этихъ планетъ соотвѣтственно равны 308 и 0,11, если массу земли принять за единицу, и, кромѣ того, радіусъ Юпитера въ 11,25 разъ больше радіуса земли, а радіусъ Марса составляетъ 0,5 земного радіуса. Наконецъ, масса солнца въ 323000 разъ больше массы земли, а его радіусъ равенъ приблизительно 109 земнымъ радіусамъ; слѣдовательно, на поверхности солнца падающее тѣло проходитъ въ первую секунду 135,6 метровъ, т.-е. круглымъ числомъ въ 28 разъ больше, чѣмъ на землѣ.

Такъ какъ паденіе тѣла или, что то же самое, притягательная сила планетъ опредѣляетъ то, что мы называемъ *вѣсомъ* тѣлъ, то изъ предыдущаго непосредственно слѣдуетъ, что какое-нибудь тѣло, вѣсящее у насъ, напримѣръ, 1 килограммъ, на лунѣ будетъ значительно легче, а именно его вѣсъ тамъ будетъ равняться всего $^1/_6$ килограмма, тогда

какъ на поверхности солнца оно будетъ вѣсить 28 килограммовъ. Само собою разумѣется, что эту разность въ вѣсѣ невозможно обнаружить при помощи нашихъ рычажныхъ вѣсовъ, такъ какъ гири, которыя кладутъ обыкновенно на другую чашку вѣсовъ для опредѣленія вѣса даннаго тѣла, будутъ подвержены силѣ тяготѣнія той же самой планеты, что и взвѣшиваемое тѣло, такъ что, напримѣръ, на лунѣ онѣ будутъ, подобно всѣмъ тѣламъ, въ шесть разъ легче, чѣмъ на землѣ. Поэтому вмѣсто слова вѣсъ мы будемъ употреблять для бо́льшей ясности слово давленіе и скажемъ, что то тѣло, которое на землѣ давитъ на подставку съ силою въ 1 килограммъ, будетъ давить на подставку на лунѣ съ силою въ $^1/_6$, на Юпитерѣ съ силою въ 2,5, на солнцѣ съ силою въ 28 килограммовъ.

§ 23. **Опредѣленіе массы солнца.** По закону всемірнаго тяготѣнія, притягательная сила всякаго тѣла на точку, внѣ его лежащую, пропорціональна массѣ этого тѣла, раздѣленной на квадратъ его разстоянія отъ притягиваемой точки (§ 21). Поэтому обратно: масса притягивающаго тѣла пропорціональна его силѣ притяженія, умноженной на квадратъ разстоянія.

Отсюда видно, что этотъ законъ позволяетъ намъ найти также массу небеснаго тѣла, если только намъ извѣстно притяженіе, оказываемое имъ на какое-нибудь другое внѣ его находящееся тѣло.

Желая воспользоваться этимъ для опредѣленія массы солнца, мы постараемся прежде всего получить величину паденія нашей земли на солнце въ теченіе одной секунды. Поступая совершенно такъ же, какъ и въ § 7, мы найдемъ, что окружность земной орбиты равняется 146440 земнымъ радіусамъ, такъ какъ радіусъ этой орбиты въ 23306,8 разъ больше радіуса земли; а такъ какъ, съ другой стороны, звѣздное время оборота земли около солнца составляетъ 365,25636 дней, или 31558149,5 секундъ, то путь AM (рис. 258, стр. 700), проходимый землей въ одну секунду, будетъ равенъ 0,00464037 земного радіуса, или 29568 метрамъ, если, согласно съ вышеупомянутыми изслѣдованіями Пикара, принять, что земной радіусъ содержитъ 6372000 метровъ. Далѣе, по формулѣ, выведенной въ томъ же § 7, мы найдемъ, что пространство BM, проходимое землей въ одну секунду при своемъ паденіи на солнце, будетъ равно квадрату 29568, раздѣленному на произведеніе изъ удвоеннаго числа 23306,8 на 6372000, что составляетъ 0,0029435 метра. * Чтобы, исходя изъ этого числа опредѣлить массу солнца, мы поступимъ слѣдующимъ образомъ. Называя буквой M массу солнца, буквой a разстояніе отъ солнца до земли и буквой f пространство, проходимое землей въ одну секунду при ея паденіи на солнце, мы имѣемъ:

$$f = \frac{4{,}9M}{a^2}.$$

Если подобнымъ же образомъ буквами M_0, a_0 и f_0 мы обозначимъ массу земли, разстояніе отъ земли до луны и пространство, проходимое луной въ одну секунду при ея паденіи на землю, то мы опять можемъ написать слѣдующее соотношеніе между этими величинами:

$$f_0 = \frac{4{,}9M_0}{{a_0}^2}.$$

Послѣднія два выраженія намъ даютъ:

$$\frac{M}{M_0} = \frac{f}{f_0} \cdot \left(\frac{a}{a_0}\right)^2.$$

Но мы нашли, что $f = 0{,}0029435$ метра; затѣмъ раньше мы имѣли $f_0 = 0{,}00136$ метра. Кромѣ того, мы знаемъ, что $a = 23306{,}8$ и $a_0 = 60{,}2778$, причемъ за единицу разстояній принятъ радіусъ земли. Слѣдовательно:

$$\frac{a}{a_0} = 386{,}66.$$

Подставляя всѣ эти числа въ нашу формулу и принимая массу земли равной единицѣ, получаемъ, что масса солнца относится къ массѣ земли, круглымъ числомъ, какъ 323000 къ 1. *

Впрочемъ, сдѣлавъ маленькое измѣненіе, можно значительно упростить работу при опредѣленіи массы небеснаго тѣла. Дѣйствительно, на рис. 258 величина притяженія изображена отрѣзкомъ BM, такъ что масса притягивающаго тѣла пропорціональна произведенію изъ BM на квадратъ AC; но линія BM равна квадрату AM, раздѣленному на удвоенную длину AC; поэтому масса пропорціональна квадрату AM, умноженному на половину разстоянія AC.

Мы нашли, что для луны AM равно 1022 метрамъ, или 1,022 километра, а для земли AM равно 29,568 километрамъ. Примемъ за единицу среднее разстояніе отъ луны до земли; въ такомъ случаѣ AC для луны будетъ равно 1, а для земли 386,66 (см. выше). Поэтому произведеніе $^1/_2\ AM^2.AC$ для луны будетъ равняться 0,522, а для земли 169000; отношеніе этихъ двухъ чиселъ, какъ и раньше, равняется 1 : 323000 и выражаетъ собою отношеніе массы земли къ массѣ солнца.

Легко видѣть, что предыдущее опредѣленіе массы сводится собственно къ опредѣленію пространствъ, проходимыхъ въ одну секунду падающими тѣлами подъ вліяніемъ двухъ центральныхъ тѣлъ, причемъ отношеніе массъ центральныхъ тѣлъ получается черезъ сравненіе этихъ пространствъ при одинаковомъ разстояніи притягиваемыхъ тѣлъ отъ притягивающихъ центровъ. Такъ, солнце является центральнымъ тѣломъ для земли, послѣдняя же есть притягивающій центръ для луны; равнымъ образомъ, Юпитеръ есть центральное тѣло для своихъ пяти спутниковъ. Но центръ земли можно также разсматривать какъ притягивающій центръ для свободно падающихъ на ея поверхности тѣлъ, и такъ какъ намъ извѣстно изъ наблюденій пространство, проходимое падающими тѣлами въ первую секунду, то массу солнца можно опредѣлить непосредственно, не прибѣгая къ движенію луны. Дѣйствительно, пространство, проходимое въ первую секунду падающими на земной поверхности тѣлами, равно 4,905 метровъ, а разстояніе падающихъ тѣлъ отъ центра земли можно считать равнымъ радіусу земли. Но если бы падающее тѣло было въ 23307 разъ дальше, т.-е. если бы оно находилось отъ центра земли на такомъ разстояніи, на какомъ находится земля отъ солнца, то въ теченіе первой секунды тѣло, согласно съ закономъ всемірнаго тяготѣнія, должно было бы пройти пространство, которое равнялось бы числу 4,905, раздѣленному на квадратъ 23307, т.-е. тѣло должно было бы пройти въ первую секунду по направленію къ своему притягивающему центру, т.-е. по направленію къ центру земли, пространство, равное 0,00000000903 метра. Земля же, при паденіи на свое центральное тѣло, т.-е. на солнце, проходитъ въ одну секунду пространство, равное, какъ мы выше видѣли, 0,00294 метра. Эти пространства относятся между собою какъ притягивающія силы, т.-е. какъ массы притягивающихъ тѣлъ; а такъ какъ отношеніе этихъ пространствъ равно отношенію чиселъ 324000 къ 1, то въ такомъ же отношеніи должна находиться масса солнца къ массѣ земли. Здѣсь получилась небольшая разница съ тѣмъ, что мы нашли выше, но это произошло отъ того, что для простоты вычисленія мы употребляли лишь круглыя числа и, кромѣ того, орбиты какъ земли, такъ и луны считали круговыми.

§ 24. **Опредѣленіе массъ планетъ и двойныхъ звѣздъ.** Совершенно такимъ же образомъ можно опредѣлить массы всѣхъ тѣхъ планетъ, которыя имѣютъ спутниковъ. Такъ, напримѣръ, четвертый спутникъ Юпитера совершаетъ свой полный оборотъ вокругъ планеты въ 14,6890 дней или въ 1441930 секундъ и находится отъ планеты на разстояніи, равномъ 0,012585 радіуса земной орбиты, что составляетъ 1870000 километровъ, такъ что въ одну секунду онъ проходитъ дугу AM, равную 8,1485 километрамъ. Примемъ теперь за единицу длины разстояніе отъ спутника Юпитера до центра

этой планеты, тогда разстояніе отъ земли до солнца въ этихъ единицахъ будетъ равно 79,46; поэтому для спутника Юпитера произведеніе $\frac{1}{2} AM^2 . AC = 33{,}2$, а для земли 34735,1; такъ что масса солнца относится къ массѣ Юпитера, какъ 34735,1 къ 33,2, или какъ 1046 къ 1. Точно также можно найти, что масса Сатурна равняется $\frac{1}{3500}$, масса Урана $\frac{1}{22000}$ массы солнца и т. д.

Само собою разумѣется, что, примѣняя этотъ способъ къ двойнымъ звѣздамъ, мы также можемъ найти ихъ массы во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда намъ извѣстны разстояніе двойной звѣзды отъ земли и размѣры ея орбиты. Выше мы привели нѣсколько такихъ примѣровъ, безъ объясненія изложеннаго въ этомъ параграфѣ способа, а именно мы нашли массы для слѣдующихъ системъ: ξ Рака, α Центавра, 70 Змѣеносца, η Кассіопеи (часть II, § 191, №№ 18, 22, 23, 33), 40 o^2 Эридана, 61 Лебедя и Сиріуса (часть II, § 194).

§ 25. **Сжатіе какъ результатъ вращенія.** Разсмотрѣвъ дѣйствіе всемірнаго тяготѣнія на планетныя орбиты, скажемъ еще нѣсколько словъ о томъ, какое вліяніе оказываетъ этотъ законъ на фигуры небесныхъ тѣлъ.

Весьма вѣроятно, что эти тѣла появились не сразу, но образовались мало-по-малу изъ первичной матеріи, изъ мірового хаоса, въ которомъ болѣе плотные центры притягивали окружавшую ихъ, вначалѣ, вѣроятно, жидкую массу, располагавшуюся около этихъ центровъ болѣе или менѣе правильными слоями. Въ тѣхъ случаяхъ, когда матерія размѣщалась болѣе правильно, и наслоеніе шло въ опредѣленномъ порядкѣ, образовывающееся и формирующееся мало-по-малу тѣло должно было принять правильную, обыкновенно шарообразную форму, причемъ его плотность возрастала по мѣрѣ приближенія къ центру, такъ какъ здѣсь и притягательная сила центральнаго пункта, и давленіе окружающихъ слоевъ было больше, чѣмъ въ точкахъ, лежащихъ на значительномъ разстояніи отъ центра. Дѣйствительно, мы можемъ прослѣдить такой характеръ постепеннаго образованія на всѣхъ жидкихъ тѣлахъ на землѣ, а возникновеніе дождевой капли можетъ служить наглядымъ примѣромъ того, какъ формировались эти небесныя капли.

Но, такъ какъ во время постепеннаго образованія новыхъ міровыхъ тѣлъ на нихъ должны были дѣйствовать сосѣднія тѣла, то они не могли получить строго сферической формы. Подъ дѣйствіемъ притягательной силы окружающихъ тѣлъ планета пришла во вращательное движеніе еще тогда, когда она не успѣла вся отвердѣть, и ея жидкіе и твердые элементы были перемѣшаны между собой; поэтому вслѣдствіе центробѣжной силы (часть I, § 13) въ экваторіальныхъ частяхъ должно было произойти вздутіе, и вся планета постепенно приняла видъ шара, сжатаго у полюсовъ. Въ самомъ дѣлѣ, наблюденія показываютъ, что всѣ небесныя тѣла, достаточно близкія къ намъ, чтобы можно было замѣтить ихъ сжатіе, имѣютъ именно такую фигуру.

Можно строго доказать, что масса, обладающая во всѣхъ частяхъ одинаковою плотностью, при вращеніи должна принять форму сфероида, т.-е. такого тѣла, которое происходитъ отъ вращенія эллипса вокругъ малой оси. Неоднородная масса при вращеніи принимаетъ тоже форму сфероида, если только ея плотность измѣняется по опредѣленному закону, и притомъ, если плотность возрастаетъ отъ поверхности тѣла къ центру, то сжатіе будетъ больше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. Производя вычисленія относительно нашей земли, можно вывести, что ея сжатіе при совершенной однородности ея массы, должно было бы равняться $\frac{1}{580}$; въ дѣйствительности же сжатіе земли, какъ показываютъ наблюденія, равно $\frac{1}{300}$, т.-е. почти вдвое больше вышеприведенной величины; это указываетъ на то, что плотность ея возрастаетъ по мѣрѣ приближенія къ центру, другими словами, что плотность земли у ея поверхности меньше, чѣмъ около центра.

§ 26. **Положеніе земной оси въ прежнія времена.** Неоднократно высказывалось предположеніе, что въ очень отдаленную отъ насъ эпоху ось вращенія земли имѣла совсѣмъ другое положеніе, чѣмъ теперь, и въ догадкахъ заходили даже такъ далеко, что, по мнѣнію нѣкоторыхъ, экваторъ проходилъ нѣкогда тамъ, гдѣ лежатъ теперь оба полюса. Столь необычайную гипотезу дѣлаютъ для того, чтобы объяснить появленіе, съ одной стороны, ледниковаго періода, съ другой, тѣхъ остатковъ звѣрей и растеній, которые такъ часто находятъ въ холодныхъ странахъ. Такъ, въ 1771 г. въ песчаномъ берегу рѣки Вильгуя, въ Сибири, былъ найденъ на глубинѣ нѣсколькихъ футовъ вполнѣ сохранившійся носорогъ, кожа котораго не подверглась еще гніенію, а въ 1779 году въ устьѣ Лены среди ледяныхъ глыбъ нашли огромнаго слона, причемъ его мясо было еще настолько свѣжо, что якуты могли кормить имъ своихъ собакъ.

Подобныя явленія думали объяснить измѣненіемъ положенія земной оси вращенія; но такое допущеніе рѣшительно ничего не объясняетъ, если измѣненіе оси происходило постепенно, такъ какъ звѣри должны были замерзнуть тотчасъ же послѣ ихъ смерти, чтобы трупы ихъ до сихъ поръ не подверглись гніенію. Если же бы ось земли измѣнила свое положеніе внезапно, такъ сказать, толчкомъ, то, какъ подробно было объяснено въ другомъ мѣстѣ (часть II, § 150), это должно было бы сопровождаться самыми роковыми послѣдствіями для всей земли, а не только для отдѣльныхъ ея частей, и до насъ сохранились бы совершенно иные слѣды такого переворота, которыхъ, однако, мы вовсе не встрѣчаемъ на земной поверхности.

Поэтому мы должны искать другого объясненія этихъ явленій и прежде всего рѣшить вопросъ: нельзя ли допустить, что раньше въ Сибири при томъ же самомъ климатѣ, который господствуетъ тамъ теперь, могли жить слоноподобныя животныя?

Найденный въ устьѣ Лены слонъ имѣлъ такой же видъ и такіе же размѣры, какими отличаются слоны южной Азіи. Его клыки были до 3 метровъ длиною, а голова вѣсила 2 центнера *). Но кожа его была покрыта густой бурой шерстью, изъ-подъ которой торчали крѣпкіе темные волоса, а на шеѣ этого звѣря была львиная грива. Точно также кожа носорога была покрыта крѣпкой щетиной или волосами до 8 сантиметровъ длиною. Подъ такой шубой звѣри отлично могли жить въ холодномъ сибирскомъ климатѣ, тогда какъ индійскія животныя той же породы не могли бы вынести столь суроваго климата. Впрочемъ, звѣри южныхъ странъ нерѣдко во время лѣтняго зноя переходятъ къ сѣверу; такъ, напримѣръ, распространеніе индійскаго тигра мы можемъ прослѣдить до западнаго склона Алтайскихъ горъ, около Барнаула (53° сѣверной широты). То же самое могло случиться и со слономъ: онъ могъ зайти далеко на сѣверъ и завязнуть въ топкой почвѣ или же случайный обвалъ земли могъ похоронить его тамъ, а наступившихъ затѣмъ морозовъ, безъ всякаго измѣненія въ положеніи земныхъ полюсовъ было достаточно, чтобы предохранить его трупъ отъ гніенія.

Подобнымъ же образомъ Галлей пытался объяснить холодъ въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ климатъ гораздо суровѣе, чѣмъ подъ соотвѣтствующими широтами въ Европѣ. По его мнѣнію, сѣверный полюсъ находился раньше близъ Гудзонова залива, но подъ дѣйствіемъ удара кометы перемѣстился туда, гдѣ онъ находится теперь, и страны, первоначально окружавшія сѣверный полюсъ и подвергавшіяся весьма сильному холоду, не успѣли еще до сихъ поръ нагрѣться! А между тѣмъ это явленіе объясняется гораздо проще. Дѣйствительно, еще при объясненіи временъ года (часть I, § 35) мы замѣтили, что климатъ страны очень часто обусловливается не столько географическимъ ея положеніемъ, сколько различными мѣстными вліяніями. Такъ, напримѣръ, довольно высокой температурой сѣ-

*) Одинъ центнеръ равняется 100 килограммамъ, что составляетъ немного болѣе 6 пудовъ. *Переводчикъ.*

верныхъ широтъ Европы мы почти исключительно обязаны Гольфштрему, такъ что, если бы онъ вдругъ измѣнилъ свое направленіе, средняя годовая температура сѣверной Европы значительно понизилась бы. И мы имѣемъ право думать, что это когда-нибудь можетъ случиться. Мы знаемъ теперь, что твердая земная кора не представляетъ собою совершенно неподвижнаго тѣла; напротивъ того, она находится въ непрерывномъ движеніи. Мы знаемъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, на довольно большомъ протяженіи, она постепенно опускается, въ другихъ же, наоборотъ, постепенно поднимается, и если это движеніе происходитъ такъ медленно, что за короткій промежутокъ времени въ нѣсколько лѣтъ или даже въ нѣсколько столѣтій оно не можетъ произвести значительныхъ перемѣнъ, то, при дѣйствіи этой причины въ одномъ и томъ же направленіи въ теченіе нѣсколькихъ тысячелѣтій, мало-по-малу могли измѣниться очертанія и рельефъ цѣлыхъ континентовъ, а это должно было повлечь за собой полную перемѣну ихъ климата. Наконецъ, измѣненія температуры земной поверхности могутъ обусловливаться измѣненіемъ эксцентриситета земной орбиты (см. ниже § 62), и легко видѣть, что этимъ также можно объяснить ледниковый періодъ, и нѣтъ надобности прибѣгать къ помощи величественныхъ, совершенно неожиданныхъ переворотовъ и катастрофъ, происшедшихъ въ отдаленныя времена на обитаемой нами планетѣ. Вообще говоря, продолжительное движеніе полюсовъ въ одномъ и томъ же направленіи не можетъ имѣть мѣста, и земная ось вращенія вслѣдствіе своей устойчивости (§ 20) вернулась бы мало-по-малу въ прежнее положеніе даже въ томъ случаѣ, если бы она была, послѣ столкновенія съ кометой, временно изъ него выведена. Наоборотъ, вполнѣ возможно, что уклоненія фигуры земли отъ правильнаго эллипсоида вращенія, обусловливаемыя неравномѣрнымъ распредѣленіемъ континентовъ и горныхъ кряжей, а также опусканіе и подниманіе цѣлыхъ областей или какія-нибудь другія явленія, вызывающія измѣненіе въ распредѣленіи массъ на земной поверхности, могли повлечь за собой незначительное маятникообразное колебаніе земной оси вращенія. Точное изслѣдованіе этого интереснаго движенія и изученіе законовъ, по которымъ оно происходитъ, сдѣлались въ послѣднее время предметомъ самыхъ усердныхъ изслѣдованій.

* Слѣдствіемъ этого перемѣщенія оси вращенія земного сфероида является такъ называемая измѣняемость географическихъ широтъ. Мы знаемъ, что географической широтой какого-нибудь мѣста на поверхности земного шара называется его угловое разстояніе отъ земного экватора, считаемое по меридіану (Введеніе, § 12). Но при разсматриваемомъ нами движеніи земной оси эта послѣдняя не перемѣщается вмѣстѣ съ земнымъ шаромъ, а только мѣняетъ свое положеніе внутри земного сфероида. Поэтому въ то же самое время должно мѣняться также и положеніе земного экватора, а слѣдовательно должны мѣняться также и географическія широты. Наблюденія показываютъ, что такого рода перемѣщенія оси вращенія носятъ, повидимому, періодическій характеръ; но продолжительность самого періода съ теченіемъ времени нѣсколько мѣняется, и, кромѣ того, величина уклоненія земной оси отъ ея средняго положенія также не есть величина постоянная. Собранный до сихъ поръ наблюдательный матеріалъ еще не далъ возможности точно опредѣлить законы этого колебательнаго движенія земной оси, и потому мы не можемъ впередъ предсказывать, какова будетъ въ данномъ мѣстѣ географическая широта, напр., черезъ годъ. Впрочемъ, необходимо замѣтить, что разность между наибольшимъ и наименьшимъ значеніями, которыя вообще можетъ принимать географическая широта даннаго мѣста на земной поверхности, есть величина небольшая, обыкновенно не превышающая одной секунды дуги. Въ заключеніе обратимъ еще разъ вниманіе читателя на то, что это перемѣщеніе земной оси происходитъ внутри земного сфероида, такъ что при каждомъ новомъ положеніи ось пересѣкаетъ поверхность земли въ новыхъ точкахъ (ср. часть I, § 57),

вслѣдствіе чего это перемѣщеніе оси вращенія влечетъ за собою также измѣненіе въ положеніи земныхъ полюсовъ. *

§ 27. **Неизмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси.** Продолжительность полнаго оборота земли вокругъ оси или, что то же, продолжительность звѣздныхъ сутокъ (часть I, § 93), повидимому, такъ же неизмѣнна, какъ и положеніе самой оси вращенія. Эта неизмѣнность, вытекающая изъ теоретическихъ соображеній, подтверждается, между прочимъ, неизмѣнностью временъ обращенія планетъ вокругъ солнца.

Еще древніе греки опредѣлили времена обращенія (часть I, § 87) планетъ вокругъ солнца съ такою точностью, что мы не внесли въ ихъ опредѣленія значительныхъ поправокъ, несмотря на многочисленныя новѣйшія наблюденія, произведенныя помощью самыхъ лучшихъ инструментовъ. Ниже мы увидимъ, что времена обращенія планетъ вокругъ солнца не измѣняются съ теченіемъ времени; поэтому мы должны допустить, что и продолжительность сутокъ не измѣнилась съ древнихъ временъ до нашихъ дней, такъ какъ упомянутыя времена обращенія выражаются въ звѣздныхъ суткахъ. Если бы наши сутки были теперь на одну секунду короче или длиннѣе, чѣмъ во времена грековъ, то, напр., время обращенія Юпитера, равное по наблюденіямъ древнихъ 4332,585 суткамъ, измѣнилось бы на 4332 сек. или на 1 ч. 12 мин., а между тѣмъ время обращенія Юпитера, выведенное изъ новѣйшихъ наблюденій, отличается отъ предыдущаго всего лишь на нѣсколько секундъ.

Думали, что пассатные вѣтры, постоянно дующіе между тропиками съ востока на западъ, передвиженія полярныхъ льдовъ къ экватору и другія перемѣщенія значительныхъ массъ на поверхности морей или суши, землетрясенія, дѣйствія вулкановъ и т. п. могутъ измѣнить скорость вращенія земли. Но болѣе подробное разсмотрѣніе этого вопроса разсѣяло всякія сомнѣнія, и намъ рѣшительно неизвѣстны причины, вслѣдствіе которыхъ перемѣщенія значительныхъ частей земной массы были бы настолько велики, чтобы это могло повлечь за собой замѣтное измѣненіе въ продолжительности сутокъ.

Однако, существуютъ такія причины, которыя могли бы вызвать измѣненіе продолжительности нашихъ сутокъ, хотя, правда, въ столь незначительной степени, что даже, при современныхъ наблюдательныхъ средствахъ, мы были бы въ состояніи замѣтить происшедшую перемѣну лишь по истеченіи многихъ столѣтій. Изъ этихъ причинъ Ганзенъ считаетъ наиболѣе существенной и подробно разбираетъ въ своемъ сочиненіи о движеніи луны ту, которая была указана еще Лапласомъ. Мы уже не разъ имѣли случай говорить о весьма разрѣженной, эластичной средѣ, заполняющей міровое пространство, или о такъ называемомъ эѳирѣ. При вращеніи небесныхъ тѣлъ должно развиваться треніе между ихъ поверхностью и эѳиромъ, а это, въ свою очередь, должно повлечь за собой замедленіе вращенія. Такое же вліяніе оказываетъ и треніе при морскихъ или атмосферныхъ приливахъ и отливахъ; еще Кантъ въ 1754 году, а въ наше время Майеръ и Гельмгольцъ указали на то, что это треніе, уменьшая живую силу (часть II, § 4), должно со временемъ вызвать также уменьшеніе скорости суточнаго вращенія планеты. Делоне, которому мы, главнымъ образомъ, обязаны изслѣдованіями по этому вопросу, опредѣляетъ это замедленіе всего въ 1 сек. въ теченіе 10000 лѣтъ; однако, такое уменьшеніе скорости происходитъ непрерывно, мало-по-малу суммируется и въ теченіе тысячелѣтій достигаетъ уже столь значительной величины, что это должно сказаться въ древнихъ наблюденіяхъ солнечныхъ и лунныхъ затменій. Явленія затменій особенно пригодны для такого рода изысканій, такъ какъ по совпаденію положеній солнца и луны достигается въ опредѣленіи положенія этой послѣдней такая точность, какой напрасно мы стали бы искать въ какихъ-нибудь другихъ наблюденіяхъ древнихъ астрономовъ. Если мы обратимся къ той эпохѣ, отъ которой дошли до насъ наблюденія солнечныхъ затменій, т.-е. къ эпохѣ, отстоящей за 2400 лѣтъ отъ нашей, то разность въ моментѣ, въ который должно было

произойти тогда это явленіе, достигаетъ вслѣдствіе замедленія суточнаго вращенія $1^3/_4$ часа. Вслѣдствіе этого, напримѣръ, полное затменіе, наблюдавшееся въ 585 году до Р. Хр. Ѳалесомъ въ Малой Азіи, безъ замедленія вращательнаго движенія земли, должно было бы быть полнымъ на островѣ Сардиніи.

Мы нарочно нѣсколько остановились на этомъ, такъ какъ вслѣдствіе измѣненія эксцентриситета земной орбиты среднее суточное движеніе нашего спутника становится теперь, какъ мы увидимъ ниже (§ 56), все быстрѣе и быстрѣе. Ганзенъ изъ разсмотрѣнія какъ вышеупомянутаго, такъ и нѣкоторыхъ другихъ затменій, наблюдавшихся въ древности, нашелъ, что величина ускоренія луннаго движенія составляетъ $12{,}18''\ t^2$ въ t столѣтій; но на основаніи теоретическихъ изслѣдованій Адамса, Делоне и другихъ только половина этой величины объясняется измѣненіемъ эксцентриситета земной орбиты. Остальная же часть, по мнѣнію Делоне, зависитъ отъ уменьшенія скорости суточнаго вращенія земли вслѣдствіе приливовъ и отливовъ. Однако, по его мнѣнію, изъ этого нельзя заключить, что, въ концѣ концовъ, земля совсѣмъ перестанетъ вращаться вокругъ своей оси; дѣйствительно, замедленіе происходитъ отъ того, что земля вращается въ настоящее время быстрѣе луны, вслѣдствіе чего приливныя волны теперь всегда отстаютъ отъ луны. Пусть на рис. 262 (см. ниже § 37) точки A' и B' представляютъ тѣ пункты, гдѣ наблюдаются вызванныя притяженіемъ луны приливныя волны, и пусть земля вращается вокругъ своей оси по направленію, указанному стрѣлкой; тогда луна будетъ стремиться привести оба водяныя возвышенія въ ихъ нормальное положеніе, при которомъ они лежали бы на линіи ST, соединяющей центры земли и луны. Поэтому луна притягиваетъ къ себѣ возвышеніе A', которое вслѣдствіе вращенія земли стремится удаляться отъ луны и отталкиваетъ возвышеніе B', которое вслѣдствіе вращенія земли стремится къ ней приближаться. Въ обоихъ случаяхъ будетъ существовать сила, противодѣйствующая вращенію, и эта сила должна умсньшать скорость послѣдняго. Какъ только вращеніе земли замедлится настолько, что приливныя волны какъ-разъ будутъ совпадать съ направленіемъ на луну, тогда земля всегда будетъ обращена одной и той же стороной своей къ лунѣ, и только-что описанная причина замедленія вращенія земли исчезнетъ. Кромѣ того, замѣчаетъ Делоне, охлажденіе земли черезъ большое число тысячелѣтій, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, настолько подвинется впередъ, что моря обратятся въ ледяную массу, и въ такомъ случаѣ и вообще не можетъ быть рѣчи о приливахъ и отливахъ *).

На основаніи своихъ обширныхъ изысканій относительно движенія луны и изъ наблюденій перваго спутника Юпитера Ньюкомбъ въ 1879 году нашелъ, что вращательное движеніе земли можетъ быть подвержено неравенству долгаго періода, имѣющему неправильный характеръ; однако, эту гипотезу надо принимать съ большой осторожностью.

§ 28. **Внутренняя теплота земли.** Сжатіе земли и нѣкоторыхъ другихъ планетъ свидѣтельствуетъ о томъ, что эти тѣла во время своего образованія находились въ жидкомъ состояніи, такъ какъ иначе, несмотря на вращеніе, они должны были бы сохранить сферическую форму. Какова же была причина такого первоначальнаго состоянія планетъ и въ особенности нашей земли?

При рѣшеніи этого вопроса наши геологи раздѣляются на два лагеря: нептунистовъ и плутонистовъ. Нептунисты допускаютъ, что во время образованія земли ея твердыя и жидкія части были перемѣшаны между собой, и что кора ея и вообще всѣ ея твердые элементы находились въ состояніи раствора или осадка. Наоборотъ, по мнѣнію плутони-

*) Французскій математикъ Пуанкаре, основываясь на работахъ англійскаго астронома Хоу (Hough) показалъ, что приливами и отливами объяснить замедленіе вращательнаго движенія земли можно только при нѣкоторыхъ дополнительныхъ предположеніяхъ о строеніи земного шара.

Переводчикъ.

стовъ, жидкое первичное состояніе земли является результатомъ той высокой температуры, которую имѣла вначалѣ вся земля; поверхность ея вслѣдствіе охлажденія отвердѣвала и пришла, наконецъ, въ то состояніе, которое мы наблюдаемъ въ настоящее время, а высокая температура отступала, такъ сказать, къ центру земли, гдѣ и царитъ еще и теперь.

Въ пользу послѣдняго мнѣнія, а именно, что температура земли еще очень значительна въ ея центрѣ, или, другими словами, въ пользу гипотезы о внутреннемъ жарѣ земли, говоритъ, повидимому, то обстоятельство, что съ углубленіемъ внутрь земли температура дѣйствительно возрастаетъ. Этотъ нѣкогда оспариваемый фактъ уже давно поставленъ внѣ всякаго сомнѣнія благодаря спеціальнымъ наблюденіямъ, произведеннымъ въ глубокихъ горныхъ шахтахъ, при прорытіи туннелей и т. д. Къ числу самыхъ лучшихъ наблюденій этого рода относятся наблюденія, произведенныя на очень большихъ глубинахъ въ буровыхъ колодцахъ недалеко отъ Берлина; при этомъ получились слѣдующіе результаты:

Глубина.	Темпер. по Цельзію.	Глубина.	Темпер. по Цельзію.
220 метр.	21,6°	534 метр.	30,9°
283 „	23,5	597 „	33,1
346 „	26,4	660 „	35,9
409 „	26,9	1064 „	46,5
471 „	29,1		

Изъ этихъ наблюденій слѣдуетъ, что увеличеніе температуры идетъ равномѣрно съ углубленіемъ внутрь земли, причемъ на каждые 100 метровъ температура увеличивается на 2,97°, или почти ровно на 3°. Подобные же результаты получились при наблюденіяхъ этого рода, произведенныхъ въ другихъ мѣстахъ, но только при этомъ оказалось, что увеличеніе температуры съ увеличеніемъ глубины въ различныхъ мѣстахъ различно и, повидимому, въ значительной степени зависитъ отъ мѣстныхъ условій.

Если допустить, что найденное выше увеличеніе температуры, а именно 3° на каждые 100 метровъ, имѣетъ мѣсто и для болѣе глубокихъ слоевъ земли, тогда уже на глубинѣ 3 километровъ (около 0,4 географическихъ миль) вода можетъ находиться только въ парообразномъ состояніи, а на глубинѣ 40 километровъ должна царить такая температура (около 1200° по Цельзію), при которой всѣ горныя породы должны быть въ огненно-жидкомъ состояніи, такъ что толщина твердой земной коры не превосходитъ 40 километровъ (почти 6 географическихъ миль). Однако, такое заключеніе слишкомъ поспѣшно, такъ какъ наибольшая глубина, достигнутая въ буровыхъ колодцахъ около Берлина, равна всего лишь 1269 метрамъ, что составляетъ только 0,0002 земного радіуса! Но если бы даже на болѣе значительныхъ глубинахъ возрастаніе температуры шло медленнѣе, чѣмъ на небольшихъ глубинахъ, что является вполнѣ вѣроятнымъ съ теоретической точки зрѣнія, и если бы мѣстныя условія обусловливали въ опытахъ близъ Берлина болѣе быстрое увеличеніе температуры, чѣмъ среднее ея возрастаніе, то все-таки эти наблюденія показываютъ, что внутри земли царитъ еще очень высокая температура, и что внутреннее ядро нашей планеты находится еще въ огненно-жидкомъ состояніи. Исходя изъ этого положенія, Перрей, Фальбъ и другіе допустили существованіе внутреннихъ приливовъ и отливовъ, которые должны находиться въ связи съ вулканическими изверженіями и землетрясеніями.

§ 29. **Постоянство средней температуры земли въ историческія времена.** Допустимъ же вмѣстѣ съ плутонистами, что увеличеніе температуры съ приближеніемъ къ центру земли происходитъ отъ того, что во время своего образованія вся земля была жидкая и имѣла очень высокую температуру, которая еще и теперь сохранилась внутри земли, тогда какъ поверхность этой послѣдней, постепенно охлаждаясь, перешла изъ жидкаго состоянія въ твердое. Но въ такомъ случаѣ охлажденіе должно было оказать вліяніе не только на поверхность и прилегающіе къ ней слои земли, но и на весь земной шаръ.

Дѣйствительно, при нагрѣваніи, какъ извѣстно, тѣла вообще расширяются, а при охлажденіи сжимаются. То же самое должно было произойти и съ землей. Во время своего образованія, когда она обладала въ высшей степени высокой температурой, размѣры ея должны были быть гораздо значительнѣе, чѣмъ теперь; но вслѣдствіе постояннаго, продолжавшагося много тысячелѣтій охлажденія ея поверхности она достигла теперешнихъ, сравнительно очень небольшихъ размѣровъ.

Эта шарообразная земля, уменьшающаяся со временемъ въ объемѣ, вращается вокругъ своей оси. Какова бы ни была сила, вызвавшая это вращеніе, скорость этого послѣдняго, по закону инерціи, должна оставаться неизмѣнной до тѣхъ поръ, пока не мѣняется объемъ земли. Но этотъ объемъ постоянно уменьшался вслѣдствіе постепеннаго охлажденія земли; слѣдствіемъ такого уменьшенія было болѣе быстрое вращеніе земли, т.-е. это уменьшеніе должно было вызвать увеличеніе скорости вращенія, подобно тому, какъ при дѣйствіи одной и той же силы колесо вращается тѣмъ быстрѣе, чѣмъ меньше его размѣры, и наоборотъ. Если все предыдущее справедливо, то теперь земля должна вращаться быстрѣе, чѣмъ вращалась въ отдаленныя времена; слѣдовательно, теперь сутки должны быть короче, чѣмъ были прежде, и, если бы мы могли узнать, насколько укоротились наши сутки, то благодаря этому мы получили бы возможность измѣрить, насколько меньше стала наша земля, и даже могли бы сказать, насколько она охладилась въ теченіе опредѣленнаго числа тысячелѣтій.

Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что средняя температура всей земли, а не одной только ея поверхности, уменьшилась на 1^0 по шкалѣ Цельзія въ двѣ тысячи лѣтъ. Допустимъ, далѣе, что масса, изъ которой состоитъ земля, съ пониженіемъ температуры вообще сжимается такъ же мало, какъ стекло, т.-е. на одну стотысячную часть своего объема съ каждымъ градусомъ. Механика учитъ насъ, что при такомъ уменьшеніи въ объемѣ земного шара его скорость вращенія вокругъ оси увеличится на $\frac{1}{50000}$ своей величины, такъ что сутки, равныя 86400 секундамъ, укоротятся на $\frac{86400}{50000}$, т.-е. на 1,7 сек. Но мы можемъ допустить измѣненіе сутокъ не болѣе, какъ на одну сотую секунды, т.-е. на величину, которая въ 170 разъ меньше, чѣмъ $1{,}7^s$. Такимъ образомъ, принятое выше охлажденіе земли, на 1^0 въ 2000 лѣтъ, въ 170 разъ больше того, которое можно допустить на основаніи только-что изложенныхъ соображеній или, другими словами, средняя температура земли за послѣднія двѣ тысячи лѣтъ уменьшилась не болѣе какъ на 170-ую часть одного градуса по шкалѣ Цельзія. Поэтому совершенно лишены основанія тѣ жалобы, которыя такъ часто высказываются стариками, этими laudatores temporis acti, относительно охлажденія земли, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ случаяхъ, когда эти жалобы касаются охлажденія всей массы земли и удаленія внутренняго жара отъ поверхности земли къ ея центру.

Изъ этого слѣдуетъ, что охлажденіе земли за послѣднія 2 или 3 тысячи лѣтъ не достигло хотя бы сколько-нибудь значительной величины, и уже въ доисторическія времена наша земля настолько сильно охладилась, что въ настоящее время потеря землей теплоты черезъ излученіе въ міровое пространство вполнѣ вознаграждается тѣмъ запасомъ, который она получаетъ отъ солнца. Въ прежнія времена было очень распространено мнѣніе, что количество теплоты, получаемое земною поверхностью отъ внутренняго жара земли, превосходитъ лѣтомъ въ 30, а зимою въ 400 разъ то количество теплоты, которое непосредственно доставляется намъ солнечными лучами, и это послужило сюжетомъ для прекрасной исторіи объ Атлантидѣ и знаменитомъ первобытномъ народѣ, который жилъ въ незапамятныя времена на плоскогорьяхъ центральной Азіи и довелъ всѣ науки, а въ особенности астрономію, до недосягаемой высоты. Но Фурье строгими вычисленіями доказалъ, что внутренній жаръ земли въ настоящее время прибавляетъ къ господствующей на

поверхности земли температурѣ самое большое $^1/_{25}$ градуса по шкалѣ Цельзія. Внутренній жаръ земли, можетъ-быть, и очень значительный на достаточной глубинѣ, отошелъ, однако, уже такъ далеко къ центру земли, что увеличиваетъ среднюю температуру ея поверхности на такую величину, которую едва можно замѣтить при помощи нашихъ точныхъ инструментовъ.

Такимъ образомъ, солнце является главнымъ и даже, можно сказать, единственнымъ источникомъ той температуры, которая поддерживается на поверхности земли. Однако, дѣйствіе солнца непосредственно подъ поверхностью земли и въ особенности надъ нею подвержено суточнымъ и годовымъ измѣненіямъ, которыми обусловливаются у насъ, на земной поверхности, времена года и части сутокъ. Эти колебанія температуры съ теченіемъ времени уменьшаются по мѣрѣ углубленія въ землю, и въ нашихъ широтахъ на глубинѣ 16 или 17 метровъ они становятся уже совсѣмъ незамѣтными, такъ что тамъ круглый годъ царитъ средняя годовая температура.

§ 30. **Возрастъ земли и планетъ.** Хотя центральный огонь, какъ мы только-что видѣли, и не оказываетъ теперь сколько-нибудь замѣтнаго вліянія на температуру земной поверхности, однако, полное его исчезновеніе, которое должно произойти со временемъ, можетъ произвести значительныя измѣненія въ нашемъ обиталищѣ. Земанъ (Saemann) доказываетъ, что вода, которая теперь не можетъ проникнуть на значительную глубину, такъ какъ встрѣчаетъ тамъ весьма высокую температуру и потому обращается въ паръ, почти цѣликомъ возвращающійся въ атмосферу, вслѣдствіе отступанія внутренней теплоты, будетъ просачиваться все глубже и глубже, и, наконецъ, совершенно поглотится земными породами. Сухая поверхность земли начнетъ тогда мало-по-малу всасывать въ себя воздухъ, пока не придетъ въ такое состояніе, котораго уже достигла теперь поверхность луны, гдѣ процессъ охлажденія совершался быстрѣе вслѣдствіе меньшихъ размѣровъ этого тѣла. Эти идеи замѣчательно согласуются съ тѣмъ, что говоритъ Ганстинъ о возрастѣ различныхъ планетъ. Дѣйствительно, на лунѣ, какъ уже сказано, не замѣтно никакого слѣда воды или атмосферы. На Юпитерѣ мы видимъ двѣ параллельныя экватору полосы облаковъ, слѣдовательно, тамъ есть и вода, и воздухъ. На Сатурнѣ также находимъ слѣды жидкости и паровъ. На Марсѣ видны темныя области неизмѣнной формы, окруженныя болѣе свѣтлыми частями, которыя заполняютъ всю остальную поверхность планеты, и которыя мы имѣемъ право считать материками, омываемыми темными морями. Вѣроятно, совершенно такою же представляется поверхность земли при наблюденіи съ поверхности Марса. Такимъ образомъ, можно считать, что луна уже отжившее небесное тѣло, Земля и Марсъ находятся въ цвѣтущемъ возрастѣ, Юпитеръ же и Сатурнъ—въ состояніи неразвившагося дѣтства, и это достаточно хорошо согласуется съ тѣмъ, что мы говорили раньше объ относительныхъ объемахъ этихъ тѣлъ. Но если земля при своемъ образованіи находилась въ раскаленномъ состояніи, что весьма вѣроятно, то какой длинный рядъ тысячелѣтій понадобился для того, чтобы температура ея понизилась до теперешней! Кроль, на основаніи данныхъ палеонтологіи въ связи съ вѣроятными причинами солнечной теплоты (часть II, § 29), исчисляетъ возрастъ земли въ 60—70 милліоновъ лѣтъ, съ тѣхъ поръ, какъ она существуетъ въ видѣ совершенно отдѣльной планеты. В. Томсонъ, исходя изъ того, что извѣстно о внутренней температурѣ земли и принимая во вниманіе гипотезу о замедленіи ея вращенія вслѣдствіе приливовъ и отливовъ, выводитъ, что возрастъ земли равенъ приблизительно 100 милліонамъ лѣтъ.

§ 31. **Температура мірового пространства.** Изъ тѣхъ лучей солнечной теплоты, которые попадаютъ на землю, одни проходятъ черезъ атмосферу и воды океановъ, другіе ими поглощаются, и, наконецъ, третьи отражаются и отбрасываются ими въ неизмѣримое міровое пространство, представляющее сборное мѣсто всей теплоты, которая отъ начала міра излучалась всѣми небесными тѣлами — солнцемъ, планетами, кометами и неподвиж-

ными звѣздами. Несмотря на это, температура мірового пространства должна быть довольно низкой. Пулье и сэръ Джонъ Гершель, основываясь на своихъ изслѣдованіяхъ, оцѣниваютъ ее, почти въ полномъ согласіи другъ съ другомъ, въ —146° по Цельзію, между тѣмъ какъ Фурье и Сежей (Saigey) опредѣляютъ ее въ —60°, а Пуассонъ въ —40°; эти разногласія показываютъ только, что мы еще совершенно не знаемъ этой величины. Однако, если мы вспомнимъ, что, согласно съ предыдущимъ, внутренняя теплота земли не оказываетъ почти никакого вліянія на температуру ея поверхности, то едва ли мы сдѣлаемъ большую ошибку, сказавши, что самыя низкія изъ наблюденныхъ до сихъ поръ зимнихъ температуръ на полюсахъ холода земли не должны сильно превышать температуру мірового пространства, и, слѣдовательно, эта послѣдняя должна быть близка къ числу, данному Фурье и Сежеемъ.

§ 32. **Плотность небесныхъ тѣлъ.** Мы уже выше указали способъ, которымъ пользуются астрономы для опредѣленія истинныхъ размѣровъ свѣтила по его разстоянію до насъ и по видимой его величинѣ (часть I, § 43) и, между прочимъ, нашли, что радіусъ солнца въ 109 разъ больше радіуса земли. Но такъ какъ объемы двухъ шаровъ относятся, какъ кубы ихъ радіусовъ, то объемъ солнца въ 1290000 разъ больше объема земли.

Если же намъ извѣстны объемъ и масса небеснаго тѣла, то уже не представляетъ никакого затрудненія найти отношеніе его плотности къ средней плотности земли. Дѣйствительно, плотность какого-нибудь тѣла равна отношенію его массы къ объему, такъ какъ очевидно, что плотность тѣла тѣмъ больше, чѣмъ меньше его объемъ при одной и той же массѣ или, чѣмъ больше его масса при одномъ и томъ же объемѣ. Поэтому, чтобы найти плотность тѣла, нужно только его массу раздѣлить на объемъ (часть I, § 14).

Такъ, напримѣръ, принимая за единицу массы и за единицу объема массу и объемъ земли, мы выразимъ массу солнца числомъ 323000, а его объемъ числомъ 1290000. Отсюда находимъ, что плотность солнца равна приблизительно 0,25 или $^1/_4$ плотности земли.

Объемъ Сатурна въ 912 разъ больше объема земли, такъ какъ его радіусъ равенъ 9,7 земнымъ радіусамъ; масса же этой планеты всего въ 92 раза больше массы земли. Поэтому его плотность равняется приблизительно $^1/_{10}$ плотности земли.

§ 33. **Плотность земли.** Среднюю плотность земли по отношенію къ плотности какого-нибудь земного тѣла, напримѣръ воды, нельзя опредѣлить на основаніи одного закона всемірнаго тяготѣнія. Здѣсь встрѣчается такое же затрудненіе, какъ и при опредѣленіи разстояній планетъ отъ солнца. Законы Кеплера даютъ соотношеніе между этими разстояніями; но, чтобы опредѣлить самыя разстоянія и выразить ихъ въ той мѣрѣ, которую мы употребляемъ въ обыденной жизни, нужно знать разстояніе одной изъ планетъ, выраженное въ этой мѣрѣ; напримѣръ, достаточно знать въ километрахъ разстояніе отъ земли до солнца. Точно также и здѣсь.

По возмущеніямъ, которыя оказываютъ другъ на друга планеты, можно найти отношенія ихъ массъ другъ къ другу или къ массѣ солнца; но, чтобы найти самыя массы планетъ или, другими словами, чтобы найти для планетъ объемъ, который онѣ занимали бы, если бы состояли изъ вещества данной плотности, напримѣръ изъ воды, необходимо знать этотъ объемъ для какой-нибудь одной планеты.

Необходимыя для этого изслѣдованія можно произвести, конечно, только на поверхности земли, и для опредѣленія массы послѣдней, достаточно найти отношеніе притяженія какого-нибудь находящагося на поверхности земли тѣла, масса котораго намъ вполнѣ извѣстна, къ притяженію всего земного шара. Но всѣ тѣла, которыми мы можемъ воспользоваться для этой цѣли, обладаютъ почти совершенно исчезающей массой по сравненію съ массой земли, и ихъ притягательная сила сравнительно съ притяженіемъ земли такъ незначительна, что ее можно обнаружить лишь при помощи самыхъ точныхъ способовъ наблюденій; поэтому понятно, что достиженіе необходимой въ этомъ вопросѣ точности, представляетъ огромныя затрудненія.

Самый простой способъ опредѣленія массы земли, или, что въ сущности то же самое, средней ея плотности состоитъ въ опредѣленіи отклоненія отвѣса подъ дѣйствіемъ притяженія отдѣльно стоящей горы, имѣющей правильную форму и, по предположенію, обладающей во всѣхъ своихъ частяхъ одинаковою плотностью, такъ что съ достаточною степенью точности можно вычислить какъ ея объемъ, такъ и массу. Первая попытка такого опредѣленія была сдѣлана еще Бугеромъ въ 1737—1740 гг. во время знаменитаго градуснаго измѣренія въ Перу (часть I, § 7), предпринятаго по иниціативѣ французской академіи наукъ; съ опасностью для жизни производилъ Бугеръ свои наблюденія на крутыхъ склонахъ горы Чимборазо, однако, онъ не достигъ удовлетворительныхъ результатовъ, такъ какъ его наблюдательныхъ средствъ было не достаточно при требующейся здѣсь точности. Впервые цѣль была достигнута Маскелиномъ, Хуттономъ и Плайферомъ (Playfair), которые производили свои наблюденія между 1774 и 1776 гг. около горы Шехальенъ. По этимъ наблюденіямъ плотность земли получилась равной 4,71, причемъ, какъ и во всѣхъ такого рода изслѣдованіяхъ, плотность воды при $+ 4^0$ по Цельзію была принята за единицу. Подобныя же наблюденія были произведены въ 1855 г. Джемсомъ и Кларкомъ недалеко отъ Эдинбурга, причемъ въ результатѣ плотность земли получилась равной 5,32; наконецъ, въ послѣднее время, именно въ 1891 и 1892 гг., наблюденія Престона около вулканическихъ громадъ Галеакала и Мауна Кеа на Сандвичевыхъ островахъ дали для плотности земли въ среднемъ 5,35.

На подобномъ же принципѣ основаны способы опредѣленія плотности земли изъ сравненія силы тяжести на поверхности земли съ силою тяжести въ глубокихъ горныхъ шахтахъ или на вершинахъ высокихъ горъ. Наблюденія такого рода были произведены въ 1854 году Эри въ каменноугольной шахтѣ Хартонъ на глубинѣ 400 метровъ и въ 1883 году Штернекомъ въ серебряныхъ копяхъ у Пржибрама на глубинѣ 517 и 973 метровъ; наблюденія на высотахъ производились въ 1821 году Карлини на горѣ Сени (Cenis) и въ 1880 году Менденхолемъ на Фуйямѣ. Эти изслѣдователи получили для плотности земли соотвѣтственно слѣдующія числа: 6,56, 5,77, 4,84 и 5,77.

Противъ только-что упомянутыхъ способовъ опредѣленія плотности земли можно сдѣлать то возраженіе, что, если даже, судя по геологическому характеру формаціи горы, на которой производятся наблюденія, плотность ея должна быть вездѣ одна и та же, то все же изъ этого никоимъ образомъ нельзя заключить, что внутри горы нѣтъ пустотъ или скопленія породъ, обладающихъ бо́льшею или меньшею плотностью въ сравненіи съ основными породами, входящими въ составъ горы; а это можетъ оказать значительное вліяніе на величину массы горы. За существованіе подобныхъ возмущающихъ массъ говорятъ большія различія между полученными для плотности земли величинами. Поэтому изобрѣтеніе Митчелемъ крутильныхъ вѣсовъ и усовершенствованіе ихъ Кавендишемъ представляетъ значительный успѣхъ въ наукѣ, такъ какъ эти вѣсы позволяютъ перенести опредѣленіе массы земли въ рабочій кабинетъ. Но прежде, чѣмъ сообщить полученные изъ этихъ наблюденій результаты, мы упомянемъ еще объ одномъ оригинальномъ видоизмѣненіи вышеприведенныхъ способовъ, примѣненномъ на практикѣ Альфонсомъ Бергетомъ. Онъ въ 1893 году измѣрилъ при помощи водяного гравиметра Маскара уменьшеніе силы тяжести, которое было вызвано пониженіемъ уровня воды на 1 метръ въ Люксембургскомъ пруду Habaz la Neuve, занимающемъ площадь въ 79 акровъ *); изъ этихъ наблюденій онъ нашелъ плотность земли равной 5,41.

При помощи крутильныхъ вѣсовъ различные наблюдатели получили для средней плотности земли слѣдующія числа:

---

*) Акръ равняется 0,37 десятины.

Переводчикъ.

Наблюдатель.	Годъ.	Плотность земли.
Кавендишъ	1798	5,48
Рейхъ	1838	5,52
Байли	1843	5,55
Корню и Бэль	1872	5,56
Бойсъ	1892—1894	5,527

Были также попытки опредѣлить массу земли непосредственнымъ взвѣшиваніемъ. Такого рода изслѣдованія предпринялъ, между прочимъ, въ 1879 году Джолли. Для этого онъ устроилъ вѣсы, у которыхъ одно плечо было въ нѣсколько разъ длиннѣе другого, и замѣчалъ увеличеніе вѣса длиннаго плеча, когда подъ него подводилась тяжелая металлическая масса. Въ результатѣ онъ получилъ для плотности земли 5,69. Пойнтингъ произвелъ такія же наблюденія въ 1891 году съ усовершенствованными и болѣе чувствительными аппаратами и для средней плотности земли нашелъ число 5,493. Въ 1885 году Вильзингъ измѣнилъ нѣсколько этотъ методъ, а именно онъ вѣсы замѣнилъ маятникомъ и затѣмъ измѣрялъ измѣненіе продолжительности качанія, вызываемое приближеніемъ къ маятнику значительной металлической массы. Въ результатѣ его наблюденій плотность земли получилась равной 5,58.

Наиболѣе точными изъ произведенныхъ до сихъ поръ опредѣленій являются, безъ сомнѣнія, опредѣленія Бойса и Пойнтинга, которые для плотности земли нашли 5,527 и 5,493. Точность этихъ чиселъ такова, что, если взять среднее изъ нихъ, отдавая, впрочемъ, предпочтеніе наблюденіямъ Бойса, то получится число 5,52, которое можетъ отличаться отъ истинной плотности земли не болѣе, какъ на единицу послѣдняго знака. Такъ какъ плотность наиболѣе распространенныхъ на поверхности земли породъ равна приблизительно 2,7, то отсюда видно, что по мѣрѣ приближенія къ центру земли плотность ея должна увеличиваться; этотъ результатъ вполнѣ согласуется съ тѣми выводами, которые являются слѣдствіемъ сжатія земли (§ 25).

Если мы, согласно съ опредѣленіями Бесселя, примемъ, что экваторіальный радіусъ земли равенъ 6377,40 километрамъ, а полярный 6356,08, то объемъ земного шара получится равнымъ 1,08285 билліонамъ кубическихъ километровъ. Такъ какъ 1 кубическій километръ воды вѣситъ 1000 килограммовъ и средняя плотность земли въ 5,52 раза больше плотности воды, то общій вѣсъ земного шара достигаетъ 5977 билліоновъ килогр.!

ГЛАВА III.

Морскіе и атмосферные приливы и отливы.

§ 34. Явленіе приливовъ и отливовъ. Хотя прошло уже много тысячелѣтій съ тѣхъ поръ, какъ земная кора съ покрывающими ее морями пришла въ положеніе равновѣсія, и теперь морскіе берега не отступаютъ, какъ это случалось прежде, отъ омывающихъ ихъ водъ, а волны океановъ не прорываютъ береговъ и не затопляютъ, какъ прежде, цѣлыхъ огромныхъ областей, но все же и теперь можно наблюдать, какъ огромная масса воды совершаетъ два раза въ день свое правильное колебательное движеніе. Въ теченіе шести часовъ уровень моря повышается; вода, обходя прибрежныя скалы, затопляетъ низменные берега, проникаетъ въ устья рѣкъ, и эти послѣднія на много миль затопляютъ свои берега. Это—время прилива. Когда уровень моря достигъ своей наибольшей высоты, наступаетъ такъ называемое время высокой воды. Вскорѣ послѣ этого вода начинаетъ убывать такъ же равномѣрно, какъ и прибывала; отливъ воды продолжается также около шести часовъ до тѣхъ поръ, пока уровень моря не достигнетъ своего мини-

мума. Этотъ низкій уровень держится нѣкоторое время, но затѣмъ вскорѣ вода снова начинаетъ прибывать, и это колебательное движеніе воды правильно повторяется постоянно въ одномъ и томъ же порядкѣ.

Это движеніе водъ океана иногда еще увеличивается благодаря вѣтрамъ, но послѣдніе никоимъ образомъ не являются причиной приливовъ и отливовъ, потому что эти явленія происходятъ также и въ тихую погоду, при совершенно ясномъ небѣ всегда въ одномъ и томъ же порядкѣ. Правильность здѣсь такъ велика, что это явленіе можно предсказать для любого мѣста и для какого угодно момента за нѣсколько лѣтъ впередъ съ такою же точностью, съ какою предсказываютъ астрономы, напримѣръ, солнечныя и лунныя затменія.

§ 35. **Причина приливовъ и отливовъ.** Правильность этого явленія заставляетъ предположить, что и вызывающая его причина столь же правильна и постоянна, какъ и само явленіе. Но, чтобы найти эту причину, нужно подробно изслѣдовать долголѣтнія наблюденія надъ приливами и отливами и изъ нихъ вывести періоды, по истеченіи которыхъ различныя фазы разсматриваемаго явленія повторяются въ прежнемъ порядкѣ.

Этимъ путемъ было найдено, что упомянутые сейчасъ періоды несомнѣнно находятся въ связи съ синодическимъ оборотомъ луны (часть II, § 100), т.-е. съ временами наступленія новолунія и полнолунія, и при этомъ особенно выяснилась зависимость явленія отъ положенія нашего спутника относительно земли. Хотя продолжительность различныхъ слѣдующихъ другъ за другомъ періодовъ и не вполнѣ одинакова, но въ среднемъ за большой промежутокъ времени можно принять ее равной $24^h\ 50^m$; въ теченіе этого періода происходитъ всегда два прилива и два отлива. Этотъ промежутокъ времени равенъ въ точности тому промежутку, по истеченіи котораго луна въ любомъ мѣстѣ на земной поверхности снова проходитъ черезъ меридіанъ этого мѣста; поэтому его можно назвать лунными сутками совершенно такъ же, какъ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными кульминаціями солнца называется солнечными сутками (часть I, § 94).

Такимъ образомъ, если въ какой-нибудь гавани время высокой воды сегодня соотвѣтствуетъ мѣстному полудню, т.-е. 12 часамъ, то на слѣдующій день оно наступитъ въ $12^h\ 50^m$ пополудни, еще черезъ день въ $1^h\ 40^m$, затѣмъ $2^h\ 30^m$ и такъ далѣе, иначе говоря, оно будетъ запаздывать ежедневно на 50 минутъ. Кромѣ того, между двумя такими вечерними приливами имѣетъ мѣсто одинъ утренній, такъ что первый изъ нихъ наступаетъ въ $12^h\ 25^m$ пополуночи; на другой день утренній приливъ произойдетъ въ $1^h\ 15^m$ утра, на третій въ $2^h\ 5^m$, на четвертый въ $2^h\ 55^m$ и такъ далѣе. Хотя отдѣльные промежутки между двумя послѣдовательными приливами бываютъ нѣсколькими минутами больше или меньше средняго промежутка, но такія неравенства служатъ только новымъ доказательствомъ того, что все явленіе вызывается дѣйствіемъ луны, такъ какъ продолжительность лунныхъ сутокъ тоже не всегда бываетъ одинакова, и эта разность также достигаетъ нѣсколькихъ минутъ въ зависимости отъ скорости луннаго движенія по эллиптической орбитѣ вокругъ земли, и внимательное изслѣдованіе неравенствъ обоихъ явленій обнаружило между ними полное согласіе.

Однако, луна является хотя главной, но, во всякомъ случаѣ, не единственной причиной морскихъ приливовъ и отливовъ. Дѣйствительно, наблюдая это явленіе въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, можно замѣтить, что приливы во время новолунія или полнолунія бываютъ значительно сильнѣе, а во время квадратуръ, наоборотъ, гораздо слабѣе среднихъ приливовъ. Продолжая эти наблюденія, мы замѣчаемъ, что наиболѣе сильные приливы и отливы имѣютъ мѣсто въ то время, когда солнце или луна ближе всего подходятъ къ землѣ. Далѣе, на явленія приливовъ и отливовъ оказываютъ вліяніе также склоненія названныхъ свѣтилъ, но при этомъ дѣйствіе луны оказывается всегда преобладающимъ.

§ 36. **Мѣстныя условія, измѣняющія явленіе приливовъ и отливовъ; прикладной часъ.** Все предыдущее относится, строго говоря, только къ большимъ, открытымъ морямъ, къ

океанамъ. Въ закрытыхъ же моряхъ, напр., въ Средиземномъ или Каспійскомъ, въ особенности вблизи береговъ и въ узкихъ заливахъ, вода задерживается, и ея правильное движеніе подвержено возмущеніямъ; максимальный уровень моря и моментъ наступленія высокой воды такъ сильно мѣняются въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, что иногда они бываютъ совершенно различными даже для двухъ сосѣднихъ гаваней, хотя для одного и того же порта они остаются столь же постоянными, какъ и въ открытомъ морѣ. Въ Дюнкирхенѣ, напримѣръ, вода достигаетъ наибольшей высоты только черезъ 12 часовъ послѣ кульминаціи луны, въ С. Мало (широта 48° 39′) черезъ 6 часовъ, а на мысѣ Доброй Надежды черезъ $1^1/_2$ часа.

Время, протекшее отъ момента кульминаціи луны до наступленія въ какой-нибудь гавани наивысшаго уровня воды въ день новолунія, называютъ обыкновенно прикладнымъ часомъ этой гавани; зная прикладной часъ, можно простымъ вычисленіемъ найти всѣ слѣдующіе моменты высокой воды въ теченіе даннаго мѣсяца. Прикладной часъ для нѣкоторыхъ гаваней данъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Амстердамъ. . .	3 часа — мин.	Кадиксъ. . . .	1 часъ 15 мин.
Антверпенъ. . .	4 » 25 »	Калэ	11 » 45 »
Бергъ-опъ-Зоомъ .	3 » — »	Лиссабонъ . . .	4 » — »
Брестъ	3 » 45 »	Ливерпуль . . .	11 » — »
Бристоль . . .	6 » 45 »	Лондонъ. . . .	2 » 45 »
Булонь	10 » 40 »	Остенде	— » 20 »
Діеппъ	10 » 30 »	С.-Мало	6 » — »
Дублинъ. . . .	9 » 45 »	Плимутъ. . . .	6 » 5 »
Дюнкирхенъ . .	11 » 45 »	Портсмутъ . . .	11 » 40 »
Грёнингенъ . . .	11 » 15 »	Флиссингенъ . .	1 » — »
Гамбургъ . . .	5 » — »	Шербургъ . . .	7 » 45 »

Очень важно знать не только прикладной часъ, но также и высоту приливовъ для большого числа гаваней и съ возможно большею точностью, такъ какъ на нихъ основано предсказаніе будущихъ приливовъ, а знать впередъ ихъ наступленіе для моряковъ и приморскихъ жителей не только полезно, но и необходимо для избѣжанія разнаго рода несчастій.

Полной величиной прилива называется полусумма двухъ слѣдующихъ другъ за другомъ наибольшихъ высотъ воды надъ наименьшимъ ея уровнемъ, бывшемъ во время промежуточнаго отлива. Если, напримѣръ, при первомъ приливѣ вода достигла высоты 4,4 метра надъ уровнемъ моря во время наступившаго затѣмъ отлива, а при второмъ приливѣ высота ея была 3,6 метровъ, то полная величина прилива равна 4 метрамъ. Эта полная величина прилива, на основаніи многочисленныхъ наблюденій составляетъ: для Бреста—3,21, для Шербурга—2,7, для С.-Мало—5,98, для Діеппа—2,87 метровъ и т. д. Во французскихъ портахъ наибольшіе приливы случаются постоянно черезъ полтора дня послѣ новолунія и черезъ столько же дней послѣ полнолунія, и изученіе именно этихъ наибольшихъ приливовъ представляетъ особенный интересъ.

Лапласъ въ своей «Небесной Механикѣ» далъ простое выраженіе, при помощи котораго можно вычислить высоту приливовъ при всѣхъ новолуніяхъ и полнолуніяхъ какого-нибудь года. Эти вычисленія ежегодно производятся при парижской обсерваторіи. Такъ, напримѣръ, для Бреста въ 1834 году вычисленія дали:

	Высота прилива.
10 марта, новолуніе въ 11 час. утра . . .	0,84 метра
25 » полнолуніе » 6 » » . . .	1,13 »

Чтобы найти наибольшую высоту воды въ Брестѣ во время мартовскихъ приливовъ въ 1834 году, нужно бо́льшее изъ приведенныхъ чиселъ, а именно 1,13, умножить на

полную величину прилива въ Брестѣ, т.-е. на 3,21, такъ что искомая высота равняется 3,63 метра, и такъ какъ этотъ наибольшій приливъ долженъ наступить черезъ полтора дня послѣ полнолунія, то онъ падаетъ на 26 марта въ 6 час. вечера. Въ С. Мало въ тотъ же самый день наибольшій приливъ получается равнымъ 6,76 метровъ, или 20,8 парижскихъ футовъ.

§ 37. **Объясненіе приливовъ и отливовъ.** Выше уже было замѣчено, что приливы и отливы являются простымъ слѣдствіемъ притяженія, оказываемаго солнцемъ и въ особенности луной на наши моря. Положимъ, что T (рис. 262) есть центръ луны, S центръ земного шара $AnBm$. Такимъ образомъ, точка A земной поверхности лежитъ ближе всего къ лунѣ, точка B, наоборотъ, находится на наибольшемъ отъ нея разстояніи. Очевидно, что наблюдатель, находящійся въ точкѣ A, видитъ луну въ зенитѣ, для мѣста же B луна находится въ надирѣ (Введеніе, § 6). Такъ какъ притяженіе луны, какъ и всякаго другого тѣла, обратно пропорціонально квадрату разстоянія, то ея дѣйствіе на точку A будетъ наибольшимъ, а на точку B наименьшимъ, тогда какъ для точекъ m и n, лежащихъ между A и B, ея притягательное дѣйствіе почти равно той силѣ, съ какой она притягиваетъ центръ земли S, иначе говоря, равно средней притягательной силѣ луны. Но такъ какъ точка A притягивается луною сильнѣе, чѣмъ центръ земли S, то эта точка будетъ стремиться приблизиться къ лунѣ T и удалиться отъ точки B; вслѣдствіе этого водная масса, расположенная около точки A, будетъ подыматься. Подобнымъ же образомъ точка B притягивается луной T слабѣе, чѣмъ центръ земли S; поэтому она будетъ отставать отъ S, будетъ стремиться удалиться отъ центра земли, и, слѣдовательно, вода, окружающая точку B, тоже подымается. То же самое будетъ имѣть мѣсто, хотя и въ болѣе слабой степени, во всѣхъ точкахъ земной поверхности, лежащихъ на одномъ меридіанѣ съ A и B, т.-е. для всѣхъ тѣхъ точекъ, для которыхъ луна кульминируетъ въ тотъ же моментъ, какъ и для A и B. Остальныя точки земной поверхности тѣмъ меньше будутъ удаляться отъ центра, тѣмъ меньше будутъ подниматься, чѣмъ дальше онѣ отстоятъ отъ этого меридіана. Точки n и m, для которыхъ луна находится около горизонта или даже въ самомъ горизонтѣ, будутъ притягиваться луною съ такою же силой, какъ и центръ земли S и, слѣдовательно, положеніе ихъ относительно этого послѣдняго останется неизмѣннымъ или, вѣрнѣе, уровень воды въ точкахъ m и n долженъ понизиться, потому что значительная часть ея идетъ на повышеніе уровня въ точкахъ A и B.

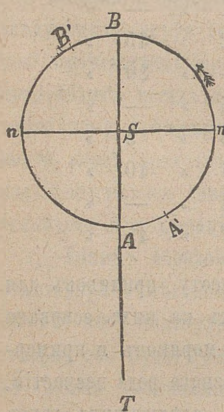


Рис. 262.

Такимъ образомъ, безъ дальнѣйшихъ объясненій уже видно, что между двумя послѣдовательными кульминаціями луны два раза происходятъ приливы и отливы, и что приливъ для какой-нибудь точки земли имѣетъ мѣсто во время верхней или нижней кульминаціи луны (Введеніе, § 17), а отливъ бываетъ 6-ью часами раньше или позже прилива.

Все только-что сказанное о дѣйствіи луны относится также и къ солнцу, но его вліяніе въ этомъ случаѣ гораздо слабѣе; дѣйствительно, приливы и отливы обусловливаются разностью тѣхъ притягательныхъ силъ, которыя дѣйствуютъ на какую-нибудь точку земной поверхности и на центръ земли, а эта разность для луны при ея близости къ землѣ, несмотря на ея незначительную массу, почти вдвое больше, чѣмъ для солнца. Солнечные приливы въ какомъ-нибудь пунктѣ земной поверхности происходятъ въ полдень или полночь по мѣстному времени, и такъ какъ одинъ разъ въ мѣсяцъ, а именно во время новолунія, луна кульминируетъ одновременно съ солнцемъ и одинъ разъ, а именно во время полнолунія, въ полночь, то въ этихъ случаяхъ дѣйствія солнца и луны слагаются, и высота приливовъ значительно усиливается. Эти приливы называются сизи-

гійными (рис. 263); наоборотъ, во время квадратуръ, когда луна находится на линіи BST, а солнце на продолженіи линіи nSm (рис. 262), лунные приливы ослабляются дѣйствіемъ солнца. Эти приливы называются квадратурными (рис. 262). Подобнымъ же образомъ какъ солнечные, такъ и лунные приливы должны быть тѣмъ сильнѣе, чѣмъ ближе къ землѣ находятся эти свѣтила, что вполнѣ подтверждается наблюденіями. Однако, наибольшей высоты уровень воды въ какомъ-нибудь мѣстѣ достигаетъ обыкновенно не въ моментъ кульминаціи свѣтила, а нѣсколькими часами позже; это объясняется различными причинами, препятствующими движенію морскихъ водъ, напримѣръ, инертностью водяной массы, треніемъ ея частицъ, неровностью морского дна и т. д. Подобнымъ же образомъ наибольшая температура дня, какъ извѣстно, имѣетъ мѣсто не въ полдень, а 2-мя часами позже, и максимумъ годовой температуры не совпадаетъ съ моментомъ лѣтняго солнцестоянія, когда солнце стоитъ выше всего, но наступаетъ лишь черезъ мѣсяцъ послѣ этого момента, такъ какъ послѣ момента, когда солнце занимаетъ наивысшее положеніе, въ теченіе нѣкотораго времени еще продолжается накопленіе солнечной теплоты.

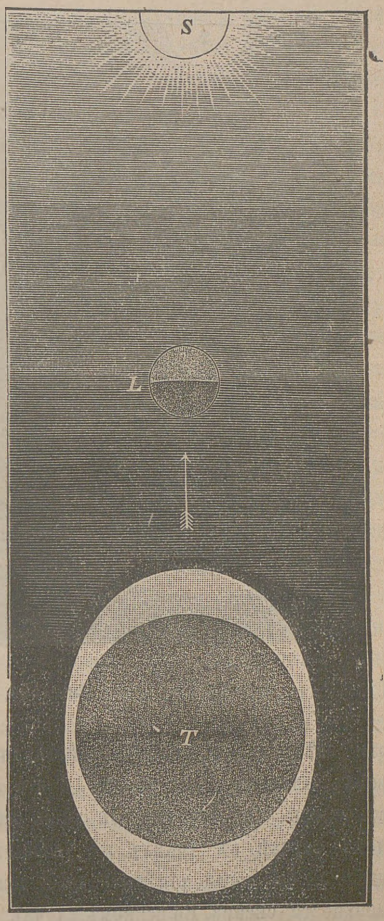


Рис. 263.

Выше уже было сказано, что приливы наступаютъ одновременно для всѣхъ точекъ, лежащихъ на одномъ меридіанѣ съ точками A и B, но, очевидно, приливы будутъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ дальше отъ точекъ A или B отстоитъ данная точка. Такъ какъ, съ другой стороны, солнце и луна никогда очень значительно не удаляются отъ плоскости экватора, то мѣста A и B, гдѣ происходятъ наибольшіе приливы, должны лежать вблизи земного экватора, или, иначе говоря, въ жаркомъ поясѣ земной поверхности. Такимъ образомъ, наиболѣе сильные приливы должны происходить въ тропическихъ странахъ, и по мѣрѣ приближенія къ полюсамъ приливы должны становиться болѣе слабыми. Это вполнѣ подтверждается наблюденіями. Въ Остъ-Индіи и у тропическихъ береговъ Америки приливы достигаютъ необыкновенной высоты, причемъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ они еще значительно усиливаются благодаря мѣстнымъ условіямъ, напримѣръ, благодаря тому, что различныя приливныя волны слагаются вмѣстѣ. Такъ, въ заливѣ Фунди-Бей разность уровней достигаетъ иногда 30 метровъ, въ гавани С.-Мало она нерѣдко доходитъ до 15 метровъ. Наоборотъ, въ Балтійскомъ морѣ измѣненіе уровня воды такъ же мало замѣтно, какъ и въ небольшихъ закрытыхъ со всѣхъ сторонъ моряхъ, напримѣръ, Черномъ или Каспійскомъ.

§ 38. **Опредѣленіе массы луны; исторія теоріи приливовъ и отливовъ.** Отдѣляя вліяніе луны на приливы и отливы отъ того вліянія, которое оказываетъ на нихъ солнце, мы получаемъ возможность опредѣлить массу луны. Такимъ путемъ было получено, что масса нашего спутника равна приблизительно $^1/_{75}$ массы земли; этотъ результатъ довольно хорошо согласуется съ результатами, выведенными изъ другихъ опредѣленій.

Теорія приливовъ и отливовъ, взятая во всей ея полнотѣ, является одной изъ самыхъ

трудныхъ, что видно уже изъ многихъ неудачныхъ попытокъ знаменитыхъ геометровъ объяснить всѣ подробности этого явленія. Еще Кеплеръ пытался дать теорію приливовъ, но Ньютонъ первый взглянулъ на это явленіе съ правильной точки зрѣнія и далъ свою теорію въ 1687 г. Однако, оставалось еще многое сдѣлать, чтобы его вѣрныя идеи можно было примѣнить къ полному объясненію явленія. Въ 1738 г. французская академія наукъ назначила премію за сочиненія по этому вопросу, и четыре мемуара были удостоены награды. Авторами первыхъ трехъ были: Даніель Бернулли, Леонардъ Эйлеръ и Маклоренъ. Всѣ они съ необыкновеннымъ остроуміемъ воспользовались планомъ, намѣченнымъ Ньютономъ. Четвертый мемуаръ былъ написанъ извѣстнымъ іезуитомъ Кавальери; послѣдній старался примѣнить къ этому вопросу теорію вихрей, которой парижская академія придерживалась еще долгое время послѣ того, какъ Ньютонъ установилъ свой законъ всемірнаго тяготѣнія. Современной намъ теоріей приливовъ и отливовъ мы обязаны, главнымъ образомъ, Лапласу, который въ своей «Небесной механикѣ» далъ необыкновенно глубокія изслѣдованія по этому вопросу.

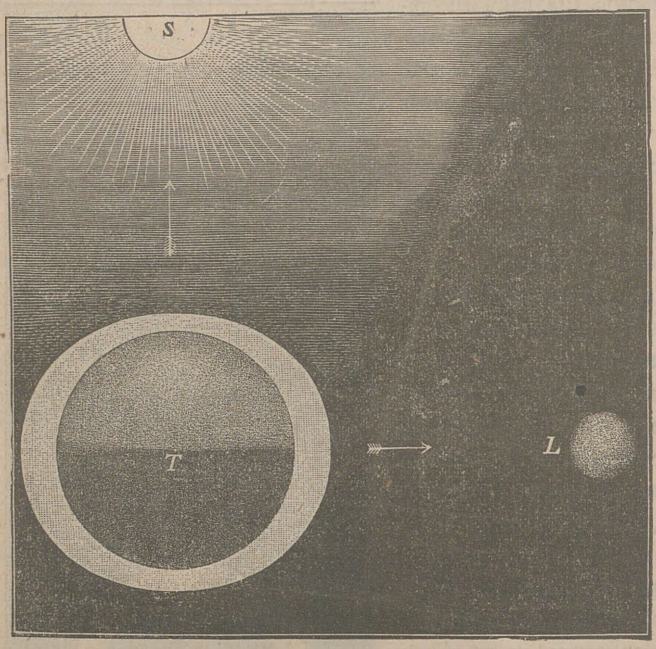


Рис. 264.

§ 39. **Атмосферные приливы и отливы.** Такъ какъ дѣйствіе солнца и луны на наши моря очень значительно, то весьма вѣроятно, что эти свѣтила еще сильнѣе дѣйствуютъ на легко подвижную атмосферу, окружающую со всѣхъ сторонъ нашу землю. И это дѣйствіе безусловно сказывается на высшихъ слояхъ атмосферы. Но мы живемъ лишь на днѣ этого воздушнаго океана и находимся въ данномъ случаѣ въ такихъ же условіяхъ, какъ и обитатели морскихъ глубинъ, которые едва ли бы могли замѣтить даже довольно значительныя измѣненія, происходящія на поверхности океана. Во всякомъ случаѣ, продолжительныя наблюденія съ прекрасными инструментами обнаружили суточную періодичность въ колебаніяхъ барометрическаго давленія. Согласно съ этими наблюденіями, наибольшая высота ртутнаго столба барометра бываетъ у насъ около 9 или 10 часовъ утра; затѣмъ она уменьшается и около 4 часовъ вечера достигаетъ минимума. Послѣ этого она снова поднимается и около 11 часовъ вечера наступаетъ второй максимумъ, послѣ котораго высота ртути уменьшается до второго минимума около 4 часовъ утра. Отсюда видно, что наступленіе максимумовъ и минимумовъ барометрическаго давленія находится въ зависимости скорѣе отъ положенія солнца, чѣмъ луны, и обусловливается поэтому простымъ нагрѣваніемъ нашей атмосферы подъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей.

ГЛАВА IV.

Возмущенія планетъ вообще.

§ 40. **Трудность опредѣленія возмущеній.** Если бы земля была единственной планетой въ нашей солнечной системѣ, то было бы очень легко опредѣлить ея орбиту самымъ точнымъ образомъ. Въ этомъ случаѣ, на основаніи предыдущаго, орбитой земли была бы эллиптическая кривая, и достаточно было бы небольшого числа хорошихъ наблюденій, чтобы найти положеніе, размѣры и видъ эллипса, описываемаго землей вокругъ солнца.

Но кромѣ земли около солнца обращается еще нѣсколько другихъ планетъ, а также большое число кометъ, и такъ какъ всѣ эти тѣла обладаютъ свойствомъ притягивать другъ друга, то эллипсы, которые они описывали бы около солнца, если бы каждое изъ нихъ существовало только одно, подвергаются самымъ разнообразнымъ измѣненіямъ. Напримѣръ, въ то время, какъ Юпитеръ подъ дѣйствіемъ силы солнца описываетъ вокругъ него свой огромный эллипсъ, всѣ остальныя планеты, въ особенности ближайшія къ нему, Марсъ и Сатурнъ, непрерывно стремятся измѣнить его эллиптическій путь. Въ зависимости отъ разстоянія и положенія окружающихъ его планетъ, эти послѣднія оказываютъ различное дѣйствіе на движеніе Юпитера: одна планета увеличиваетъ скорость его движенія, другая, наоборотъ, заставляетъ его двигаться медленнѣе, третья стремится сдвинуть его вверхъ съ первоначальнаго пути, четвертая, наоборотъ, внизъ. Такимъ образомъ, Юпитеръ, какъ и вообще всѣ остальныя небесныя тѣла, обращающіяся вокругъ солнца, не описываетъ вокругъ него правильнаго эллипса, а движется по весьма сложной, ежеминутно измѣняющейся кривой линіи.

Съ этой точки зрѣнія точное опредѣленіе положенія планеты или кометы, да и вообще вся астрономія, повидимому, далеко превосходятъ человѣческія силы. Дѣйствительно, если вспомнить, что прошло много тысячелѣтій, прежде чѣмъ человѣческій геній постигъ самое важное, самое замѣчательное и самое близкое къ намъ изъ всѣхъ явленій природы, а именно двойное движеніе земли, то, повидимому, нечего и пытаться рѣшать эту въ высшей степени сложную задачу. Задача эта состоитъ, коротко говоря, въ слѣдующемъ: даны скорости и направленія движенія сотни или болѣе небесныхъ тѣлъ, изъ которыхъ каждое притягиваетъ всѣ остальныя и само ими притягивается, и требуется опредѣлить путемъ вычисленія положеніе и скорость каждаго изъ этихъ тѣлъ для любого момента времени. Взаимное расположеніе этихъ тѣлъ постоянно мѣняется; мѣняется, слѣдовательно, и ихъ дѣйствіе другъ на друга. Поэтому со стороны человѣка было бы слишкомъ смѣло и даже почти дерзко браться за рѣшеніе подобной задачи.

Однако, астрономы отважились на это, и ихъ смѣлость увѣнчалась успѣхомъ. Мы не можемъ заводить нашего читателя въ лабиринтъ тѣхъ математическихъ изысканій, благодаря которымъ явилась возможность рѣшить одну изъ самыхъ важныхъ и самыхъ трудныхъ задачъ, когда-либо представлявшихся человѣку; однако, мы попытаемся указать въ общихъ чертахъ ходъ самаго рѣшенія, но предварительно мы остановимся на тѣхъ обстоятельствахъ, которыя существеннымъ образомъ облегчили трудъ.

§ 41. **Обстоятельства, облегчающія рѣшеніе задачи. I. Большія разстоянія свѣтилъ отъ земли.** Прежде всего мы должны замѣтить, что та необыкновенная точность, съ которою опредѣляютъ астрономы положенія свѣтилъ, лишь относительна, и что получаемые ими результаты показались бы намъ во многихъ случаяхъ очень неточными,

если бы мы могли на мѣстѣ произвести измѣренія съ масштабомъ въ рукахъ. Правда, астрономы могутъ указать за сто лѣтъ впередъ положеніе какой-нибудь планеты на небѣ съ ошибкой, не превосходящей толщины паутинной нити. Эта точность, дѣйствительно, чрезвычайно велика, и если мы будемъ имѣть въ виду тѣ трудности, которыя при такихъ опредѣленіяхъ приходится преодолѣвать, то намъ не останется ничего болѣе, какъ только удивляться достигнутымъ результатамъ. Но какую часть небеснаго свода покроетъ эта нить, если ее держать передъ глазами на разстояніи наилучшаго видѣнія? Въ этомъ случаѣ ея толщинѣ будетъ соотвѣтствовать уголъ въ 10″. Но чему равняются въ линейной мѣрѣ эти 10″, если дѣло идетъ, напримѣръ, объ окружности орбиты Урана? Даже и въ этомъ случаѣ мы получимъ весьма значительное число, а именно 130000 километровъ, что въ десять разъ больше земного діаметра. Если же взять самую близкую къ намъ звѣзду, α Центавра, которая отстоитъ отъ насъ (часть II, § 176) на 41 билліонъ километровъ, то 10 секундамъ дуги будетъ соотвѣтствовать уже 2000 милліоновъ километровъ. Эту-то величину астрономы считаютъ малой и имѣютъ на это нѣкоторое право, потому что ошибка въ 10″ по отношенію къ цѣлой окружности круга составляетъ лишь одну 129000-ую часть. И въ этомъ смыслѣ такая точность сравнима съ точностью измѣренія размѣровъ и объемовъ окружающихъ насъ тѣлъ, такъ какъ при этихъ измѣреніяхъ ошибка не превосходитъ одной стотысячной доли всей величины. Но, несмотря на это, все же остается справедливымъ, что эти величины сами по себѣ очень значительны, какъ бы малы онѣ намъ ни казались вслѣдствіе ихъ большого отъ насъ разстоянія. И то, что онѣ находятся такъ далеко отъ насъ, является для насъ очень благопріятнымъ обстоятельствомъ. Дѣйствительно, если бы этотъ рой небесныхъ свѣтилъ находился совсѣмъ близко отъ насъ, и если бы мы могли замѣчать каждое малѣйшее измѣненіе столь перепутанныхъ между собой движеній, то, по всей вѣроятности, никому бы изъ насъ и въ голову не пришло отыскивать тѣ законы, которые управляютъ этими движеніями. Но свѣтила находятся отъ насъ на огромныхъ разстояніяхъ, и потому измѣненія, происходящія въ ихъ движеніи, представляются намъ даже въ самые сильные телескопы, такъ сказать, въ грубомъ видѣ, лишь въ общихъ чертахъ, что позволяетъ намъ понять наиболѣе характерныя ихъ особенности, не затемняемыя въ данномъ случаѣ мелкими деталями. Часто случается, что какое-нибудь явленіе можно хорошо изучить только съ достаточно большого разстоянія, тогда какъ вблизи главныя черты затемняются менѣе важными подробностями. Если бы, напримѣръ, нѣсколько лицъ стали разсматривать большую картину въ сильные микроскопы, такъ что каждый изъ нихъ могъ бы видѣть только часть ея, то у каждаго изъ нихъ получилось бы особое мнѣніе объ этой картинѣ: одинъ думалъ бы, что на ней изображенъ домъ, другой, что это дерево, третій считалъ бы ее за портретъ и т. д. Жители луны, если только они существуютъ, находятся отъ насъ на разстояніи 384000 километровъ и, слѣдовательно, видятъ сразу всю землю; поэтому они, безъ сомнѣнія, знали нашу Америку и Новую Голландію прежде, чѣмъ эти страны были открыты нами, и, кромѣ того, при одномъ только взглядѣ на землю они должны были замѣтить ея суточное вращеніе, существованіе котораго было доказано Коперникомъ лишь сравнительно недавно.

Но огромныя разстоянія, отдѣляющія небесныя тѣла отъ земли,—это не единственное обстоятельство, позволяющее намъ рѣшить упомянутую выше важную задачу. Наша солнечная система обладаетъ цѣлымъ рядомъ особенностей, которыя значительно облегчаютъ ея рѣшеніе.

§ 42. **II. Незначительность планетныхъ массъ въ сравненіи съ массой солнца.** Всѣ неравенства движенія, происходящія вслѣдствіе взаимнаго притяженія планетъ, настолько малы, что они вообще лишь незначительно измѣняютъ тотъ эллиптическій путь, который описывала бы каждая планета подъ притягательнымъ дѣйствіемъ одного солнца; поэтому такія неравенства разсматриваютъ какъ незначительныя неправильности эллип-

тической орбиты и обыкновенно называютъ возмущеніями или пертурбаціями. Выше мы показали, что всѣ небесныя тѣла притягиваютъ другъ друга съ силою, прямо пропорціональною ихъ массамъ и обратно пропорціональною квадратамъ разстояній между ними. Поэтому если бы, напримѣръ, Юпитеръ находился въ какой-нибудь моментъ на одинаковыхъ разстояніяхъ отъ солнца и отъ Сатурна, и если бы масса послѣдняго равнялась массѣ солнца, то Юпитеръ обоими этими тѣлами притягивался бы одинаковымъ образомъ, и вслѣдствіе этого возмущеніе было бы такъ велико, что повлекло бы за собой полное измѣненіе движенія и орбиты Юпитера. Но масса Сатурна составляетъ всего одну 3000-ую часть массы солнца; въ такомъ же отношеніи, слѣдовательно, находятся и притяженія, оказываемыя на Юпитера этой планетой и солнцемъ при одинаковыхъ разстояніяхъ этихъ тѣлъ отъ Юпитера. Извѣстно, что сумма массъ всѣхъ планетъ меньше одной 800-ой части массы солнца; поэтому даже если бы всѣ онѣ были собраны въ одну точку, то и тогда бы онѣ лишь незначительно измѣнили то главное дѣйствіе, которое оказываетъ на каждую изъ нихъ солнце. При такомъ устройствѣ наше планетное царство имѣетъ строго монархическую форму правленія; здѣсь сила владыки далеко превосходитъ силу каждаго изъ его многочисленныхъ подданныхъ, и малѣйшій безпорядокъ, малѣйшее неповиновеніе здѣсь тотчасъ же устраняются благодаря господству великаго закона, исходящаго непосредственно отъ самого монарха, который соединяетъ въ себѣ и законодательную, и исполнительную власть: и онъ имѣетъ на это полное право, такъ какъ по своей массѣ, которая въ этомъ случаѣ замѣняетъ силу ума, онъ въ 800 разъ превосходитъ всѣхъ своихъ подданныхъ, взятыхъ вмѣстѣ. Такое устройство является характернымъ также и для отдѣльныхъ частей нашей планетной системы, такъ какъ многочисленные вассалы, находясь въ полномъ повиновеніи своему владыкѣ, требуютъ той же покорности отъ своихъ подданныхъ. И, надо прибавить, на такое требованіе они также имѣютъ полное право, потому что и они по своей силѣ часто во столько же разъ превосходятъ своихъ подданныхъ, во сколько ихъ собственная власть меньше власти главнаго повелителя. Земля съ своей луной представляетъ одно изъ маленькихъ государствъ въ государствѣ; она заставляетъ своего спутника, какъ покорнаго и молчаливаго раба, слѣдовать за ней въ ея движеніи вокругъ солнца, и масса нашей планеты приблизительно въ 80 разъ больше массы луны. Юпитеръ, описывая свою огромную орбиту, увлекаетъ за собой 5 спутниковъ, въ совокупности обладающихъ массой, которая составляетъ всего одну 10000-ую часть массы ихъ повелителя. Подобное же соотношеніе существуетъ между планетами Ураномъ и Сатурномъ и ихъ спутниками. Спутники, такимъ образомъ, повинуются своимъ главнымъ планетамъ, которыя, въ свою очередь, подчинены преобладающему дѣйствію солнца.

§ 43. **III. Незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ.** Но этого благопріятнаго обстоятельства было бы еще недостаточно для того, чтобы имѣть возможность производить вычисленія, необходимыя для рѣшенія нашей задачи, если бы не существовало еще другихъ не менѣе благопріятныхъ особенностей строенія солнечной системы. Если бы, напримѣръ, самая большая изъ планетъ, Юпитеръ, двигался по орбитѣ, эксцентриситетъ которой равнялся бы половинѣ его большой оси, то онъ иногда такъ близко подходилъ бы къ другимъ планетамъ и вызывалъ бы вслѣдствіе этого столь сильныя возмущенія въ ихъ движеніи, что, въ концѣ концовъ, могла бы совершенно видоизмѣниться вся солнечная систему. Но орбита Юпитера далеко не является столь гибельной для нашей солнечной системы, такъ какъ ея эксцентриситетъ равенъ не больше, какъ $^1/_{500}$ части большой полуоси. Даже у Меркурія, орбита котораго въ сравненіи съ другими большими планетами обладаетъ наибольшимъ эксцентриситетомъ, этотъ послѣдній равенъ всего $^1/_5$ части большой полуоси; подобными же эксцентриситетами обладаютъ астероиды. Но эти планеты такъ малы, а Меркурій, кромѣ того, находится такъ близко отъ солнца, что возмущенія, вызываемыя ими, никогда не достигаютъ значительной величины.

То же самое можно замѣтить и относительно наклонностей орбитъ къ эклиптикѣ. Очевидно, что если бы орбиты всѣхъ планетъ лежали въ точности въ плоскости эклиптики, то онѣ и всегда оставались бы въ этой плоскости. Однако, этого въ нашей планетной системѣ нѣтъ, но все же орбиты большихъ планетъ наклонены другъ къ другу подъ небольшими углами, не превосходящими 3°; поэтому и возмущенія, зависящія отъ взаимнаго расположенія орбитъ, остаются незначительными. Только Меркурій и астероиды опять составляютъ исключеніе: наклонность орбиты Меркурія равна 7°, а у Паллады она достигаетъ даже 35°, но это по указанной выше причинѣ не можетъ оказать сколько-нибудь замѣтнаго дѣйствія на остальныя планеты.

§ 44. **IV. Большія взаимныя разстоянія планетъ.** Наконецъ, большія планеты отдѣлены другъ отъ друга такими громадными разстояніями въ сравненіи съ ихъ собственными размѣрами, что уже по одной этой причинѣ ихъ взаимное притяженіе должно быть очень незначительнымъ.

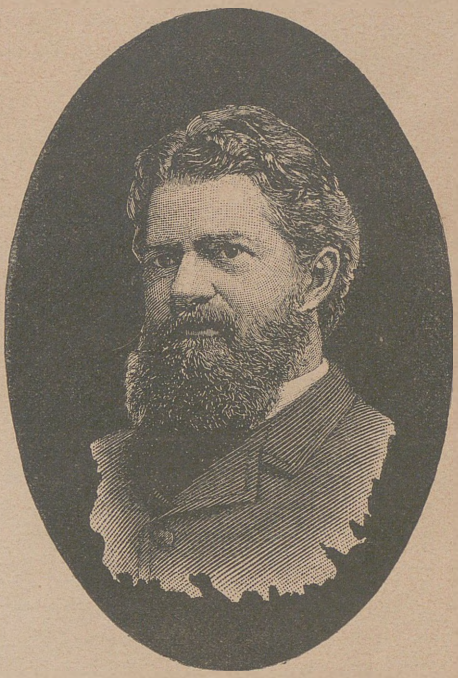
Громадное превосходство массы солнца надъ массами всѣхъ остальныхъ планетъ, большія взаимныя разстоянія послѣднихъ, остающіяся такими во все время ихъ движенія, небольшіе эксцентриситеты и наклонности планетныхъ орбитъ,—всѣ эти обстоятельства являются причиной того, что взаимныя возмущенія планетъ постоянно остаются очень малыми, а для насъ они кажутся еще болѣе незначительными, такъ какъ мы наблюдаемъ ихъ съ очень большого разстоянія. Благодаря этимъ-то благопріятнымъ обстоятельствамъ и сдѣлалось возможнымъ рѣшеніе основного вопроса объ опредѣленіи возмущеній; но уже изъ вышеизложенныхъ предварительныхъ замѣчаній видно, что мы обладаемъ не строгимъ и общимъ рѣшеніемъ, а лишь *приближеннымъ*, хотя приближеніе это вполнѣ удовлетворяетъ всѣмъ нашимъ требованіямъ. Такъ какъ, несмотря на столь благопріятныя обстоятельства, до сихъ поръ не удалось представить возмущенія въ такъ называемой конечной аналитической формѣ, то обыкновенно, что гораздо легче, разлагаютъ возмущенія въ безконечные ряды, расположенные по возрастающимъ степенямъ массъ, эксцентриситетовъ и наклонностей. Но такъ какъ всѣ эти три величины малы, то члены ряда быстро убываютъ съ возрастаніемъ показателя степени; поэтому во многихъ случаяхъ, безъ значительной ошибки, можно ограничиваться только первыми членами этого ряда.

Отмѣтимъ здѣсь еще одно, весьма важное обстоятельство, о которомъ мы уже упоминали выше. Всѣ планеты имѣютъ приблизительно *шарообразную* форму, а законъ *Ньютона* обладаетъ тѣмъ, исключительно ему принадлежащимъ, свойствомъ, что шаръ притягиваетъ всѣ внѣ его находящіяся тѣла такъ, какъ если бы вся его масса была сосредоточена въ его центрѣ. Поэтому вопросъ объ опредѣленіи взаимныхъ возмущеній планетъ сводится къ вопросу о возмущенномъ движеніи *матеріальныхъ точекъ*, и, очевидно, было бы гораздо труднѣе рѣшить нашу задачу, если бы пришлось принимать во вниманіе форму движущихся тѣлъ.

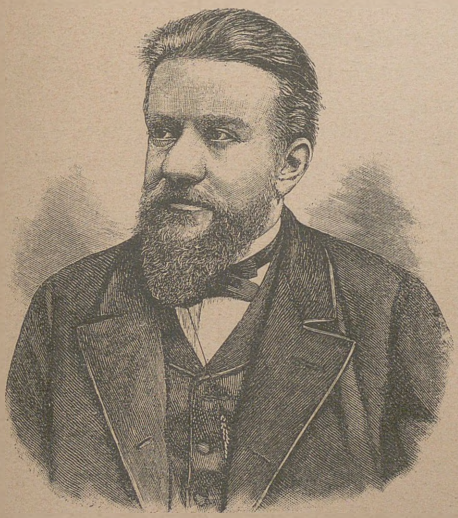
§ 45. **Задача о трехъ тѣлахъ.** Но и при такомъ способѣ рѣшенія задачи опредѣленіе возмущеній, испытываемыхъ какой-нибудь планетой со стороны всѣхъ остальныхъ было бы непосильной работой даже для самыхъ опытныхъ и самыхъ терпѣливыхъ вычислителей, такъ какъ въ дѣйствительности необходимо *сразу* опредѣлить всѣ эти возмущенія. Напримѣръ, для того, чтобы опредѣлить возмущенія, которыя въ нѣкоторый моментъ претерпѣваетъ наша земля со стороны всѣхъ остальныхъ планетъ, нужно было бы, при строгомъ рѣшеніи вопроса, знать сначала всѣ возмущенія, испытываемыя въ тотъ же самый моментъ каждой изъ возмущающихъ землю планетъ со стороны всѣхъ остальныхъ, включая сюда, конечно, и землю. Но всѣ эти возмущенія очень малы; поэтому при рѣшеніи нашей задачи достаточно опредѣлять возмущенія каждой отдѣльной планеты, испытываемыя ею подъ дѣйствіемъ каждой изъ остальныхъ, предполагая при этомъ, что каждая изъ возмущающихъ планетъ движется вокругъ солнца по эллиптической орбитѣ. Такимъ обра-



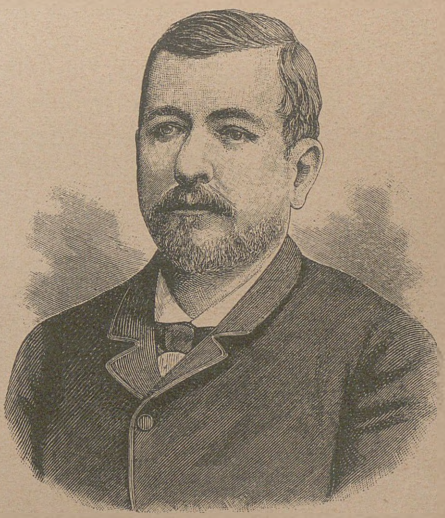
Лапласъ (1749—1827).



Ньюкомбъ.



Гюльденъ (1841—1896).



Тиссеранъ (1845—1896).

зомъ, при рѣшеніи нашей задачи можно разсматривать только три тѣла: солнце, возмущающую и возмущаемую планеты. Отсюда получается извѣстная задача о трехъ тѣлахъ, о которой мы уже упоминали выше (§ 10). Ньютонъ первый предложилъ эту задачу; онъ же первый и рѣшилъ ее, по крайней мѣрѣ, въ главныхъ чертахъ. Послѣ него самые знаменитые геометры Д'Аламберъ, Эйлеръ, Лапласъ, Лагранжъ занимались этой задачей, но только въ наше время Гауссъ, Якоби, Гюльденъ, Тиссеранъ и др. развили этотъ вопросъ до такой полноты, что остается желать еще лишь очень немногаго.

ГЛАВА V.

Періодическія возмущенія.

§ 46. **Два рода возмущеній.** Взаимное притяженіе планетъ вызываетъ прежде всего измѣненія въ положеніи этихъ тѣлъ; слѣдовательно, вслѣдствіе взаимныхъ возмущеній двухъ планетъ непрерывно мѣняются ихъ долготы и широты, а также ихъ разстоянія какъ отъ солнца, такъ и отъ земли. Эти возмущенія обусловливаются, такимъ образомъ, прежде всего мѣстами обѣихъ планетъ на ихъ орбитахъ или, иначе говоря, ихъ взаимнымъ расположеніемъ. Но, совершивъ извѣстное число оборотовъ, обѣ планеты снова приходятъ въ прежнее взаимное расположеніе; поэтому и упомянутыя сейчасъ возмущенія должны повторяться черезъ извѣстные промежутки времени, вслѣдствіе чего они называются періодическими.

Но возмущенія, зависящія отъ взаимнаго расположенія планетъ на ихъ орбитахъ, оказываютъ также вліяніе на самыя орбиты и, въ концѣ концовъ, мѣняютъ ихъ видъ, положеніе, а, можетъ-быть, даже и размѣры. Вслѣдствіе этого возможно накопленіе возмущеній съ теченіемъ времени. Такъ, напримѣръ, измѣненіе орбиты Юпитера въ нѣкоторый данный моментъ зависитъ не только отъ взаимнаго расположенія въ этотъ моментъ его самого и ближайшихъ къ нему планетъ Марса и Сатурна, но и отъ совокупности всѣхъ положеній дѣйствующихъ на Юпитера планетъ за нѣсколько сотенъ лѣтъ; иначе говоря, измѣненія орбиты Юпитера должны зависѣть отъ положенія всѣхъ остальныхъ планетныхъ орбитъ относительно орбиты Юпитера. Но положенія этихъ орбитъ, какъ мы увидимъ ниже, также мѣняются съ теченіемъ времени и прежнія положенія эти орбиты принимаютъ лишь по истеченіи весьма большихъ промежутковъ времени. Поэтому соотвѣтственныя возмущенія, которыя относятся уже не къ положенію возмущенныхъ планетъ на орбитахъ, а только къ элементамъ ихъ орбитъ, хотя и мѣняютъ періодически свою величину, но эти періоды охватываютъ нѣсколько тысячелѣтій. По этой причинѣ такія возмущенія, въ отличіе отъ предыдущихъ, называются вѣковыми.

Однако, эти послѣднія возмущенія, несмотря на ихъ названіе, не представляютъ исключенія изъ общаго правила, и на нихъ никоимъ образомъ нельзя смотрѣть какъ на явленіе, производящее разстройство и безпорядокъ въ организаціи солнечной системы. Наоборотъ, они служатъ лишь новымъ подтвержденіемъ того великаго закона, которому молча повинуются всѣ небесныя тѣла, даже при кажущихся отъ него уклоненіяхъ.

§ 47. **Періодическія возмущенія луны. I. Эвекція.** Мы разсмотримъ сначала періодическія возмущенія и особенно остановимся на неравенствахъ въ движеніи луны, такъ какъ это небесное тѣло находится ближе всего къ намъ, и ея возмущенія превосходятъ по своей величинѣ возмущенія планетъ, такъ что еще древніе греки замѣтили нѣкоторыя изъ нихъ.

Эллиптическая орбита земли и самое положеніе земли на ея орбитѣ измѣняются подъ вліяніемъ притяженія окружающихъ планетъ очень незначительно. Въ самомъ неблагопріятномъ случаѣ положеніе земли на ея орбитѣ можетъ измѣниться всего на 40″,

а ея разстояніе отъ солнца—лишь на одну 10000-ую часть большой полуоси ея орбиты. Въ предыдущей главѣ мы уже замѣтили, что это обусловливается, главнымъ образомъ, незначительностью массъ возмущающихъ планетъ и тѣми огромными разстояніями, на которыхъ онѣ находятся отъ земли. Если возмущенія, происходящія отъ дѣйствія планетъ, такъ незначительны для самой земли, то они еще меньше для луны, которая, находясь постоянно близъ земли, въ среднемъ отстоитъ отъ планетъ на такомъ же разстояніи, какъ и эта послѣдняя. Но что касается дѣйствія солнца, то здѣсь дѣло обстоитъ иначе. Дѣйствительно, луна движется по эллиптической кривой, въ одномъ изъ фокусовъ которой находится земля; слѣдовательно, луна движется собственно вокругъ земли, и если бы кромѣ обитаемой нами планеты не существовало другихъ небесныхъ тѣлъ, обладающихъ достаточно большими размѣрами или находящихся на достаточно маломъ разстояніи отъ луны, чтобы своимъ притяженіемъ измѣнять ея движеніе, то луна, не подвергаясь никакимъ возмущеніямъ, описывала бы свой эллипсъ вокругъ земли. Но въ дѣйствительности солнце, хотя и находится въ 400 разъ дальше отъ земли, чѣмъ луна, зато обладаетъ массой, которая въ 323000 разъ больше массы земли (§ 23); это огромное превосходство солнечной массы и является причиной того, что, несмотря на большое разстояніе, дѣйствіе солнца все же настолько значительно, что оно свободно можетъ измѣнить положеніе луны на орбитѣ, описываемой ею вокругъ земли, больше чѣмъ на 2°. Въ дѣйствительности не земля, а центръ тяжести системы, состоящей изъ земли и луны, описываетъ въ теченіе года эллиптическій путь вокругъ солнца. Если два неодинаковыхъ шара соединить стержнемъ и въ той точкѣ этого послѣдняго, гдѣ лежитъ общій центръ тяжести шаровъ, прикрѣпить тесьму и вращать затѣмъ эту систему на подобіе пращи, то получится приблизительная картина движенія луны вокругъ земли, а вмѣстѣ съ нею и вокругъ солнца, съ тою только разницею, что въ случаѣ земли и луны, эти два движущіяся тѣла настолько неодинаковы по своимъ размѣрамъ, что центръ тяжести образуемой ими системы лежитъ внутри земли. Разстояніе солнца отъ земли, какъ было выше сказано, въ 400 разъ больше средняго разстоянія луны отъ земли. Поэтому разстояніе солнца отъ луны иногда бываетъ на $^1/_{400}$ больше, иногда на ту же величину меньше, чѣмъ разстояніе его отъ земли; иногда же эти разстоянія бываютъ въ точности равны между собой. Сколь бы малой эта величина ни казалась, все же солнце оказываетъ сильное вліяніе на движеніе луны. Кромѣ того, луна движется то по направленію къ солнцу, то по прямо противоположному направленію, и вслѣдствіе этого скорость нашего спутника то увеличивается, то уменьшается; такимъ образомъ, подъ возмущающимъ дѣйствіемъ солнца можетъ сильно измѣниться не только разстояніе луны отъ земли, но и самый характеръ ея движенія.

Изъ этихъ возмущеній, производимыхъ въ движеніи луны солнцемъ, особенно замѣчательны возмущенія въ долготѣ нашего спутника. Такъ какъ эксцентриситетъ лунной орбиты довольно значителенъ, то уравненіе орбиты (часть I, § 82) для луны можетъ быть больше 6°, такъ что уже простое эллиптическое движеніе луны вокругъ земли, безъ дѣйствія солнца, было бы очень неравномѣрнымъ. Подъ вліяніемъ же солнечнаго притяженія появляется еще цѣлый рядъ неравенствъ, изъ которыхъ самое значительное носитъ названіе эвекціи и было открыто еще Птоломеемъ (въ 130 году послѣ Р. Хр.). Это неравенство достигаетъ наибольшей величины тогда, когда большая ось лунной орбиты совпадаетъ съ линіей сизигій (съ линіей новолунія и полнолунія), а наименьшей, когда эта ось совпадетъ съ линіей квадратуръ (съ линіей первой и послѣдней четверти); въ первомъ случаѣ это неравенство составляетъ 1° 15′.

Если, напримѣръ, новолуніе происходитъ какъ-разъ въ тотъ моментъ, когда луна находится въ наибольшемъ удаленіи отъ земли, то, занимая положеніе между солнцемъ и землей, она будетъ находиться въ наименьшемъ разстояніи отъ солнца. Поэтому въ этомъ случаѣ дѣйствіе земли на луну будетъ слабѣе, а дѣйствіе солнца сильнѣе, чѣмъ средніе

дѣйствія этихъ тѣлъ на луну во время новолуній. Слѣдовательно, солнце будетъ притягивать къ себѣ луну сильнѣе обыкновеннаго и, такимъ образомъ, будетъ увеличивать ея наибольшее разстояніе отъ земли, или, иначе говоря, будетъ увеличивать эксцентриситетъ ея орбиты. Черезъ полмѣсяца полнолуніе произойдетъ во время прохожденія луны черезъ перигей; въ этомъ случаѣ земля будетъ дѣйствовать сильнѣе, чѣмъ при среднемъ разстояніи, и вслѣдствіе этого будетъ уменьшаться перигейное разстояніе луны, что опять равносильно увеличенію эксцентриситета. То же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, если не новолуніе, а полнолуніе происходитъ въ моментъ прохожденіи луны черезъ апогей, то-есть при наибольшемъ ея разстояніи отъ земли; такъ какъ и въ этомъ случаѣ подъ совмѣстнымъ дѣйствіемъ солнца и луны лунная орбита будетъ стремиться растянуться (evehere), откуда и происходитъ самое названіе эвекціи.

Если же, наоборотъ, большая ось лунной орбиты, или линія апсидъ (которая, какъ мы увидимъ далѣе, движется такъ быстро, что въ одинъ годъ ея положеніе на небесномъ сводѣ измѣняется болѣе, чѣмъ на 40^0), совпадаетъ съ линіей квадратуръ, то притяженія солнца и земли во время новолунія или полнолунія, имѣютъ свою среднюю величину, напротивъ того во время квадратуръ луна находится или въ наибольшемъ, или въ наименьшемъ удаленіи отъ земли. Но такъ какъ во время квадратуръ солнце находится отъ земли и отъ луны почти на одинаковыхъ разстояніяхъ, то оно притягиваетъ землю и луну почти съ одинаковой силой, вслѣдствіе чего въ относительномъ движеніи луны вокругъ земли появляются лишь весьма малыя возмущенія, и, слѣдовательно, въ этомъ случаѣ эвекція незначительна. Болѣе подробное изслѣдованіе, выходящее, къ сожалѣнію, изъ рамокъ нашей книги, показываетъ, что въ этомъ случаѣ соединенное дѣйствіе солнца и земли уменьшаетъ эксцентриситетъ лунной орбиты.

Такимъ образомъ, чтобы понять вліяніе эвекціи на движеніе луны, мы можемъ сдѣлать допущеніе, что эксцентриситетъ лунной орбиты періодически мѣняется съ теченіемъ времени. Это зналъ еще Птоломей, который старался объяснить замѣченныя имъ неравенства луннаго движенія измѣненіемъ положенія эксцентрическаго круга (часть I, § 64).

§ 48. **II. Варіація.** Другое большое неравенство лунной долготы называется варіаціей; оно было замѣчено еще въ десятомъ вѣкѣ арабскимъ астрономомъ Абулъ-Вефа, но затѣмъ снова было забыто. Вторично открылъ его Тихо де-Браге. Варіація можетъ доходить до $39'$ и имѣетъ наибольшую величину въ четырехъ точкахъ, которыя лежатъ какъ-разъ посрединѣ между сизигіями и квадратурами, то-есть въ четырехъ октантахъ, тогда какъ въ сизигіяхъ и квадратурахъ она равна нулю. Отсюда слѣдуетъ, что періодъ этого возмущенія равенъ 14,8 днямъ, то-есть половинѣ синодическаго мѣсяца (часть II, § 100). Даже безъ чертежа нетрудно сообразить, что вслѣдствіе солнечнаго притяженія тангенціальная скорость луны то уменьшается, то возрастаетъ, и что такія же измѣненія, только въ другихъ частяхъ орбиты, происходятъ также подъ дѣйствіемъ на луну силы земного притяженія. Результатомъ соединеннаго дѣйствія этихъ двухъ тѣлъ и является упомянутое только-что явленіе, состоящее въ томъ, что въ октантахъ положеніе луны сильнѣе всего уклоняется отъ того мѣста, которое она занимала бы при отсутствіи солнечнаго притяженія.

§ 49. **III. Болѣе мелкія возмущенія луннаго движенія.** Третье болѣе или менѣе значительное неравенство въ движеніи луны, извѣстное подъ именемъ годичнаго уравненія, также было открыто Тихо де-Браге. Вслѣдствіе этого возмущенія въ теченіе шести мѣсяцевъ долгота луны увеличивается, а въ теченіе другихъ шести уменьшается, причемъ насколько въ первомъ случаѣ она увеличилась, настолько же во второмъ она уменьшится. При среднемъ разстояніи солнца отъ земли, то-есть въ началѣ апрѣля и въ началѣ октября, это неравенство, имѣющее годовой періодъ, равно нулю.

Возмущеніе это происходитъ отъ того, что земля описываетъ вокругъ солнца эл-

липсъ, а не кругъ, вслѣдствіе чего въ концѣ декабря (въ перигеліи) она вмѣстѣ съ луной находится гораздо ближе къ солнцу, чѣмъ въ концѣ іюня (въ афеліи), и понятно, что возмущающее дѣйствіе солнца на луну гораздо значительнѣе въ первую изъ этихъ эпохъ, чѣмъ во вторую. Изслѣдованія и вычисленія этихъ возмущеній показываютъ, что дѣйствіе солнца выражается въ томъ, что притягательная сила земли на луну какъ бы уменьшается, а время оборота луны увеличивается, т.-е. при отсутствіи солнечныхъ неравенствъ время оборота луны было бы короче, чѣмъ на самомъ дѣлѣ. Это замедляющее дѣйствіе по только-что указанной причинѣ сильнѣе тогда, когда земля находится въ перигеліи, и слабѣе тогда, когда она находится въ афеліи; другими словами, время оборота луны вокругъ земли зимой продолжительнѣе, а лѣтомъ, наоборотъ, короче, чѣмъ ея среднее время обращенія. Это-то неравенство и называется годичнымъ уравненіемъ.

Это суть три наиболѣе значительныя возмущенія лунной долготы. Благодаря ихъ значительной величинѣ и благодаря короткимъ періодамъ, по истеченіи которыхъ они снова принимаютъ прежнюю величину, они были открыты еще нашими предшественниками, несмотря на ихъ несовершенные инструменты, но объясненіе этихъ неравенствъ было дано только послѣ открытія закона всемірнаго тяготѣнія и послѣ рѣшенія задачи о трехъ тѣлахъ (§ 45). Но кромѣ трехъ вышеупомянутыхъ возмущеній въ движеніи луны существуетъ много другихъ, которыя по величинѣ гораздо меньше предыдущихъ, но знаніе которыхъ для насъ необходимо, если мы желаемъ установить точную теорію движенія луны и затѣмъ воспользоваться ею, напримѣръ, для опредѣленія географическихъ долготъ. Теорія возмущеній даетъ намъ общій видъ этихъ неравенствъ, абсолютную же ихъ величину отчасти еще и теперь мы можемъ найти не иначе, какъ изъ наблюденій, несмотря на колоссальный трудъ, затраченный на улучшеніе лунныхъ таблицъ многими учеными, въ числѣ которыхъ мы встрѣчаемъ имена Эйлера, Клеро, Даламбера (1750), Тобіаса Майера (1770), Бурга (1806), Буркгардта (1812), Дамуазо (1824) и др. Даже новѣйшія лунныя таблицы, составленныя Ганзеномъ съ необыкновенной аккуратностью и большимъ знаніемъ дѣла и вначалѣ (1850—1860) довольно хорошо согласовавшіяся съ дѣйствительнымъ положеніемъ луны, стали затѣмъ все больше и больше расходиться съ наблюденіями и, въ концѣ концовъ, эти уклоненія достигли такой величины, что оказалось необходимымъ придать къ таблицамъ Ганзена эмпирическія поправки, что и было исполнено Эри, Ньюкомбомъ и другими. Почти одновременно съ Ганзеномъ важныя изслѣдованія, касающіяся теоріи луннаго движенія, были обнародованы астрономомъ Делоне.

§ 50. **Опредѣленіе солнечнаго параллакса и сжатія земли изъ возмущеній луны.** Самое важное и самое значительное изъ упомянутыхъ въ предыдущемъ параграфѣ болѣе мелкихъ возмущеній луны есть такъ называемое параллактическое неравенство. Оно происходитъ отъ того, что во время новолунія солнце всегда нѣсколько сильнѣе измѣняетъ разстояніе между луной и землей, чѣмъ во время полнолунія. Отношеніе притяженій солнца въ этихъ двухъ случаяхъ зависитъ, конечно, отъ отношенія разстояній луны и солнца отъ земли; а такъ какъ это отношеніе равно, какъ извѣстно, отношенію горизонтальныхъ параллаксовъ солнца и луны, то и соотвѣтственное возмущеніе называется параллактическимъ неравенствомъ. Легко видѣть, что если изъ наблюденій найдена величина параллактическаго неравенства, и если, кромѣ того, намъ извѣстно соотношеніе, связывающее это неравенство съ отношеніемъ разстояній солнца и луны до земли, что, между прочимъ, выводится въ аналитической теоріи возмущеній, то можно вычислить отношеніе солнечнаго параллакса къ лунному, а, принимая этотъ послѣдній извѣстнымъ, найти и разстояніе солнца отъ земли. Этотъ способъ опредѣленія солнечнаго параллакса, который впервые былъ съ успѣхомъ испытанъ Лапласомъ, вслѣдствіе довольно большой величины параллактическаго неравенства былъ бы однимъ изъ лучшихъ, если бы опредѣленіе этого

неравенства не было связано съ цѣлымъ рядомъ трудностей, которыя обусловливаются, главнымъ образомъ, иррадіаціей (часть I, § 122). Параллактическое неравенство, какъ показали тщательныя изслѣдованія Ганзена, Эри, Стона, Ньюкомба, Кемпбелля, Нейсона и другихъ, едва ли можетъ сильно отличаться отъ 125,6″, что даетъ для солнечнаго параллакса величину 8,85″, то-есть почти такую же, какая была найдена на основаніи различныхъ другихъ способовъ (ср. часть II, § 57).

Подобное же неравенство луны содержитъ въ своемъ коэффиціентѣ сжатіе земли. Наблюденія показываютъ, что наибольшая величина этого возмущенія по долготѣ равна 6,8″, откуда сжатіе получается равнымъ $^1/_{305}$ (ср. часть I, § 13, III). Точно такимъ же образомъ по возмущеніямъ лунной широты сжатіе земли получается равнымъ $^1/_{304}$. Получаемое этимъ путемъ сжатіе земли совершенно не зависитъ отъ неправильности земной поверхности и отъ распредѣленія плотностей внутри земли, чего нельзя сказать объ опредѣленіяхъ сжатія на основаніи градусныхъ измѣреній или изъ наблюденій надъ качаніями маятниковъ.

На основаніи несложныхъ теоретическихъ соображеній, пользуясь результатами градусныхъ измѣреній и зная длину секуднаго маятника, можно опредѣлить параллаксъ луны; слѣдовательно, и наоборотъ, зная длину секуднаго маятника и параллаксъ луны, можно найти величину земного радіуса. Но для опредѣленія луннаго параллакса нѣтъ необходимости перемѣнять мѣсто наблюденія или устраивать наблюдательныя станціи на большомъ разстояніи другъ отъ друга: для этого достаточно просто наблюдать луну въ одномъ и томъ же мѣстѣ на различныхъ высотахъ надъ горизонтомъ (часть I, § 41).

Такимъ образомъ, астрономъ изъ простого сравненія теоріи съ произведенными на его обсерваторіи наблюденіями можетъ опредѣлить не только размѣры земли, но также ея видъ и даже разстояніе ея отъ луны и отъ солнца. Все сказанное ясно показываетъ намъ, въ какой тѣсной связи находятся всѣ небесныя явленія между собой, а также съ великимъ закономъ всемірнаго тяготѣнія; съ другой стороны, луна, съ ея многочисленными, перепутанными другъ съ другомъ возмущеніями, является особенно удобной какъ для выясненія этой зависимости, такъ и для доказательства необыкновеннаго могущества математическаго анализа, этого поистинѣ драгоцѣннаго инструмента, безъ котораго геній человѣка не могъ бы проникнуть въ такую глубину и открыть дивную гармонію тамъ, гдѣ царитъ, повидимому, полный безпорядокъ.

§ 51. **Періодическія и частныя возмущенія планетъ.** Переходя отъ лунныхъ возмущеній къ періодическимъ неравенствамъ планетъ, напомнимъ, что періодическими возмущеніями называются такія, которыя зависятъ отъ взаимнаго расположенія планетъ на ихъ орбитахъ и которыя, слѣдовательно, по истеченіи извѣстнаго промежутка времени снова принимаютъ свою прежнюю величину. Аналитически они выражаются періодическими функціями, величина которыхъ мѣняется лишь въ тѣсныхъ предѣлахъ, такъ какъ на основаніи предыдущаго въ нашей планетной системѣ возмущенія никогда не достигаютъ значительной величины. Такими функціями являются синусъ и косинусъ нѣкоторыхъ угловъ, причемъ эти углы образованы изъ разностей долготъ возмущающей и возмущаемой планетъ и изъ разностей долготъ перигеліевъ обѣихъ орбитъ, такъ какъ относительное положеніе и разстояніе двухъ планетъ можетъ быть выражено именно при помощи этихъ величинъ.

Аналитическое выраженіе періодическихъ возмущеній для большихъ планетъ впервые было дано Лапласомъ въ его «Небесной механикѣ», гдѣ онъ развилъ свои формулы до такой полноты, что позднѣйшіе математики прибавили лишь очень немного. Поэтому выраженія, данныя Лапласомъ, въ сущности еще до сихъ поръ служатъ основаніемъ для составленія разнаго рода таблицъ, пользуясь которыми безъ труда можно вычислить для любого момента точное положеніе каждой планеты. Самыя лучшія таблицы для четырехъ

внутреннихъ планетъ (Меркурія, Венеры, Земли и Марса) были составлены въ 1895 г. Ньюкомбомъ, который далъ также наиболѣе точныя таблицы для Урана и Нептуна; для Юпитера же и Сатурна лучшія таблицы даны французскимъ астрономомъ Леверье. Для малыхъ планетъ до самаго послѣдняго времени не было такихъ таблицъ, такъ какъ значительные эксцентриситеты и наклонности ихъ орбитъ, а также частое приближеніе астероидовъ къ могучей планетѣ—Юпитеру представляютъ очень большія затрудненія для точнаго развитія теоріи ихъ движенія. Ганзенъ, а послѣ него, главнымъ образомъ, Гюльденъ научили астрономовъ преодолѣвать эти затрудненія, и мы имѣемъ теперь полныя таблицы для Ирисъ, Флоры, Эгеріи и другихъ астероидовъ. Обыкновенно же для этихъ небесныхъ тѣлъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ: прежде всего опредѣляютъ для даннаго момента тотъ эллипсъ, который касается истинной орбиты планеты, и который эта планета начала бы описывать, если бы на нее перестали дѣйствовать остальныя планеты; затѣмъ опредѣляютъ измѣненія элементовъ этого эллипса, т.-е. величины такъ называемыхъ частныхъ возмущеній за промежутокъ отъ даннаго момента до какой-нибудь другой эпохи, для которой опять находятъ соприкасающійся или такъ называемый оскулирующій эллипсъ.

§ 52. **Большое неравенство въ движеніи Юпитера и Сатурна.** Изъ періодическихъ возмущеній планетъ особенно замѣчательны неравенства, которыя существуютъ въ движеніи двухъ самыхъ большихъ планетъ нашей системы—Юпитера и Сатурна. Еще Галлей замѣтилъ, что время обращенія Сатурна со временъ Гиппарха (140 г. до Р. Хр.) до временъ Ньютона увеличилось, а время обращенія Юпитера, наоборотъ, уменьшилось, другими словами, среднее движеніе Сатурна за это время замедлилось, а среднее движеніе Юпитера ускорилось. Это открытіе было тѣмъ замѣчательнѣе, что для всѣхъ остальныхъ планетъ время обращенія получилось совершенно одинаковымъ какъ изъ старыхъ, такъ и изъ новыхъ наблюденій; да, кромѣ того, и теорія насъ учитъ, что этотъ элементъ планетныхъ орбитъ долженъ оставаться постояннымъ.

Эйлеръ первый старался изслѣдовать это удивительное явленіе при помощи математическаго анализа. И, дѣйствительно, въ результатѣ онъ нашелъ замедленіе одной изъ планетъ и ускореніе для другой; но такъ какъ по его теоріи въ обоихъ случаяхъ получались одинаковыя величины, что не согласовалось съ наблюденіями, то объясненіе этого явленія, данное имъ, нельзя считать удовлетворительнымъ. Нѣсколько позже Лагранжъ тоже занимался этимъ труднымъ и интереснымъ вопросомъ, но опять безуспѣшно. Какъ только-что названные, такъ и многіе другіе знаменитые геометры искали причину такой неправильности то въ сопротивленіи эѳира, въ которомъ движутся планеты, то въ возмущеніяхъ, вызываемыхъ кометами, то въ предположеніи, что сила тяготѣнія требуетъ нѣкотораго времени для распространенія отъ солнца до отдаленныхъ отъ него планетъ и т. д. Правда, такія предположенія послужили поводомъ къ другимъ не менѣе важнымъ открытіямъ; однако, они не могли разъяснить того вопроса, который собственно являлся предметомъ изысканій.

Въ концѣ восемнадцатаго столѣтія Ламбертъ, сравнивая свои наблюденія надъ Сатурномъ и Юпитеромъ съ тѣми, которыя были произведены датскимъ астрономомъ Тихо, получилъ, къ еще большему изумленію астрономовъ, результатъ, совершенно противорѣчащій открытію Галлея; а именно онъ нашелъ, что среднее движеніе Сатурна со временъ Тихо-де-Браге ускорилось, а среднее движеніе Юпитера, наоборотъ, замедлилась. Это открытіе заставило многихъ усумниться въ существованіи такого неравенства въ движеніи этихъ планетъ и приписать найденныя измѣненія среднихъ движеній неточности древнихъ наблюденій. Одинъ только Лаплассъ, основываясь на этомъ удивительномъ противорѣчіи, заподозрилъ существованіе возмущенія очень долгаго періода: онъ полагалъ, что движеніе обѣихъ планетъ попеременно то ускоряется въ теченіе нѣсколькихъ столѣтій, то снова

замедляется. Чтобы выяснить причину этого неравенства, онъ долженъ былъ въ выраженіи взаимныхъ возмущеній планетъ къ главнѣйшимъ, наиболѣе значительнымъ членамъ безконечнаго ряда, которыми, согласно съ вышесказаннымъ (§ 44), до сихъ поръ представлялись эти выраженія, прибавить еще нѣсколько слѣдующихъ членовъ и посмотрѣть, не получается ли въ этомъ случаѣ возмущеній очень долгаго періода, которыя бы объясняли найденныя изъ наблюденій неправильности въ движеніи обѣихъ планетъ.

При этихъ трудныхъ изслѣдованіяхъ онъ подтвердилъ другое важное открытіе, сдѣланное нѣсколько раньше. А именно изъ аналитическаго выраженія возмущеній, разложенныхъ въ рядъ, непосредственно слѣдуетъ, что нѣкоторые члены этого ряда принимаютъ очень значительную величину во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда времена оборотовъ, или, что то же самое, среднія суточныя движенія обѣихъ планетъ, относятся между собою приблизительно какъ два цѣлыя числа. Этотъ случай какъ-разъ имѣетъ мѣсто для Юпитера и Сатурна, такъ какъ время обращенія Юпитера равно 4332,6, а время обращенія Сатурна 10759,2 суткамъ, и, слѣдовательно, времена оборотовъ этихъ двухъ планетъ относятся между собой приблизительно какъ цѣлыя числа 2 и 5. Имѣя въ виду это обстоятельство, Лапласъ послѣ обширныхъ изысканій, нашелъ, что, дѣйствительно, въ возмущеніяхъ, испытываемыхъ Сатурномъ со стороны Юпитера, существуетъ членъ, который можетъ достигать $49'$; этому члену въ возмущеніяхъ Юпитера со стороны Сатурна соотвѣтствуетъ совершенно подобный же членъ, наибольшая величина котораго составляетъ $20'$. Періодъ этихъ возмущеній для обѣихъ планетъ равенъ приблизительно 930 годамъ, и, кромѣ того, эти неравенства таковы, что каждый разъ, какъ среднее движеніе одной изъ планетъ ускоряется, среднее движеніе другой замедляется. Все это до такой степени согласовалось со всѣми древними и новыми наблюденіями, что болѣе не могло уже оставаться никакого сомнѣнія въ справедливости такого объясненія этого, столь загадочнаго раньше, явленія.

Въ 1560 году оба возмущенія достигли своей наибольшей величины, и въ эту эпоху Сатурнъ обладалъ самымъ медленнымъ движеніемъ, а Юпитеръ наиболѣе быстрымъ. Послѣ этого среднія движенія обѣихъ планетъ приближались все больше и больше къ среднимъ ихъ величинамъ, которыхъ они достигли въ 1790 году. Поэтому вполнѣ понятно разногласіе результатовъ, полученныхъ Галлеемъ и Ламбертомъ, которые сравнивали наблюденія, произведенныя въ такія эпохи, когда обѣ планеты находились въ совершенно различныхъ отношеніяхъ къ ихъ среднимъ движеніямъ. Если бы возрожденіе наукъ въ Европѣ совершилось на 500 лѣтъ позже, то наблюденія обнаружили бы явленіе, совершенно обратное тому, которое было открыто Галлеемъ. Астрономическія таблицы индусовъ, восходящія по мнѣнію этого народа къ весьма глубокой древности, ясно показываютъ намъ, что онѣ были составлены въ то время, когда Сатурнъ обладалъ самымъ медленнымъ движеніемъ, а Юпитеръ наиболѣе быстрымъ, и это позволяетъ намъ точно опредѣлить время составленія этихъ таблицъ. Принимая, кромѣ того, во вниманіе эксцентриситеты, которые даны въ этихъ таблицахъ для нѣкоторыхъ планетъ, Лапласъ показалъ, что, по всей вѣроятности, названныя таблицы составлены въ началѣ XVI-го столѣтія послѣ Р. Хр. по образцу европейскихъ таблицъ, а не восходятъ къ сороковому столѣтію до эпохи нашего лѣтоисчисленія, какъ утверждаютъ это индусы.

ГЛАВА VI.

Вѣковыя возмущенія.

§ 53. **Вѣковыя возмущенія луны, движеніе линіи узловъ.** Въ началѣ предыдущей главы было уже замѣчено, что вѣковыми возмущеніями планетъ называются тѣ, которыя испытываютъ подъ дѣйствіемъ различныхъ планетъ не столько сами планеты, сколько ихъ орбиты.

Мы здѣсь разсмотримъ сначала вѣковыя возмущенія луны. Вполнѣ очевидно, что нашъ спутникъ, движущійся по орбитѣ, наклоненной подъ угломъ въ 5° къ эклиптикѣ, подъ вліяніемъ лежащаго въ плоскости эклиптики солнца, долженъ самъ приближаться къ этой плоскости. Это приближеніе луны къ эклиптикѣ, очевидно, имѣетъ мѣсто всегда съ какой бы стороны эклиптики, сѣверной или южной, она ни находилась; вслѣдствіе этого луна пересѣкаетъ плоскость эклиптики постоянно нѣсколько раньше того момента, въ который она пересѣкала бы ее, если бы не существовало солнечнаго притяженія. Другими словами, узлы лунной орбиты (часть II, § 100) перемѣщаются по направленію, обратному движенію луны, и такъ какъ луна движется вокругъ земли съ запада на востокъ, то узлы ея орбиты перемѣщаются съ востока на западъ, т.-е. обладаютъ обратнымъ движеніемъ. По величинѣ это движеніе мѣняется въ зависимости отъ разстояній солнца и земли отъ луны: наибольшей величины оно достигаетъ во время сизигій, а наименьшей во время квадратуръ. Въ среднемъ время обращенія узловъ лунной орбиты относительно звѣздъ, т.-е. сидерическій оборотъ линіи узловъ (часть I, § 84), равно 6793 днямъ, или 18,6 годамъ, а время обращенія самой луны относительно ея узловъ, т.-е. то время, которое протекаетъ между двумя послѣдовательными прохожденіями луны черезъ одинъ и тотъ же узелъ, равно 27,212 днямъ; этотъ промежутокъ времени обыкновенно называютъ драконическимъ мѣсяцемъ (часть II, § 100).

§ 54. **Движеніе линіи апсидъ лунной орбиты.** Разстояніе луны отъ земли подъ вліяніемъ солнечнаго притяженія то уменьшается, то снова увеличивается; вслѣдствіе этого происходитъ измѣненіе въ положеніи большой оси лунной орбиты: эта ось перемѣщается въ томъ же направленіи, въ которомъ совершается движеніе солнца, т.-е. съ запада на востокъ. Наблюденія показываютъ, что въ годъ линія апсидъ перемѣщается относительно неподвижныхъ звѣздъ на 40,69°. Отсюда слѣдуетъ, что время сидерическаго оборота линіи апсидъ луны равно 3233 днямъ, или 8,85 годамъ, а время обращенія самой луны относительно линіи апсидъ равно 27,555 днямъ; послѣдній промежутокъ времени обыкновенно называютъ аномалистическимъ мѣсяцемъ. Впрочемъ, это движеніе подвержено нѣкоторымъ неравенствамъ, которыя зависятъ отъ положенія солнца относительно земли и луны.

Геометры восемнадцатаго столѣтія много занимались движеніемъ линіи апсидъ лунной орбиты. Еще Ньютонъ старался вывести это движеніе изъ закона всемірнаго тяготѣнія, но онъ получилъ для него величину почти вдвое меньшую въ сравненіи съ той, которую даютъ наблюденія. Позже Клеро, продѣлавъ самымъ тщательнымъ образомъ весьма сложныя математическія выкладки, получилъ почти тотъ же результатъ, что и Ньютонъ; позднѣйшія изслѣдованія Эйлера и Д'Аламбера, повидимому, также подтвердили этотъ результатъ. Это былъ, такимъ образомъ, первый случай, гдѣ теорія расходилась съ наблюденіями, и гдѣ, слѣдовательно, законъ всемірнаго тяготѣнія, повидимому, оказался недостаточнымъ для объясненія небесныхъ явленій. Встрѣтивъ такое несогласіе, Клеро, несмотря на свое рѣдкое остроуміе, пытался въ основаніе своихъ разсужденій положить другой законъ природы, болѣе сложный, чѣмъ тотъ, который былъ открытъ Ньютономъ; но потомъ онъ замѣтилъ, что въ прежнихъ своихъ разсужденіяхъ онъ недостаточно точно развилъ математическія выкладки, и когда онъ вторично съ большимъ вниманіемъ продѣлалъ свои вычисленія, то нашелъ, что и здѣсь теорія вполнѣ согласна съ наблюденіями. Послѣ Клеро, Эйлеръ и Д'Аламберъ вполнѣ подтвердили полученные имъ результаты; такимъ образомъ, то явленіе, объяснить которое закономъ всемірнаго тяготѣнія раньше считали невозможнымъ, теперь оказалось самымъ лучшимъ доказательствомъ справедливости этого закона. Истина тѣмъ и отличается, что каждое новое препятствіе, которое воздвигается, повидимому, противъ нея, служитъ, въ концѣ концовъ, для новаго ея торжества.

§ 55. **Наглядное представленіе движенія линіи апсидъ лунной орбиты.** Дви-

женія линіи апсидъ и линіи узловъ вызываютъ наиболѣе сильныя измѣненія того пути, который описывала бы луна вокругъ земли, если бы элементы ея орбиты не подвергались никакимъ возмущеніямъ. Постараемся наглядно представить себѣ движеніе линіи апсидъ, не принимая во вниманіе ни тѣхъ возмущеній, о которыхъ мы говорили выше (§§ 47—49), ни тѣхъ, о которыхъ еще будетъ рѣчь впереди. Въ такомъ случаѣ путь луны можно представить такъ, какъ это изображено на рисункѣ 265. Въ этомъ видѣ путь луны представился бы наблюдателю, находящемуся высоко надъ землей, занимающей на рисункѣ положеніе *E*. Мы оставляемъ, такимъ образомъ, въ сторонѣ то обстоятельство, что луна движется не въ плоскости эклиптики, а въ плоскости, наклоненной къ ней подъ небольшимъ угломъ; и, кромѣ того, на время мы допускаемъ, что земля остается неподвижной въ пространствѣ. Прослѣдимъ же теперь за движеніемъ нашего спутника по этой фиктивной орбитѣ, подчиненной вышеуказаннымъ условіямъ.

Пусть вначалѣ луна занимаетъ положеніе 1 на лѣвой внѣшней части рисунка 265, и пусть въ этомъ положеніи она находится на наибольшемъ разстояніи отъ земли. Луна движется по направленію 1, 1, 1 и т. д. и, наконецъ, приходитъ въ положеніе 2, причемъ въ этомъ случаѣ она находится на кратчайшемъ разстояніи отъ земли. Первое положеніе, обозначенное цифрой 1, называется апогеемъ, первая же точка съ номеромъ 2 называется перигеемъ. Отсюда видно, что перигей и апогей не лежатъ на одной прямой, и луна должна совершить нѣсколько больше половины полнаго оборота, чтобы изъ апогея прійти въ перигей; точно также, если мы будемъ слѣдить за движеніемъ луны по линіи 2, 2, 2 и т. д., то найдемъ, что луна совершитъ нѣсколько больше половины своего оборота, чтобы изъ перигея снова перейти въ апогей. Идя по направленію чиселъ въ ихъ возрастающемъ порядкѣ, мы прослѣдимъ весь путь луны и всѣ перигеи и апогеи, въ которые послѣдовательно приходитъ нашъ спутникъ. Совершивъ 8 полныхъ оборотовъ, луна снова придетъ въ апогей 1, причемъ въ теченіе этого промежутка времени она должна была находиться 8 разъ въ наибольшемъ удаленіи отъ земли и столько же разъ въ наименьшемъ.

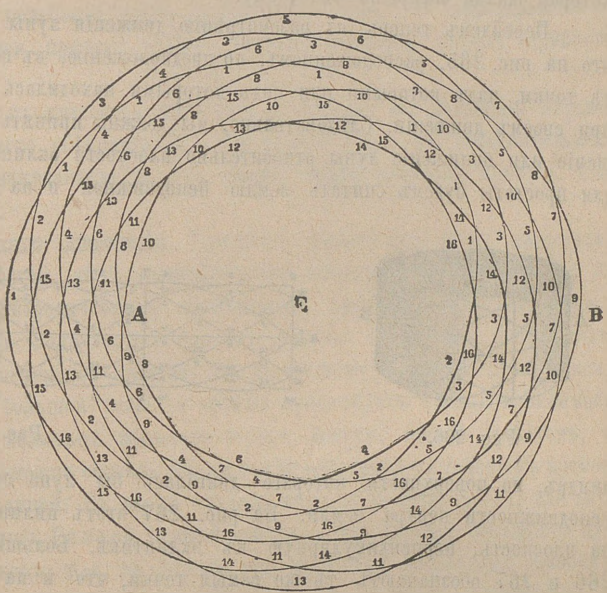


Рис. 265.

Только-что описанныя явленія дѣйствительно имѣли бы мѣсто, если бы луна двигалась въ плоскости эклиптики и описывала вокругъ неподвижной земли эллипсъ, ось котораго перемѣщалась бы въ томъ же самомъ направленіи, какъ и луна. Такимъ образомъ, въ предыдущемъ изложеніи мы объяснили измѣненія положенія луны въ эклиптикѣ, вызываемыя движеніемъ линіи апсидъ.

При болѣе точномъ представленіи луннаго движенія мы должны были бы вообразить, что земля *E*, занимающая центръ рис. 265, въ свою очередь, описываетъ кругъ около солнца; въ такомъ случаѣ нити, составляющія сѣть рис. 265, намъ слѣдовало бы изобразить растянутыми вдоль по земной орбитѣ. Но при томъ маломъ масштабѣ, которымъ мы здѣсь

пользуемся, намъ совершенно невозможно изобразить на чертежѣ такой путь луны, даже оставляя въ сторонѣ измѣненія лунныхъ широтъ. Но читатель самъ легко можетъ сдѣлать себѣ наглядный рисунокъ, если онъ приметъ въ соображеніе слѣдующее. Радіусъ лунной орбиты составляетъ $^1/_{400}$ часть радіуса земной орбиты, если и ту и другую считать круговыми. Въ теченіе года, т.-е. за тотъ промежутокъ времени, въ который земля описываетъ свой кругъ, луна совершаетъ почти 13 полныхъ оборотовъ вокругъ земли. Поэтому, если на чертежѣ кругъ, радіусъ котораго равенъ, напримѣръ, одному метру, считать за орбиту земли и раздѣлить его на 13 равныхъ частей, то за время, въ теченіе котораго луна совершитъ свой полный оборотъ вокругъ земли, послѣдняя пройдетъ всего отъ одного дѣленія круга до слѣдующаго; одна половина луннаго пути будетъ лежать передъ земной орбитой относительно солнца, другая за этой орбитой, причемъ луна никогда не можетъ удалиться отъ земли больше, чѣмъ на $^1/_{400}$ радіуса круга, описываемаго землей вокругъ солнца; на рисункѣ это разстояніе будетъ равно $^1/_{400}$ метра или 2,5 миллиметрамъ, и, такимъ образомъ, дѣйствительная орбита луны представится змѣевидной линіей, вогнутость которой всегда обращена къ солнцу.

Перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію движенія луны по широтѣ. Не трудно понять, что на рис. 265, расположенномъ, по предположенію, въ плоскости эклиптики, изображены тѣ точки, надъ которыми или подъ которыми находилась въ опредѣленные моменты луна при своемъ движеніи. Слѣдовательно, мы должны принять теперь во вниманіе еще возвышеніе или пониженіе луны относительно плоскости эклиптики. Съ этой цѣлью мы опять для простоты будемъ считать землю неподвижной и на рис. 266 представимъ тотъ ци-

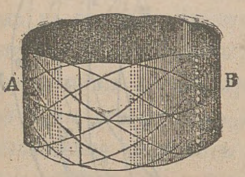


Рис. 266.

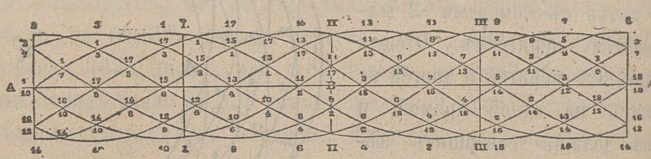


Рис. 267.

линдръ, по поверхности котораго двигалась бы луна при измѣненіи ея широты и при неподвижности центра земли. На рис. 267 этотъ цилиндръ представленъ развернутымъ на плоскость, перпендикулярную къ эклиптикѣ. Большія буквы A и B на рисункахъ 266 и 267 обозначаютъ тѣ же самыя точки, что и на чертежѣ 265, и, слѣдовательно, линія ABA представляетъ собою эклиптику; цифры на рис. 267 соотвѣтствуютъ тѣмъ же самымъ цифрамъ на рис. 266. Крайнія линіи 5—14 съ обѣихъ сторонъ рис. 267 должны совпасть, если мы изъ этого рисунка снова образуемъ цилиндрическое кольцо, и въ этомъ случаѣ вертикальныя прямыя I, II, III раздѣлятъ все кольцо на четыре части.

Если мы будемъ теперь идти, какъ и на рис. 265, по направленію возрастающихъ чиселъ, то мы получимъ полное представленіе о лунной орбитѣ. Начнемъ съ восходящаго узла 1 *). Легко видѣть, что наибольшей высоты надъ эклиптикой луна достигаетъ раньше, чѣмъ она успѣла совершить четверть своего оборота; точно также въ нисходящемъ узлѣ 2 она будетъ прежде, чѣмъ опишетъ половину своего пути, а въ восходящій узелъ 3 она придетъ тогда, когда еще не оконченъ ея полный оборотъ и т. д. Отсюда слѣдуетъ, что періодъ, въ теченіе котораго луна снова приходитъ въ восходящій узелъ, короче времени ея полнаго оборота, такъ что, если бы какая-нибудь звѣзда двигалась равномѣрно по

*) Необходимо помнить, что узломъ орбиты называется точка пересѣченія орбиты съ эклиптикой или, на рис. 267, съ линіей ABA.

Переводчикъ.

эклиптикѣ и одновременно съ луной проходила черезъ ея узлы, то время между двумя послѣдовательными покрытіями этой звѣзды луной было бы короче половины времени обращенія луны вокругъ земли. Совершивъ восемь полныхъ оборотовъ, луна снова придетъ въ ту точку эклиптики, которая обозначена на нашемъ рисункѣ цифрой 1, и за это время она 17 разъ пройдетъ черезъ свои узлы.

Такимъ образомъ, чтобы ясно себѣ представить измѣненія лунной широты, мы должны помнить, что луна движется не въ плоскости эклиптики, какъ мы допускали раньше, но находится то надъ эклиптикой, то подъ нею, такъ что плоскость лунной орбиты пересѣкаетъ плоскость эклиптики по прямой линіи, проходящей черезъ точку E (рис. 265). И въ то время какъ луна описываетъ вокругъ земли эллипсъ, который вращается въ своей плоскости, что равносильно, какъ мы выше объяснили, движенію апогея и перигея лунной орбиты, линія узловъ лунной орбиты должна также вращаться около точки E въ сторону, противоположную движенію луны, съ востока на западъ. Отсюда становится понятнымъ выраженіе: обратное движеніе узловъ. Кромѣ того, наибольшая широта луны съ теченіемъ времени нѣсколько мѣняется, и это происходитъ отъ того, что эллипсъ совершаетъ небольшія колебанія около линіи узловъ: онъ то приближается къ эклиптикѣ, то удаляется отъ нея, причемъ періодъ такого колебанія равенъ приблизительно одному мѣсяцу.

Въ общемъ, если бы мы въ крупномъ масштабѣ изобразили всѣ малѣйшія неравенства въ движеніи луны, мы легко убѣдились бы, что орбита луны въ дѣйствительности представляетъ необыкновенно запутанную и еще гораздо болѣе сложную кривую, чѣмъ та, о которой рѣчь шла выше.

§ 56. **Ускореніе средняго движенія.** Среднее движеніе луны представило астрономамъ еще больше трудностей, чѣмъ движеніе линіи апсидъ. Мы уже выше (§ 52) упоминали, что на основаніи теоретическихъ изслѣдованій времена обращеній планетъ вокругъ солнца или спутниковъ вокругъ ихъ планетъ должны оставаться постоянными, т.-е. не должны мѣняться съ теченіемъ времени. Но по третьему закону Кеплера, между временемъ оборота планеты и большой осью ея орбиты существуетъ тѣсная зависимость, позволяющая одну изъ этихъ величинъ выразить черезъ другую; отсюда слѣдуетъ, что большія оси планетныхъ орбитъ можно считать также немѣняющимися съ теченіемъ времени.

Иначе дѣло обстоитъ съ луной. Въ этомъ случаѣ, какъ и раньше (§ 52), для двухъ большихъ планетъ нашей системы, Галлей первый замѣтилъ, что періодъ обращенія луны вокругъ земли со временъ грековъ, т.-е. съ 200-го года до Р. Хр., постепенно становился все короче и короче, а среднее движеніе луны, слѣдовательно, постоянно ускорялось.

Это удивительное явленіе долгое время смущало астрономовъ, такъ какъ они не могли найти его причину. Они искали ее въ дѣйствіи планетъ, въ уклоненіяхъ земли и луны отъ шарообразной формы, въ сопротивленіи эѳира, въ немгновенномъ распространеніи силы всемірнаго тяготѣнія и т. д. Послѣднее предположеніе сдѣлалъ Лаплассъ; при этомъ онъ пришелъ къ заключенію, что если сила тяготѣнія распространяется со скоростью, въ 7680000 превосходящею скорость свѣта, то ускореніе луны дѣйствительно можетъ быть этимъ объяснено. Однако, онъ не удовлетворился такимъ объясненіемъ; поэтому онъ снова обратился къ этому предмету и, наконецъ, въ 1787 году нашелъ настоящую причину этого явленія. Одновременно съ Лапласомъ этимъ вопросомъ занимался также Лагранжъ, и если бы онъ нѣкоторыя изъ уравненій, полученныхъ имъ для вѣковыхъ возмущеній элементовъ планетныхъ орбитъ, примѣнилъ не только къ Юпитеру и Сатурну, гдѣ вѣковое ускореніе незамѣтно, но и къ лунѣ, то онъ могъ бы сдѣлать это открытіе двумя годами раньше Лапласа.

Причина этого явленія заключается въ томъ, что эксцентриситетъ земной орбиты, согласно съ теоретическими изслѣдованіями, начиная съ историческихъ временъ, постоянно

все уменьшается, большая же ось орбиты остается неизмѣнной, такъ что эллиптическій путь земли постепенно приближается къ круговому, вслѣдствіе чего дѣйствіе земли на движеніе луны возрастаетъ. Кромѣ того, дѣйствіе солнца на луну находится въ зависимости отъ разстоянія земли отъ солнца, но это послѣднее разстояніе зависитъ отъ эксцентриситета земной орбиты и будетъ тѣмъ больше, чѣмъ эксцентриситетъ меньше; слѣдовательно, дѣйствіе солнца на луну будетъ уменьшаться, и она будетъ приближаться къ землѣ. Если бы это приближеніе луны къ землѣ продолжалось безостановочно, то, въ концѣ концовъ, она упала бы на землю; однако, намъ нечего опасаться столь гибельнаго исхода, потому что математическій анализъ показываетъ намъ, что эксцентриситетъ земной орбиты не будетъ уменьшаться все время, а по истеченіи нѣкотораго періода начнетъ снова увеличиваться, такъ что его измѣненія заключены въ извѣстныхъ предѣлахъ. Періодъ, въ теченіе котораго эксцентриситетъ отъ наибольшей своей величины переходитъ къ наименьшей и обратно, охватываетъ много тысячелѣтій, но точно опредѣлить его въ настоящее время невозможно, такъ какъ намъ неизвѣстны со всею необходимою точностью массы планетъ. Насколько теперь можно судить, эксцентриситетъ земной орбиты началъ убывать за 11000 лѣтъ до Р. Хр., и это убываніе будетъ еще продолжаться до 25000 г. послѣ этой эпохи (см. § 60). Затѣмъ этотъ эксцентриситетъ станетъ возрастать, вслѣдствіе чего разстояніе луны отъ земли начнетъ увеличиваться. Выше (§ 27) мы уже говорили о томъ интересномъ обстоятельствѣ, что теорія даетъ для ускоренія луны величину меньшую, чѣмъ того требуютъ наблюденія.

§ 57. **Вѣковыя возмущенія въ движеніи линіи апсидъ и линіи узловъ.** Теорія показываетъ, что упомянутыя выше (§§ 53 и 54) движенія линіи апсидъ и линіи узловъ лунной орбиты подвержены подобнымъ же возмущеніямъ, зависящимъ отъ той же самой причины, какъ и только-что разсмотрѣнное возмущеніе въ среднемъ движеніи луны. Въ то время, какъ среднее движеніе луны по ея орбитѣ становится съ теченіемъ времени все быстрѣе и быстрѣе, движеніе перигея и линіи узловъ все замедляется и притомъ первое на 50″ въ столѣтіи, а второе на 7″. Такъ какъ эти измѣненія съ теченіемъ времени суммируются, то черезъ нѣсколько сотъ лѣтъ ихъ можно будетъ опредѣлить съ довольно значительною точностью. Со временемъ долгота узла лунной орбиты измѣнится на цѣлыхъ 9°, а долгота перигелія даже на 30°, и это дастъ нашимъ потомкамъ возможность опредѣлить съ большой точностью незначительныя измѣненія эксцентриситета земной орбиты, которыя въ лунной орбитѣ, какъ въ огромномъ вогнутомъ зеркалѣ, отразятся въ весьма увеличенномъ видѣ. Со временъ грековъ до нашихъ дней долгота луннаго узла измѣнилась уже на 2°, а долгота перигея на 6,6°, тогда какъ за то же самое время уравненіе орбиты (часть I, § 82) для земли измѣнилось всего на 8′, т.-е. лишь на одну пятидесятую часть движенія луннаго перигея.

§ 58. **Вѣковыя измѣненія вращенія луны.** Такъ какъ на поверхности луны мы видимъ всегда однѣ и тѣ же пятна или, другими словами, такъ какъ луна обращена къ намъ всегда одной и той же своей стороной, то она, слѣдовательно, совершаетъ полный оборотъ вокругъ своей оси въ тотъ же промежутокъ времени, въ который она описываетъ полный кругъ вокругъ земли (часть II, § 105). Поэтому мы можемъ принять, что угловая вращательная скорость луны въ точности равна среднему ея движенію вокругъ земли. Но какому среднему движенію? Выше (§ 56) мы видѣли, что ея среднее движеніе съ теченіемъ времени мѣняется: уже болѣе 13000 лѣтъ оно возрастаетъ и будетъ еще возрастать въ теченіе 24000 лѣтъ, а затѣмъ начнетъ постепенно уменьшаться. Поэтому, если бы время обращенія луны вокругъ ея оси было бы постоянной величиной для какого угодно момента, что, напримѣръ, имѣетъ мѣсто для земли, то уже давнымъ давно должно было бы нарушиться равенство временъ обращенія нашего спутника вокругъ земли и вокругъ оси, и уже нѣсколько столѣтій тому назадъ мы имѣли бы возможность наблюдать значитель-

ную часть того полушарія, которое въ настоящее время обращено въ сторону, противоположную землѣ. Но такъ какъ въ дѣйствительности этого нѣтъ, то мы должны допустить, что и вращательное движеніе луны подвержено такимъ же вѣковымъ измѣненіямъ, какъ и ея движеніе вокругъ земли. Но такъ какъ, съ другой стороны, вращательное движеніе всякаго тѣла въ сущности должно быть равномѣрнымъ, то, слѣдовательно, должна существовать особая внѣшняя сила, которая дѣйствуетъ на луну и заставляетъ ее обращать къ землѣ одну и ту же сторону.

Источникомъ такой силы можетъ быть только земля. Примемъ весьма вѣроятную гипотезу о жидкомъ состояніи луны во время ея образованія; очевидно, что земля сильнѣе всего притягиваетъ къ себѣ тѣ точки луны, которыя находятся къ ней ближе всего, и которыя, слѣдовательно, занимаютъ центръ видимаго диска луны. Вслѣдствіе этого поверхность нашего спутника приняла форму эллипсоида, малая ось котораго есть ось вращенія, а большая направлена къ землѣ (ср. часть II, § 109). Далѣе, крайне невѣроятно, чтобы начальный толчокъ, сообщившій лунѣ ея движеніе (§ 20), былъ какъ-разъ такой силы и такого направленія, что вращательное и поступательное движенія луны оказались совершенно одинаковыми. Но если предположить, что большая ось луннаго сфероида была первоначально обращена къ землѣ, то этого уже вполнѣ достаточно для объясненія равенства обоихъ движеній, если только вначалѣ эти движенія не очень сильно разнились другъ отъ друга. Дѣйствительно, если бы въ нѣкоторый моментъ большая ось луны стремилась удалиться отъ направленія на центръ земли, то притяженіе земли снова привело бы ее въ первоначальное положеніе, совершенно подобно тому, какъ это мы наблюдаемъ при движеніи маятника: какъ только онъ отклонится отъ вертикальной линіи, сила тяжести снова стремится привести его въ вертикальное положеніе. Такимъ образомъ, притяженіе земли обусловливаетъ не кажущуюся только (часть II, § 116), но дѣйствительную либрацію луны, которая, однако, настолько незначительна, что ее до сихъ поръ мы не могли обнаружить непосредственными наблюденіями. Сжатіе луны у полюсовъ тоже настолько мало, что его мы не можемъ замѣтить даже въ самые сильные телескопы; поэтому безъ ощутительной ошибки мы можемъ считать нашу луну шарообразной. Но по теоріи малая ось луннаго сфероида должна быть равна 0,9989, если за единицу длины принять большую ось, направленную къ центру земли; такимъ образомъ, сжатіе луны достигаетъ лишь одной тысячной части этой оси.

§ 59. **Видимыя либраціи луны.** Въ предыдущемъ параграфѣ было сказано, что время оборота луны вокругъ ея оси должно постоянно въ точности равняться времени ея обращенія вокругъ земли, потому что въ противномъ случаѣ даже самая незначительная разность суммировалась бы съ теченіемъ времени, и передъ нами постепенно должна была бы открываться и другая сторона, которой, однако, до сихъ поръ не видѣлъ ни одинъ человѣческій глазъ. Но при описаніи лунныхъ картъ мы уже говорили, что при внимательномъ наблюденіи можно замѣтить, какъ пятна, лежащія близъ самаго края луны, иногда переходятъ на другую ея сторону и, такимъ образомъ, перестаютъ быть видимыми, но зато на противоположномъ краѣ луннаго диска появляются другія пятна, которыя были невидимы для нашего глаза, такъ какъ они лежатъ на полушаріи луны, обращенномъ въ сторону, противоположную землѣ. Однако, нетрудно убѣдиться, что мы имѣемъ дѣло лишь съ кажущимися колебаніями луны, зависящими отъ неравномѣрности движенія луны вокругъ земли и отъ нашего положенія относительно этого небеснаго тѣла. Вслѣдствіе эллиптичности лунной орбиты и вслѣдствіе тѣхъ возмущеній, которыя луна испытываетъ отъ солнца (§ 47), она движется то съ бо́льшей, то съ меньшей скоростью и, благодаря этому, мы, находясь въ фокусѣ лунной орбиты, можемъ наблюдать незначительную часть скрытаго отъ насъ полушарія луны то съ западной, то съ восточной стороны луннаго диска. Кромѣ того, такъ какъ ось вращенія луны не перпендикулярна къ плоскости ея орбиты,

но составляетъ съ ней уголъ въ 83°, то въ томъ случаѣ когда луна достигаетъ наивысшей точки своей орбиты, мы на сѣверной сторонѣ видимъ нѣсколько меньше подробностей, а на южной нѣсколько больше, чѣмъ тогда, когда луна занимаетъ самую низшую точку своей орбиты. Наконецъ, та точка луннаго края, которая при восходѣ луны лежитъ выше другихъ, при закатѣ занимаетъ наиболѣе низкое положеніе; поэтому наблюдатель, находящійся на земной поверхности, увидитъ на внѣшнемъ краѣ луны нѣкоторыя другія пятна, чѣмъ его антиподъ. Всѣ эти, вообще незначительныя измѣненія, которыя, какъ извѣстно, называются кажущимися либраціями луны, зависятъ исключительно отъ положенія наблюдателя относительно нашего спутника, и, слѣдовательно, ихъ можно разсматривать какъ чисто оптическое явленіе, не имѣющее непосредственной связи съ луннымъ движеніемъ. Первая изъ этихъ либрацій, а именно либрація по долготѣ, достигаетъ 8°; либрація по широтѣ составляетъ 6,8°, и, наконецъ, третья либрація, зависящая отъ параллакса, не превосходитъ 1°.

§ 60. **Вѣковыя возмущенія планетъ.** Выше было уже упомянуто, что современный математическій анализъ безсиленъ для точнаго рѣшенія задачи о возмущенномъ движеніи планетъ и что мы должны поэтому довольствоваться ея приближеннымъ рѣшеніемъ, полученіе котораго въ значительной степени облегчается благодаря нѣкоторымъ счастливымъ особенностямъ въ устройствѣ нашей солнечной системы. Несмотря на это, задача все же остается весьма трудной и сложной, и со времени Ньютона служила предметомъ изслѣдованія для самыхъ выдающихся математиковъ. При этомъ обыкновенно представляютъ себѣ фиктивную планету, которая, согласно съ законами Кеплера, описываетъ вокругъ солнца эллипсъ, но элементы этого эллипса принимаютъ непрерывно измѣняющимися подъ вліяніемъ вѣковыхъ возмущеній; истинная же планета движется около воображаемой по змѣеобразной кривой, видъ которой зависитъ отъ періодическихъ возмущеній. Съ цѣлью настоящаго сочиненія совершенно не согласовалось бы подробное изложеніе относящихся сюда вычисленій и изысканій; поэтому мы только на частномъ примѣрѣ познакомимъ читателей съ тѣми измѣненіями, которыя происходятъ въ планетныхъ орбитахъ подъ вліяніемъ вѣковыхъ возмущеній. Выберемъ для этой цѣли орбиту земли и приведемъ въ нижеслѣдующей таблицѣ элементы земной орбиты для различныхъ эпохъ приблизительно на 100000 лѣтъ въ ту и другую сторону отъ Р. Хр. Эти элементы мы даемъ на основаніи вычисленій Леверье, причемъ необходимо замѣтить, что полученные имъ результаты очень хорошо согласуются съ результатами, выведенными Фарландомъ по новѣйшимъ формуламъ Стоквеля.

Эпоха.	Эксцентрис.	Долгота перигелія.	Наклонность земной орбиты къ эклиптикѣ 1880 г.	Долгота восходящаго узла.
До Р. Хр. . . . 98200	0,0473	316°18′	3°45′31″	96°34′
» » 88200	0,0452	340 2	2 42 19	76 17
» » 78200	0,0398	4 13	1 18 58	73 47
» » 68200	0,0316	27 22	1 13 58	136 8
» » 58200	0,0218	46 8	2 36 42	136 29
» » 48200	0,0131	50 44	3 40 11	116 9
» » 38200	0,0109	28 36	4 3 1	91 59
» » 28200	0,0151	25 50	3 41 51	66 49
» » 18200	0,0188	44 0	2 44 12	41 34
» » 8200	0,0195	69 47	1 24 35	16 39
по Р. Хр. 1800	0,0168	99 30	0 0 0	0 0
» » 11800	0,0115	134 14	1 14 26	148 15

Эпоха.	Эксцентрис.	Долгота перигелія.	Наклонность земной орбиты къ эклиптикѣ 1880 г.	Долгота восходящаго узла.
по Р. Хр. 21800	0,0047	192°22′	2° 7′46″	124° 29′
» » 31800	0,0059	318 47	2 33 19	100 29
» » 41800	0,0124	6 25	2 27 53	75 31
» » 51800	0,0173	38 3	1 51 54	48 13
» » 61800	0,0199	64 31	1 51 52	10 47
» » 71800	0,0211	86 14	1 34 35	220 38
» » 81800	0,0188	101 38	1 45 40	170 15
» » 91800	0,0176	109 19	2 40 56	139 3
» » 101800	0,0189	114 5	3 2 57	109 57

Въ этой таблицѣ за основную плоскость для наклонности и долготы узла принята плоскость земной орбиты для начала девятнадцатаго столѣтія.

Изъ этой таблицы видно, что 100000 лѣтъ тому назадъ эксцентриситетъ земной орбиты былъ приблизительно въ 3 раза больше, чѣмъ теперь; черезъ 20000 или 30000 лѣтъ его величина уменьшится приблизительно въ 4 раза сравнительно съ настоящей его величиной, а черезъ 100000 лѣтъ онъ будетъ опять почти такимъ же, какъ и теперь. Тамъ, гдѣ теперь находится перигелій, 120000 лѣтъ назадъ былъ афелій; черезъ 27000 лѣтъ это положеніе снова будетъ занимать афелій, а черезъ 80000 лѣтъ въ эту точку опять придетъ перигелій и т. д.

Совершенно подобнымъ же измѣненіямъ подвержены элементы и остальныхъ планетъ. Такъ, напримѣръ, эксцентриситетъ орбиты Юпитера мѣняется въ предѣлахъ отъ 0,060 до 0,026, а эксцентриситетъ орбиты Сатурна—въ предѣлахъ отъ 0,024 до 0,013; періодъ этихъ измѣненій въ обоихъ случаяхъ одинъ и тотъ же и равенъ 70000 лѣтъ. Эти эксцентриситеты измѣняются такимъ образомъ, что когда одинъ изъ нихъ имѣетъ наибольшую величину, другой достигаетъ своей наименьшей величины, и когда одинъ изъ нихъ возрастаетъ, другой убываетъ; эксцентриситетъ орбиты Юпитера достигалъ наименьшей своей величины около 16000 года до Р. Хр. Восходящіе узлы названныхъ орбитъ также съ теченіемъ времени перемѣщаются; для Юпитера положеніе этого узла колеблется въ предѣлахъ между 90° и 117°, а для Сатурна между 72° и 136°; среднее положеніе обоихъ узловъ соотвѣтствуетъ долготѣ въ 104°. Подобнымъ же образомъ наклонность орбиты Юпитера заключается въ предѣлахъ между 1° 17′ и 2° 3′, а наклонность орбиты Сатурна можетъ мѣняться только отъ 0° 47′ до 2° 33. Періодъ, въ теченіе котораго эти наклонности доходятъ отъ наименьшей своей величины до наибольшей, охватываетъ круглымъ числомъ 25000 лѣтъ.

Въ заключеніе этого параграфа необходимо замѣтить, что вѣковыя возмущенія планетъ, какъ и вѣковыя возмущенія луны, могутъ быть со всею необходимою точностью опредѣлены лишь впослѣдствіи нашими, можетъ-быть, еще очень отдаленными потомками, и они же, по всей вѣроятности, будутъ въ состояніи сдѣлать весьма точные подсчеты касательно тѣхъ измѣненій, которымъ наша солнечная система подверглась много тысячъ лѣтъ тому назадъ или которымъ она подвергнется въ далекомъ будущемъ.

§ 61. **Измѣненіе длины тропическаго года.** Если нанести на глобусъ двѣ взаимно пересѣкающіяся планетныя орбиты, то сразу станетъ ясно, что вслѣдствіе возмущеній уголъ между ними долженъ постоянно уменьшаться. Но плоскости, заключающія въ себѣ орбиты, описываемыя планетами вокругъ солнца, обладаютъ устойчивостью подобною той, которая присуща осямъ вращенія планетъ; поэтому взаимное приближеніе двухъ орбитъ совершенно подобно тому, какъ и при предваренiи равноденствій (ср. § 20), преобразовывается во вращательное движеніе орбиты возмущаемой планеты по орбитѣ возмущающей въ напра-

вленіи, обратномъ движенію возмущаемой планеты. Такъ какъ всѣ планеты движутся вокругъ солнца съ запада на востокъ, то узлы обѣихъ орбитъ перемѣщаются съ востока на западъ; другими словами, вслѣдствіе взаимныхъ возмущеній двухъ планетъ узлы орбиты возмущаемой планеты совершаютъ по орбитѣ возмущающей планеты обратное движеніе, тогда какъ взаимная наклонность обѣихъ орбитъ вообще остается постоянной, если не считать незначительныхъ періодическихъ колебаній.

Все вышесказанное справедливо до тѣхъ поръ, пока дѣло идетъ о взаимномъ положеніи двухъ планетныхъ орбитъ. Но дѣло становится гораздо сложнѣе, если мы, какъ это обыкновенно дѣлается въ астрономіи, будемъ относить положеніе обѣихъ планетъ къ нѣкоторой третьей плоскости, напримѣръ, къ плоскости эклиптики, такъ какъ въ этомъ случаѣ узлы орбиты возмущенной планеты при извѣстныхъ обстоятельствахъ въ теченіе нѣкотораго болѣе или менѣе продолжительнаго времени могутъ перемѣщаться и прямымъ движеніемъ, а наклонность въ теченіе болѣе или менѣе длиннаго промежутка можетъ или постоянно увеличиваться, или постоянно уменьшаться. Къ этому присоединяется еще то обстоятельство, что плоскость эклиптики сама не остается неподвижной, но какъ плоскость земной орбиты мѣняетъ свое положеніе подъ вліяніемъ возмущающаго дѣйствія остальныхъ планетъ. Астрономическія вычисленія показываютъ, что вслѣдствіе возмущеній, оказываемыхъ на землю остальными планетами, плоскость эклиптики приближается къ плоскости экватора на 48,37″ въ сто лѣтъ, а линія пересѣченія этихъ плоскостей, т.-е. линія, соединяющая точки весенняго и осенняго равноденствій, перемѣщается прямымъ движеніемъ, т.-е. съ запада на востокъ, на 16,44″ въ столѣтіе. Мы уже раньше (часть I, § 50) видѣли, что, согласно съ наблюденіями, точка весенняго равноденствія перемѣщается обратнымъ движеніемъ, т.-е. съ востока на западъ, на 5021,13″ въ сто лѣтъ; это движеніе обусловливается притяженіемъ солнца и луны на сжатую у полюсовъ землю и называется прецессіей. Но такъ какъ подъ вліяніемъ планетныхъ притяженій равноденственныя точки перемѣщаются прямымъ движеніемъ на 16,44″ въ сто лѣтъ, то, слѣдовательно, при дѣйствіи только солнца и луны онѣ перемѣщались бы на 5037,57″, другими словами, наблюдаемое движеніе точки весенняго равноденствія, равное 50,2113″ въ годъ, состоитъ изъ двухъ частей: дѣйствіе солнца и луны на сжатую у полюсовъ землю вызываетъ обратное движеніе, равное 50,3757″ въ годъ, отъ планетныхъ же возмущеній равноденственныя точки перемѣщаются прямымъ движеніемъ на 0,1644″. Первая изъ этихъ величинъ остается постоянной для всѣхъ временъ, такъ какъ среднія разстоянія солнца и луны отъ земли и сжатіе земли не мѣняются съ теченіемъ времени. Вторая же величина зависитъ отъ распредѣленія и положенія планетныхъ орбитъ относительно орбиты земли и, слѣдовательно, съ теченіемъ времени измѣняется.

Это обстоятельство имѣетъ большое вліяніе на продолжительность года, а, слѣдовательно, и на все наше времясчисленіе. Продолжительность истиннаго года, т.-е. продолжительность сидерическаго оборота земли вокругъ солнца (часть I, § 84), совершенно такъ же, какъ продолжительность сидерическихъ оборотовъ всѣхъ остальныхъ планетъ, является величиной вполнѣ постоянной; но тропическій годъ (часть I, § 85), т.-е. время оборота земли относительно точки весенняго равноденствія, короче звѣзднаго года на тотъ промежутокъ времени, который употребляетъ земля для того, чтобы пройти дугу, описываемую въ теченіе года точкой весенняго равноденствія вслѣдствіе прецессіи. Но эта дуга состоитъ, какъ мы только-что видѣли, изъ двухъ частей, изъ которыхъ одна, правда незначительная, мѣняется съ теченіемъ времени. Поэтому время, которое употребляетъ земля, чтобы пройти эту дугу, а, слѣдовательно, и тропическій годъ суть величины перемѣнныя.

Въ настоящее время, напримѣръ, перемѣнный членъ прецессіи, обусловливаемый притяженіемъ планетъ, равенъ 0,1644″ Такъ какъ земля проходитъ въ одинъ день 0°59′ 8,33″, то вышеуказанную дугу она опишетъ въ 4 секунды; поэтому нашъ теперешній

годъ, равный 364,24220 днямъ, на 4 сек. длиннѣе средняго тропическаго года. Со временъ Гиппарха (140 г. до Р. Хр.) до нашихъ дней тропическій годъ, который лежитъ въ основѣ всего нашего времясчисленія и по которому составлены календари и распредѣляются времена года, сталъ короче на 14 секундъ.

§ 62. **Вліяніе возмущеній на времена года.** Ближайшія слѣдствія, которыя влечетъ за собою движеніе линіи апсидъ были разсмотрѣны выше (часть I, § 92). Здѣсь мы укажемъ еще, что положеніе большой оси планетной орбиты, по крайней мѣрѣ, въ томъ случаѣ, когда эксцентриситетъ орбиты незначителенъ, не оказываетъ сколько-нибудь замѣтнаго вліянія ни на другія планеты, ни на ту, которая движется по этой орбитѣ и, вообще говоря, совершенно безразлично, въ какую точку неба большая ось направлена; иначе говоря, то обстоятельство, что линія апсидъ при своемъ движеніи съ теченіемъ времени проходитъ черезъ всѣ точки окружности, не имѣетъ особеннаго значенія.

Совсѣмъ иначе дѣло обстоитъ относительно эксцентриситетовъ эллиптическихъ орбитъ, такъ какъ отъ эксцентриситетовъ зависитъ средняя температура на поверхности планетъ, и ими же обусловливаются контрасты временъ года. Для земли, напримѣръ, измѣненіе ея разстоянія отъ солнца можетъ доходить до $^1/_{30}$ ея средняго разстоянія, зависящее же отъ этого измѣненіе нагрѣвающей силы солнца при переходѣ отъ зимы къ лѣту или наоборотъ должно быть въ два раза больше и, слѣдовательно, можетъ доходить до $^1/_{15}$ всего количества теплоты, получаемаго землей отъ солнца въ нѣкоторый моментъ. Поэтому, если бы эксцентриситетъ земной орбиты могъ увеличиться въ нѣсколько разъ, то вмѣстѣ съ тѣмъ увеличилась бы и разность между наибольшей и наименьшей температурами года, что могло бы, въ концѣ концовъ, вредно отозваться на растеніяхъ и животныхъ. Въ настоящее время измѣненіе годовой температуры зависитъ почти исключительно отъ наклонности земной оси къ плоскости эклиптики, а не отъ разстоянія земли отъ солнца, которое зимой бываетъ къ намъ даже ближе, чѣмъ лѣтомъ. Но если бы эксцентриситетъ земной орбиты увеличился настолько, что солнце могло бы въ одно время года быть вдвое или втрое дальше отъ земли, чѣмъ въ другое, то подобное измѣненіе солнечнаго разстоянія оказало бы сильное вліяніе на нашу температуру. Кромѣ того, вслѣдствіе движенія перигелія время кратчайшаго разстоянія солнца отъ земли, или, что то же, время наивысшей температуры, падало бы поочередно на каждый мѣсяцъ года, и тогда два главныхъ условія, отъ которыхъ зависитъ земная температура, а именно наклонное положеніе земной оси и измѣненіе разстоянія отъ солнца до земли, иногда могли бы имѣть прямо противоположное вліяніе и, такимъ образомъ, взаимно уничтожаться, въ другое же время, наоборотъ, они взаимно усиливались бы, что могло бы сдѣлать лѣтній зной и зимній холодъ совершенно невыносимыми для живыхъ существъ. Но въ дѣйствительности этого не можетъ случиться, и анализъ, какъ уже было сказано выше, показываетъ намъ, что эксцентриситеты и наклонности всѣхъ планетныхъ орбитъ мѣняются лишь въ очень тѣсныхъ предѣлахъ, которыхъ они никогда не могутъ перейти. Поэтому, согласно съ изслѣдованіями Скіапарелли, одними измѣненіями эксцентриситета земной орбиты совершенно нельзя объяснить тѣхъ весьма значительныхъ колебаній температуры на земномъ шарѣ, о которыхъ свидѣтельствуетъ намъ палеонтологія, хотя эти измѣненія могутъ быть причиной того, что, напр., для Милана, въ теченіе тысячелѣтій разность между средними суточными температурами во время лѣтняго и зимняго солнцестоянія можетъ въ извѣстную эпоху возрасти до 34° по Цельзію, а въ нѣкоторую другую эпоху уменьшиться до 21°, тогда какъ въ настоящее время эта разность составляетъ 25°.

§ 63. **Вѣковыя возмущенія какъ средство для опредѣленія массъ.** Въ § 58 второй части этой книги былъ указанъ способъ опредѣленія массъ планетъ, имѣющихъ спутниковъ. Далѣе, въ § 76 той же части мы упоминали, что, кромѣ того, массы планетъ могутъ быть опредѣлены на основаніи тѣхъ возмущеній, которыя планеты оказываютъ

другъ на друга, а также на кометы. По закону всемірнаго тяготѣнія (§ 21), притяженіе всякаго тѣла прямо пропорціонально его массѣ и обратно пропорціонально квадрату разстоянія между нимъ и притягиваемымъ тѣломъ. Отсюда слѣдуетъ, что такая притягательная сила можетъ значительно мѣняться съ измѣненіемъ внѣшнихъ обстоятельствъ, но при этомъ величина притяженія всегда зависитъ отъ массы притягивающаго тѣла; это значитъ, что аналитическое выраженіе всякаго возмущенія, оказываемаго одной планетой на другую, постоянно содержитъ множителемъ массу возмущающей планеты. Допустимъ теперь, что по истеченіи нѣкотораго времени намъ удалось точно опредѣлить изъ непосредственныхъ наблюденій величину этого возмущенія; тогда, приравнявъ эту числовую величину къ ея аналитическому выраженію, получимъ уравненіе, гдѣ единственнымъ неизвѣстнымъ будетъ масса планеты, легко, такимъ образомъ, опредѣляемая. Этимъ пріемомъ можно съ успѣхомъ пользоваться и въ томъ случаѣ, когда мы имѣемъ дѣло не съ вѣковыми возмущеніями, а съ періодическими, если только послѣднія достигаютъ настолько значительной величины, что ихъ можно точно опредѣлить изъ наблюденій. Этотъ способъ былъ примѣненъ въ послѣднее время къ опредѣленію массы Юпитера по тѣмъ возмущеніямъ, которыя эта планета оказываетъ на нѣкоторые астероиды, очень близко подходящіе къ ней, и точность полученныхъ результатовъ нисколько не уступаетъ точности опредѣленія массы этой планеты изъ наблюденій ея спутниковъ.

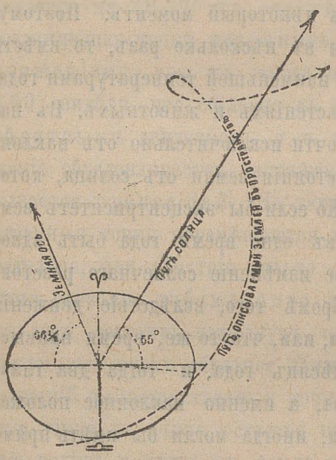


Рис. 268.

* § 63, а. **Движеніе земли въ пространствѣ.** Вслѣдствіе возмущеній, оказываемыхъ планетами другъ на друга, ихъ движеніе вокругъ солнца происходитъ по весьма сложнымъ кривымъ. Но если мы вспомнимъ, что и само солнце не остается неподвижнымъ въ пространствѣ, а несется съ огромною скоростью въ настоящее время приблизительно по направленію къ созвѣздію Геркулеса (часть II, § 184), то намъ станетъ вполнѣ понятно, что это быстрое движеніе солнца, въ которомъ, конечно, принимаютъ участіе также и всѣ планеты, должно преобразовывать описываемыя ими, и безъ того сложныя, орбиты въ еще болѣе запутанныя винтообразныя кривыя. Для бо́льшей наглядности на рис. 268 изображенъ путь, описываемый нашей землей въ пространствѣ, причемъ для простоты вовсе не приняты во вниманіе возмущенія. *

ГЛАВА VII.

Происхожденіе и продолжительность существованія вселенной.

§ 64. **Старѣйшія космогоническія гипотезы.** Земля, на которой мы живемъ и вся солнечная система, со всѣхъ сторонъ насъ окружающая, безъ сомнѣнія, не всегда были въ томъ состояніи, въ какомъ мы ихъ видимъ теперь. Какъ все, что мы замѣчаемъ въ себѣ и вокругъ себя, совершенствуется постепенно, пока не достигнетъ высшей степени своего развитія, а затѣмъ начинаетъ мало-по-малу приходить въ упадокъ и доходитъ, наконецъ, до видимаго уничтоженія, которое на самомъ дѣлѣ есть только полное преобразованіе сущности даннаго предмета, такъ и теперешнее состояніе нашей системы есть только одно изъ многихъ преобразованій, которыя она должна претерпѣть, чтобы достигнуть цѣли, предназначенной ей природой.

Мы не можемъ задаться цѣлью прослѣдить всѣ какъ совершившіяся, такъ и будущія метаморфозы, такъ какъ даже ближайшія изъ нихъ настолько далеки отъ насъ, что

предпріятіе такого рода кажется не только дерзкимъ, но и совершенно невозможнымъ для человѣческаго разума. Несмотря на это, мы не въ силахъ отказаться отъ желанія, отрѣшившись отъ самихъ себя и отъ всего окружающаго, бросить хоть нѣсколько взглядовъ назадъ въ непроглядную тьму и поискать тамъ какихъ-нибудь свѣтлыхъ точекъ, которыя, можетъ-быть, помогли бы намъ нѣсколько ближе узнать наше собственное родословное дерево и родословное дерево того великаго дома, къ которому мы принадлежимъ, и если не дойти до корней его, то все-таки узнать хоть болѣе близкія къ нимъ части. Это желаніе породило безчисленное множество гипотезъ о происхожденіи земли и вообще всей вселенной; приведемъ здѣсь, хотя бы ради любопытства, нѣкоторыя изъ старѣйшихъ гипотезъ.

Лейбницъ высказывалъ взглядъ, что всѣ планеты и кометы, не исключая и нашей земли, когда-то были солнцами, которыя съ теченіемъ времени, состарѣвшись, потеряли свою юношескую силу, а вмѣстѣ съ ней и способность къ самосвѣченію.

По мнѣнію Уистона земля сначала была кометой, но въ тѣ далекія времена она не обладала вращеніемъ вокругъ оси, отчего на ней не было и живыхъ существъ, и она была мертвой глыбой, движущейся вокругъ солнца. Черезъ много милліоновъ лѣтъ она столкнулась случайно съ другой кометой и послѣ того начала вращаться вокругъ оси. Вслѣдствіе этого на землѣ установилась смѣна дня и ночи, что вызвало появленіе на ея поверхности растеній и животныхъ. Тогда насталъ на землѣ рай, и такое состояніе продолжалось нѣсколько тысячелѣтій; время это нашъ ученый расписываетъ не менѣе яркими красками, чѣмъ наступившій затѣмъ періодъ всеобщаго упадка нравовъ, который, наконецъ, усилился до того, что понадобилась новая комета, чтобы утопить въ своей водѣ весь нечестивый родъ человѣческій. Въ тѣ времена, какъ намъ всѣмъ хорошо извѣстно, нечестивцы погибли, и теперь въ скоромъ времени нужно ожидать четвертую и послѣднюю комету, которая по Уистону, не сообщитъ землѣ такого толчка, какъ вторая, не будетъ водяниста, какъ третья, а напротивъ того, будетъ огненной и превратитъ въ золу и пепелъ бѣдную землю со всѣмъ, что на ней находится. Когда появилось сочиненіе Уистона, въ которомъ онъ все это описывалъ, ему удивлялись, какъ одному изъ высшихъ произведеній человѣческаго ума; его съ жадностью читали старый и малый; рѣдкому роману выпадаетъ на долю такой успѣхъ.

Картезій предполагалъ, что искони существовавшая неподвижная хаотическая матерія разорвалась въ куски, которые сейчасъ же пришли во вращательное движеніе, и благодаря этому вращенію образовались солнце, луна и планеты. Лазарь Моро, послѣ появленія въ 1538 году близъ Неаполя Monte nuovo, написалъ новую исторію мірозданія, гдѣ главную роль приписывалъ центральному огню. Палласъ, наоборотъ, думалъ, что міръ возникъ безъ помощи огня изъ водъ древняго моря. Мартинъ фонъ-Бибершгейнъ считалъ планеты и ихъ спутниковъ простыми конгломератами метеорныхъ камней, т.-е. приписывалъ имъ то же происхожденіе, какъ и падающимъ звѣздамъ, взглядъ, который неоднократно высказывался и въ новѣйшее время, напр.: Зильбершлагомъ, Шейхцеромъ, Вреде, Ламаркомъ, Хуттономъ и др.

Бюфонъ, Плиній нашихъ дней, тоже пробовалъ свои силы на этомъ интересномъ предметѣ. По его мнѣнію, вначалѣ существовало только солнце и безчисленное множество кометъ, носившихся вокругъ него по всѣмъ направленіямъ. Нѣкоторыя изъ этихъ кометъ со временемъ подходили къ солнцу ближе, чѣмъ, можетъ-быть, самимъ имъ хотѣлось, и тогда случалось одно изъ двухъ: или комета встрѣчала солнце по направленію, почти перпендикулярному къ поверхности послѣдняго, и тогда оставалась на солнцѣ, увеличивая его массу и возмѣщая ту потерю, которую солнце несло благодаря постоянному испусканію свѣта, или же комета встрѣчалась съ солнцемъ по косвенному направленію, только слегка задѣвала его поверхность и отрывала отъ него кусокъ бо́льшихъ или меньшихъ размѣровъ. Этотъ кусокъ жидкаго, по мнѣнію Бюффона, солнца комета увлекала

за собой въ видѣ ручья или жидкаго хвоста; этотъ потокъ раздѣлялся на нѣсколько шаровъ различной величины, и такіе шары начинали двигаться вокругъ солнца съ различной скоростью, зависящей отъ того разстоянія, на которомъ они образовывались, и въ то же время пріобрѣтали вращеніе вокругъ собственной оси. Такимъ образомъ явились планеты, а затѣмъ уже изъ нихъ совершенно такъ же образовались ихъ спутники.

Такъ какъ во времена Бюффона гипотеза Уистона была уже забыта, то эта новая теорія великаго французскаго естествоиспытателя долго считалась наилучшею и даже единственно достовѣрною. Этому способствовали не только блестящій слогъ, которымъ Бюффонъ изложилъ свой вымыселъ, но также и смѣлая увѣренность, съ которой онъ изслѣдовалъ предметъ до мельчайшихъ подробностей и представилъ свои мечты какъ результатъ вычисленій.

Совершенно особенное представленіе объ этомъ предметѣ имѣлъ Франклинъ. Чтобы лучше понять его идею, вспомнимъ вышеизложенный законъ Маріотта-Гей-Люссака (часть I, § 104). Законъ этотъ говоритъ, что если мы будемъ сжимать нашъ атмосферный воздухъ, то плотность его будетъ увеличиваться пропорціонально давленію, на него оказывасмому, такъ что подъ двойнымъ или тройнымъ давленіемъ воздухъ дѣлается вдвое или втрое плотнѣе. Такъ какъ Франклинъ считалъ воздухъ совершеннымъ газомъ, т.-е. такимъ, который ни подъ какимъ давленіемъ не обращается въ жидкость, то онъ думалъ, что можно, наконецъ, сжать воздухъ до такой степени, что въ немъ будетъ плавать даже золото. Представимъ себѣ теперь пещеру, открытую сверху и идущую отвѣсно внутрь земли и предположимъ, что законъ Маріотта справедливъ для всякаго давленія и для всякой плотности воздуха; тогда воздухъ въ различныхъ частяхъ этой пещеры будетъ тѣмъ плотнѣе, чѣмъ глубже онъ лежитъ, и на глубинѣ 50 километровъ подъ поверхностью земли въ немъ будетъ уже плавать вода, на глубинѣ 80—олово, 85—серебро и 90—золото.

Далѣе, Франклинъ исходитъ изъ мысли, что катастрофы, которыя мы видимъ на землѣ, гораздо значительнѣе, чѣмъ они должны были бы быть, если бы вся земля въ настоящее время представляла сплошную твердую массу. Поэтому онъ думаетъ, что внутри земли находится воздухъ и этотъ послѣдній плотнѣе всѣхъ твердыхъ тѣлъ, которыя мы знаемъ на землѣ, такъ что они плаваютъ въ немъ. Въ этомъ воздухѣ покоятся всѣ тѣла, которыя попадаютъ въ него или образуются изъ него самого и его составныхъ частей, причемъ каждое изъ такихъ тѣлъ располагается на нѣкоторомъ опредѣленномъ разстояніи отъ центра земли; если много такихъ тѣлъ соберется на одинаковомъ разстояніи отъ центра, то они образуютъ родъ твердой коры, какъ бы шаровую оболочку, окружающую внутренній, еще болѣе плотный воздухъ.

Предположимъ вмѣстѣ съ Франклиномъ, что вся матерія вначалѣ была разсѣяна въ міровомъ пространствѣ въ видѣ газа, между отдѣльными частицами котораго существовало притяженіе; подъ вліяніемъ этого притяженія частицы матеріи приближались къ нѣкоторому центру и по мѣрѣ того, какъ онѣ скоплялись, матерія все уплотнялась. Такимъ образомъ могъ образоваться упомянутый воздушный шаръ, въ которомъ расположились всѣ остальныя тѣла. Многія изъ этихъ тѣлъ, которыя вначалѣ при паденіи погружались слишкомъ глубоко, потомъ снова поднимались, примыкали къ другимъ, и образовали, наконецъ, кору—земную поверхность, на которой мы живемъ и которая занимаетъ теперь такое положеніе относительно всего воздушнаго шара, что надъ нею остался только небольшой слой воздуха—наша теперешняя атмосфера. Химическіе процессы: образованіе газовъ, взрывы паровъ, происходящіе подъ этой корой въ столь сильно сжатомъ воздухѣ, прорываютъ ее въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, чѣмъ объясняются нептуническіе и вулканическіе перевороты, которые, повидимому, много разъ случались на землѣ; если же такіе взрывы не могутъ прорвать кору, то во всякомъ случаѣ, они возбуждаютъ воздушныя волны, распространяющіяся на тысячи миль и ощущаемыя нами въ видѣ землетрясеній.

§ 65. **Особенности устройства планетной системы.** Разсмотрѣвъ старѣйшія космогоническія гипотезы, посмотримъ, что даетъ намъ въ этой области современная наука.

Хотя планеты, составляющія солнечную систему, повидимому, совершенно независимы другъ отъ друга, но, тѣмъ не менѣе, существуютъ нѣкоторыя особенности, присущія всѣмъ имъ безъ исключенія, а потому заслуживающія особеннаго вниманія. Такъ, напримѣръ, мы съ удивленіемъ замѣчаемъ, что всѣ планеты движутся вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, съ запада на востокъ, и, вообще говоря, въ томъ же направленіи движутся вокругъ планетъ и ихъ спутники. Затѣмъ, вращеніе вокругъ осей у всѣхъ планетъ, для которыхъ мы имѣли возможность его наблюдать, происходитъ въ томъ же направленіи съ запада на востокъ; такъ вращаются 6 планетъ, само солнце и луна. Такимъ образомъ, нѣсколько сотъ движеній направлены въ одну сторону, такъ какъ кромѣ вышеупомянутыхъ тѣлъ въ томъ же направленіи обращаются вокругъ солнца многочисленные астероиды.

Другое, не менѣе замѣчательное свойство солнечной системы—это незначительность эксцентриситетовъ 8 большихъ планетъ и большинства астероидовъ; для нѣкоторыхъ астероидовъ эксцентриситеты, правда, достигаютъ довольно значительной величины, но все же они несравненно меньше, чѣмъ эксцентриситеты кометныхъ орбитъ. Вообще планеты сильно отличаются отъ кометъ двумя только-что указанными свойствами. Какъ уже сказано выше, мы не знаемъ ни одной планеты, движеніе которой не происходило бы съ запада на востокъ, между тѣмъ какъ многія кометы движутся съ востока на западъ.

Наконецъ, то же самое мы можемъ сказать и относительно наклонностей планетныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики. Эти наклонности для всѣхъ большихъ планетъ чрезвычайно малы, для большинства астероидовъ онѣ также очень незначительны, между тѣмъ какъ для кометъ, наоборотъ, онѣ принимаютъ всѣ возможныя значенія.

Очевидно, что эти явленія совершенно другого рода, чѣмъ тѣ, которыя мы до сихъ поръ разсматривали. Движеніе планетъ по ихъ орбитамъ, даже такъ называемыя возмущенія, которыя онѣ претерпѣваютъ, суть простыя слѣдствія закона всемірнаго тяготѣнія и вполнѣ объясняются этимъ послѣднимъ. Тѣ же три явленія, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, не имѣютъ никакого отношенія къ этому закону, а потому должны имѣть другую причину. Въ самомъ дѣлѣ, ничто не препятствовало бы планетѣ, подчиненной этому закону, двигаться вокругъ солнца не съ запада на востокъ, а въ обратномъ направленіи. Если же всѣ планеты, безъ исключенія, движутся въ одномъ направленіи, то причину этого нужно искать не въ законѣ всемірнаго тяготѣнія, а въ первоначальной организаціи системы, въ томъ устройствѣ, которое она получила во время своего образованія. Направленіе движенія планетъ, наклонности плоскостей ихъ орбитъ и эксцентриситеты этихъ орбитъ могутъ быть для данной системы совершенно произвольными; природа распоряжается ими для достиженія своихъ цѣлей, и нѣкоторыя изъ этихъ цѣлей намъ, можетъ-быть, удастся разгадать.

§ 66. **Гипотеза Канта-Лапласа.** Три вышеупомянутыя особенности, присущія всѣмъ планетамъ, а именно поступательное и вращательное движеніе въ направленіи съ запада на востокъ и незначительность эксцентриситетовъ и наклонностей ихъ орбитъ, послужили Канту и Лапласу для построенія гипотезы о происхожденіи планетной системы, которую мы сейчасъ разсмотримъ подробнѣе.

Какова бы ни была причина этихъ трехъ явленій, она, очевидно, общая для всѣхъ планетъ, а такъ какъ эти послѣднія отдѣлены другъ отъ друга большими разстояніями, то мы должны предположить, что раньше всѣ онѣ составляли одно цѣлое и представляли собою жидкую, вначалѣ, можетъ-быть, даже газообразную массу, занимавшую громадное пространство. Такъ какъ всѣ планеты движутся вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи по орбитамъ, близко подходящимъ къ круговымъ линіямъ, то эта газообразная масса должна была окружать солнце въ видѣ атмосферы. Эта атмосфера, первоначально представляв-

шая, можетъ-быть, только продолженіе самого солнца, благодаря необыкновенно высокой температурѣ, которую она имѣла задолго до образованія солнечной системы, простиралась, вѣроятно, далеко за орбиту Нептуна, но со временемъ, вслѣдствіе охлажденія, сжималась, пока, наконецъ, не дошла до тѣхъ размѣровъ, которые имѣетъ теперь солнце.

Такимъ образомъ, солнце наше было въ то время туманной звѣздой, большимъ свѣтлымъ ядромъ, окруженнымъ шарообразной туманной оболочкой, а еще раньше, можетъ-быть, не было и этого свѣтлаго ядра, а былъ только необыкновенно тонкій хаотическій туманъ, занимавшій огромное пространство.

Когда это свѣтлое ядро, зародышъ будущаго солнца, подъ дѣйствіемъ нѣкоторой силы, которою могло быть притяженіе сосѣднихъ тѣлъ, лежавшихъ внѣ солнечной атмосферы, пріобрѣло вращеніе вокругъ оси, въ этомъ вращеніи приняла мало-по-малу участіе и вся атмосфера солнца. Вслѣдствіе охлажденія верхнихъ частей атмосферы, она раздѣлилась на отдѣльные слои, которые продолжали вращаться около солнца. Если въ этихъ слояхъ попадалась болѣе плотная масса, она мало-по-малу притягивала къ себѣ сосѣднія частицы, принимала форму шара, и такимъ образомъ возникали планеты (рис. 269).

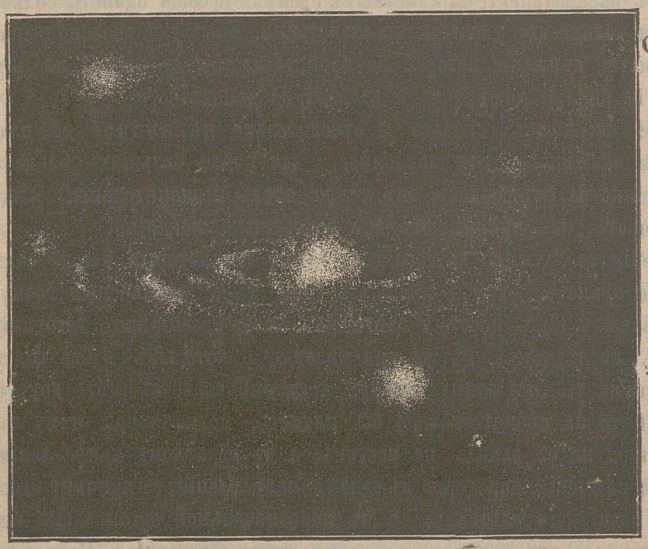


Рис. 269.

Очевидно, что при такомъ происхожденіи этихъ тѣлъ, направленіе ихъ движенія вокругъ солнца должно совпадать съ направленіемъ вращенія самого солнца, и этимъ вполнѣ объясняется общее всѣмъ планетамъ поступательное движеніе съ запада на востокъ.

Затѣмъ, такъ какъ болѣе удаленныя отъ солнца части образовавшихся такимъ способомъ планетъ, вслѣдствіе вращенія всей туманной массы, имѣли большую скорость, чѣмъ части, болѣе близкія къ ядру, то планеты начали вращаться вокругъ своей оси въ томъ же направленіи, въ какомъ происходило ихъ поступательное движеніе, и, такимъ образомъ, весьма просто объясняется и общее направленіе вращательнаго движенія планетъ.

Планеты, образовавшіяся благодаря сгущенію сосѣднихъ частицъ нѣкотораго слоя солнечной атмосферы, вначалѣ, когда ихъ внутренняя температура была еще очень высока, занимали гораздо большее пространство, а затѣмъ, какъ это случилось и съ солнцемъ, постепенно охлаждаясь, приняли форму болѣе плотнаго ядра, окруженнаго туманной оболочкой. Вслѣдствіе охлажденія верхнихъ слоевъ этой планетной атмосферы, образовались спутники, совершенно такъ же, какъ сами планеты образовались изъ солнечной атмосферы.

При отдѣленіи постепенно охлаждавшихся слоевъ отъ остальной, внутренней солнечной атмосферы, масса, изъ которой они состояли, вслѣдствіе вращенія солнца, собиралась вдоль его экватора, и этимъ объясняется, почему наклонности планетныхъ орбитъ къ плоскости солнечнаго экватора вообще не достигаютъ значительной величины.

Если бы внѣшняя шарообразная оболочка солнечной атмосферы, состоящая изъ нѣсколько уже охлажденной, но все еще очень горячей матеріи, совершенно равномѣрно со-

бралась у экватора, не разрываясь на части, и если бы дальнѣйшее сгущеніе массы этого слоя шло совершенно правильно, то вокругъ новаго солнечнаго ядра возникло бы, такимъ образомъ, жидкое кольцо, которое со временемъ уплотнилось бы вслѣдствіе дальнѣйшаго охлажденія. Но необходимая здѣсь правильность дѣлаетъ это явленіе настолько рѣдкимъ, что во всей солнечной системѣ мы встрѣчаемъ только одинъ примѣръ такого кольца, именно у Сатурна. Въ большинствѣ же случаевъ, кольцо вскорѣ послѣ своего образованія раздѣлялось на нѣсколько отдѣльныхъ массъ, изъ которыхъ каждая начинала обращаться вокругъ новой планеты въ видѣ спутника.

Точно также, если бы образованіе планетъ шло вполнѣ правильно, то планеты двигались бы какъ-разъ въ плоскости солнечнаго экватора, а спутники въ плоскости экватора соотвѣтствующей планеты, и орбиты всѣхъ этихъ тѣлъ имѣли бы видъ круговыхъ линій. Однако, малѣйшаго возмущенія достаточно, чтобы измѣнить наклонность и эксцентриситетъ орбитъ; но, повидимому, возмущенія эти никогда не были достаточно велики для того, чтобы тотъ или другой изъ этихъ элементовъ сильно отклонился отъ своего первоначальнаго значенія; поэтому какъ наклонности, такъ и эксцентриситеты орбитъ почти у всѣхъ планетъ лежатъ въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ.

Упомянемъ здѣсь объ одномъ очень интересномъ опытѣ, который впервые былъ произведенъ Плато въ Гентѣ и затѣмъ былъ повторенъ Фарадеемъ, и который даетъ наглядное представленіе объ образованіи нашей системы. Если наполнить стеклянный сосудъ смѣсью воды и спирта и ввести туда небольшое количество оливковаго масла, плотность котораго равна плотности смѣси, то это масло можно разсматривать какъ жидкость, не подверженную силѣ тяжести, и потому она подъ вліяніемъ тѣхъ или другихъ силъ можетъ принимать любую форму. Дѣйствительно, масло, подъ дѣйствіемъ молекулярнаго притяженія, сейчасъ же принимаетъ форму шара. Если черезъ сосудъ проходитъ вертикальная ось, снабженная маленькимъ шарикомъ, центръ котораго совпадаетъ съ центромъ маслянаго шара, то, приводя эту ось въ движеніе, можно заставить масляный шарикъ вращаться. Тогда онъ сейчасъ же сплющивается у полюсовъ и вздувается у экватора, такъ что здѣсь мы въ маленькомъ масштабѣ воспроизводимъ тѣ условія, въ которыя были поставлены планеты. Правда, шарообразная форма является въ этихъ двухъ случаяхъ слѣдствіемъ различныхъ силъ: для маслянаго шарика— слѣдствіемъ силы молекулярнаго сцѣпленія, а для планетъ—слѣдствіемъ силы тяготѣнія, но результаты, какъ мы видимъ, совершенно аналогичны, если не тождественны. Чѣмъ быстрѣе будетъ вращеніе, тѣмъ сильнѣе сплющится шарикъ, и когда скорость вращенія дойдетъ до 2—3 оборотовъ въ секунду, въ масляной массѣ у концовъ оси образуются впадины, между тѣмъ какъ въ горизонтальномъ направленіи она будетъ все больше раздаваться; наконецъ, она отдѣлится отъ шарика и приметъ видъ совершенно правильнаго кольца. Вначалѣ это кольцо еще соединено съ шарикомъ тонкой масляной пленкой, но если задержать шарикъ, она разрывается, и кольцо становится совершенно свободнымъ. Вскорѣ послѣ этого движеніе его прекращается, и оно снова принимаетъ форму шара. Но если послѣ отдѣленія кольца продолжать вращать маленькій шарикъ, то въ смѣси воды и спирта разовьется вращательное движеніе, а вмѣстѣ съ нимъ и центробѣжная сила, которая помѣшаетъ масляному кольцу принять первоначальную форму шара, и кольцо разобьется на нѣсколько отдѣльныхъ массъ, изъ которыхъ каждая сейчасъ же принимаетъ форму шара. Каждая изъ этихъ массъ начинаетъ вращаться вокругъ оси въ томъ же направленіи, въ какомъ двигалось кольцо. Мало того: такъ какъ кольцо въ моментъ своего раздѣленія обладало еще нѣкоторой скоростью, то вновь образовавшіеся шарики стремятся удалиться по касательной; но вращательное движеніе смѣси захватываетъ ихъ и заставляетъ нѣкоторое время кружиться вокругъ вращающагося шарика; такимъ образомъ, они, подобно планетамъ, вращаются вокругъ осей и обращаются вокругъ центральнаго тѣла.

Мы видимъ, что въ этой гипотезѣ о происхожденіи солнечной системы ни слова не говорится о кометахъ, которыя Лапласъ считалъ не коренными членами нашей системы, а иностранцами, случайно проникающими въ нее и затѣмъ снова возвращающимися въ безпредѣльное пространство, изъ котораго они явились. Въ другомъ мѣстѣ (часть II, § 171), мы уже подробно разсмотрѣли тѣ измѣненія, которымъ подвергся этотъ взглядъ, благодаря новѣйшимъ изысканіямъ.

Хотя гипотеза о происхожденіи нашей солнечной системы очень красива и остроумна, все же относиться къ ней съ полнымъ довѣріемъ не слѣдуетъ, какъ и вообще ко всему тому, что не является непосредственнымъ результатомъ строгихъ вычисленій. Прежде всего, здѣсь предполагается, что масса, изъ которой образовалась наша планетная система, была вполнѣ газообразной, и затѣмъ, постепенно охлаждаясь, стала жидкой. Конечно, это очень вѣроятно, и относительно земли на это было нами указано уже въ § 28; точно также въ § 58 мы видѣли, что равенство временъ оборотовъ луны вокругъ земли и вокругъ оси можетъ быть объяснено только въ томъ случаѣ, если мы допустимъ, что масса ея въ моментъ ея образованія находилась въ жидкомъ состояніи. Далѣе, замѣчательныя соотношенія, существующія между средними долготами и временами оборотовъ спутниковъ Юпитера и Сатурна (часть II, §§ 124 и 129) должны обусловливаться той же самой причиной. Положимъ, что эти соотношенія не выполнялись совершенно строго во время образованія спутниковъ, такъ какъ противное предположеніе было бы въ высшей степени невѣроятнымъ, и допустимъ, что первоначально между долготами и временами обращенія спутниковъ только приблизительно существовали такія соотношенія, какія мы замѣчаемъ теперь; въ такомъ случаѣ, если массы спутниковъ первоначально были жидкими, достаточно было простого притяженія могущественныхъ главныхъ планетъ, чтобы съ помощью удлиненія направленныхъ къ этимъ планетамъ діаметровъ спутниковъ совершенно строго установить и сохранить такія отношенія.

Одно изъ самыхъ серьезныхъ возраженій противъ гипотезы Лапласа основано на томъ обстоятельствѣ, что отношенія плотностей планетъ и солнца плохо съ ней согласуются. Правда, плотности планетъ Меркурія, Венеры, Земли и Марса довольно близки другъ къ другу и гораздо значительнѣе плотностей остальныхъ планетъ, для которыхъ, въ свою очередь, существуетъ извѣстное согласіе; но правильнаго уменьшенія плотностей съ увеличеніемъ разстоянія отъ солнца, котораго слѣдовало бы ожидать по гипотезѣ Лапласа, здѣсь не видно.

Другое возраженіе, которое не разъ высказывали противъ этой гипотезы, гораздо менѣе важно. Оно состоитъ въ томъ, что данная гипотеза не объясняетъ, почему мало-по-малу отдѣлявшіяся отъ солнца части потеряли способность къ самосвѣченію, тогда какъ оставшаяся часть, какъ мы видимъ, до сихъ поръ сохраняетъ эту способность. На это просто можно отвѣтить, что солнце, какъ извѣстно, свѣтитъ благодаря своей высокой температурѣ, которою она обладаетъ еще и теперь, между тѣмъ какъ для планетъ, отличающихся гораздо меньшими размѣрами, процессъ охлажденія, которому подвержены всѣ тѣла нашей системы (§ 30), совершается гораздо быстрѣе.

Надо замѣтить, что Лапласъ совершенно не касается вопроса, какъ произошло само солнце, и ведетъ свои разсужденія только съ того момента, когда начали образовываться планеты. Кантъ, которымъ Германія имѣетъ полное право гордиться, уже около половины восемнадцатаго столѣтія въ своемъ сочиненіи «Всеобщая естественная исторія и теорія неба» помѣстилъ гипотезу о происхожденіи вселенной, гдѣ онъ исходитъ изъ тѣхъ же принциповъ, что и Лапласъ, но не начинаетъ, какъ послѣдній, съ солнца, а разсматриваетъ вопросъ о происхожденіи всѣхъ небесныхъ тѣлъ. Теорія Канта является, такимъ образомъ, замѣчательнымъ дополненіемъ къ гипотезѣ Лапласа, и если въ той части ея, гдѣ говорится о происхожденіи планетъ, она стоитъ позади идей Лапласа, такъ

какъ во времена Канта свѣдѣнія о физическихъ свойствахъ небесныхъ тѣлъ были весьма скудны, то все же обѣ гипотезы сходятся въ такихъ важныхъ пунктахъ, что нельзя не вспомнить Канта, говоря о первой удачной попыткѣ создать космогонію. Такимъ образомъ, пріоритетъ въ этомъ вопросѣ принадлежитъ, безспорно, Канту.

* § 66, а. **Новѣйшія воззрѣнія на происхожденіе небесныхъ тѣлъ.** Противъ гипотезы Лапласа въ ея первоначальномъ видѣ возможны и другія возраженія кромѣ тѣхъ, которыя были указаны въ предыдущемъ параграфѣ. Въ самомъ дѣлѣ, обратныя движенія спутниковъ Урана и Нептуна, равно какъ и вращенія этихъ планетъ съ востока на западъ, совершенно не согласуются съ гипотезой Лапласа въ ея простѣйшемъ видѣ. Точно также этой гипотезѣ противорѣчитъ быстрое движеніе Фобоса вокругъ Марса. Согласно съ первоначальной гипотезой Лапласа, ни для одной планеты и ни для одного спутника время обращенія вокругъ центральнаго тѣла не можетъ быть короче, чѣмъ время вращенія этого послѣдняго вокругъ оси. Поэтому въ новѣйшее время гипотеза Лапласа подверглась нѣкоторымъ видоизмѣненіямъ, главнѣйшія изъ которыхъ мы здѣсь и разсмотримъ.

Прежде всего предположеніе, что первоначальная туманность представляла собою скопленіе раскаленнаго до весьма высокой температуры газа, какъ это думалъ Лапласъ, вовсе не является необходимымъ. Въ самомъ дѣлѣ, въ настоящее время мы знаемъ, что солнце могло достичь той высокой температуры, которой оно обладаетъ теперь, вслѣдствіе постепеннаго сжатія солнечной массы, занимавшей первоначально весьма огромное пространство (часть II, § 129). Кромѣ того, первичная туманность могла и не находиться въ газообразномъ состояніи, а могла состоять изъ отдѣльныхъ жидкихъ или твердыхъ частичекъ, каждая изъ которыхъ была окружена газообразной оболочкой.

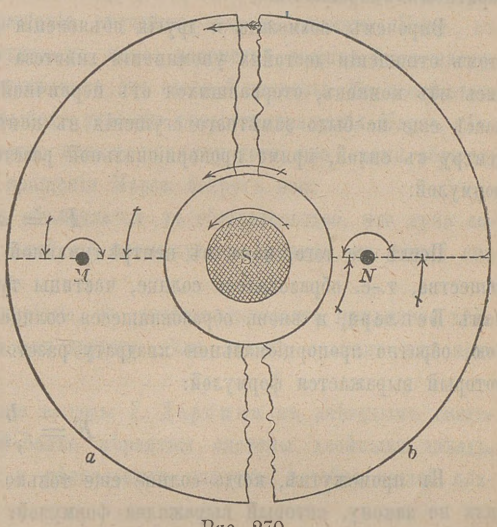


Рис. 270.

Далѣе, при не вполнѣ однородномъ распредѣленіи матеріи вдоль экватора вращающагося первичнаго туманнаго шара, отъ этого послѣдняго должны были отдѣляться отдѣльные комки, а не цѣлыя кольца. Эти-то комки и давали начало планетамъ. Кольцо же могло отдѣлиться отъ первичной туманной массы только при вполнѣ однородномъ распредѣленіи матеріи вдоль вздутія, образовавшагося на экваторѣ вслѣдствіе вращенія этой массы. А такъ какъ вполнѣ равномѣрно матерія могла распредѣлиться лишь въ исключительныхъ случаяхъ, то, слѣдовательно, и отдѣленіе кольца отъ солнца или отъ планеты должно относиться къ числу весьма рѣдкихъ явленій.

Затѣмъ, необходимо объяснить, какимъ образомъ для Урана и Нептуна получилось вращеніе съ востока на западъ, между тѣмъ какъ всѣ остальныя планеты вращаются съ запада на востокъ.

Положимъ, что кольцо, образовавшееся вдоль экватора солнца S, обладаетъ всюду одинаковою плотностью (рис. 270, a). Въ такомъ случаѣ естественнѣе всего предположить, что при образованіи планеты центръ ея займетъ точку M, равноотстоящую отъ внѣшняго и внутренняго краевъ кольца. Но при дѣйствіи притягательной силы солнца кольцо, состоящее изъ безконечно-большого числа безконечно-малыхъ частичекъ, должно двигаться вокругъ центральнаго тѣла, какъ рой спутниковъ, т.-е. частицы, ближайшія къ солнцу S, должны

обладать бо́льшею скоростью, а частицы, болѣе удаленныя, меньшею, что изображено на рис. 270 при помощи стрѣлокъ. Вслѣдствіе этого, сформировавшаяся планета, какъ это легко видѣть изъ рисунка, должна получить обратное вращеніе, если частицы, входящія въ составъ кольца, обладали прямымъ движеніемъ. Слѣдовательно, при такихъ условіяхъ образовались планеты Уранъ и Нептунъ.

Совершенно иныя явленія должны произойти въ томъ случаѣ, когда подъ дѣйствіемъ солнца частицы кольца уже успѣли расположиться такъ, что плотность кольца увеличивается отъ внѣшняго края къ внутреннему. Въ этомъ случаѣ при образованіи планеты центръ ея, несомнѣнно, займетъ точку N, находящуюся гораздо ближе къ внутреннему краю кольца, чѣмъ къ внѣшнему (рис. 270, b). Въ такомъ случаѣ преобладающее вліяніе на направленіе вращенія новой планеты будетъ принадлежать частицамъ кольца, лежащимъ вблизи внѣшняго его края. Слѣдовательно, вновь образовавшаяся планета, какъ не трудно видѣть изъ рисунка, будетъ обладать прямымъ вращеніемъ, если частицы кольца при своемъ движеніи вокругъ солнца обладали также прямымъ движеніемъ.

Объяснивъ такимъ образомъ обратное вращеніе Урана и Нептуна, мы уже безъ труда поймемъ, почему спутники этихъ планетъ должны обращаться вокругъ нихъ также въ обратномъ направленіи.

Впрочемъ, возможны и другія объясненія обратнаго вращенія Урана и Нептуна. Въ этомъ отношеніи достойна упоминанія гипотеза Фая. По его гипотезѣ планеты образовались изъ комковъ, оторвавшихся отъ первичной туманной массы. Пока въ этой туманной массѣ еще не было замѣтнаго сгущенія въ центрѣ, частицы туманности притягивались къ центру съ силой, прямо пропорціональной разстоянію, т.-е. сила притяженія выражалась формулой:

$$F = ar.$$

Послѣ же того, какъ въ центрѣ туманной массы произошло значительное уплотненіе вещества, т.-е. образовалось солнце, частицы туманной массы стали двигаться по законамъ Кеплера, и вновь образовавшееся солнце стало притягивать эти частицы съ силою, обратно пропорціональною квадрату разстоянія, т.-е. по закону всемірнаго тяготѣнія, который выражается формулой:

$$F = \frac{b}{r^2}$$

Въ промежуткѣ, когда солнце еще только формировалось, сила притяженія дѣйствовала по закону, который выражался формулой:

$$F = ar + \frac{b}{r^2}$$

Здѣсь r есть разстояніе притягиваемой частицы отъ центра туманности, a и b нѣкоторые коэффиціенты, зависящіе отъ возраста туманности. При этомъ въ незапамятныя времена коэффиціентъ a постоянно уменьшался отъ нѣкоторой опредѣленной величины до нуля, а коэффиціентъ b въ то же время увеличивался отъ нуля до нѣкоторой опредѣленной величины, которую онъ сохраняетъ и въ настоящее время. Планеты, образовавшіяся изъ туманности въ то время, когда она находилась въ первоначальной стадіи развитія, т.-е. когда коэффиціентъ a имѣлъ нѣкоторую замѣтную величину, а коэффиціентъ b былъ близокъ къ нулю, получили прямое вращеніе, такъ какъ въ это время туманность вращалась вокругъ оси, проходящей черезъ ея центръ, какъ одно цѣлое, т.-е. частицы, ближайшія къ центру, обладали меньшею скоростью, а болѣе удаленныя частицы вращались съ бо́льшею скоростью. Планеты же Уранъ и Нептунъ, по гипотезѣ Фая, образовались уже послѣ того, какъ сформировалось солнце, т.-е. въ то время, когда коэффиціентъ a былъ уже близокъ къ нулю, а коэффиціентъ b достигъ нѣкоторой значительной величины. Въ это время частицы туманности обращались вокругъ образовавшагося уже солнца по зако-

намъ Кеплера, т.-е. ближайшія къ солнцу частицы обладали большею скоростью, а дальнѣйшія—меньшею. Этимъ вполнѣ и объясняется обратное вращеніе планетъ Урана и Нептуна, которыя такимъ образомъ моложе всѣхъ остальныхъ планетъ и моложе солнца; всѣ же остальныя планеты по времени образованія старше солнца.

Наконецъ, весьма важнымъ и интереснымъ дополненіемъ къ гипотезѣ образованія міровъ служатъ изслѣдованія Г. Дарвина, сына извѣстнаго естествоиспытателя, относящіяся къ приливному дѣйствію между центральнымъ тѣломъ и тѣломъ, обращающимся вокругъ него. Такое дѣйствіе возможно, конечно, только въ томъ періодѣ, пока оба тѣла еще не достигли абсолютно твердаго состоянія. Положимъ теперь, что время вращенія планеты вокругъ оси короче періода обращенія спутника вокругъ планеты; это могло произойти вслѣдствіе продолжающагося сжатія и уплотненія планеты послѣ отдѣленія отъ нея спутника. Въ такомъ случаѣ, подъ приливнымъ дѣйствіемъ, обусловливаемымъ взаимнымъ притяженіемъ этихъ тѣлъ, движеніе спутника должно все время ускоряться, а вращеніе планеты замедляться. Въ подобныхъ взаимныхъ соотношеніяхъ находятся земля и луна, но для нихъ указанныя ускореніе и замедленіе въ настоящее время практически совершенно незамѣтны.

Въ подобной системѣ, въ концѣ концовъ, должно наступить равенство времени вращенія планеты вокругъ оси и періода обращенія спутника вокругъ планеты. Напр., въ системѣ Марса, вслѣдствіе малости его спутниковъ, такое равенство должно было наступить сравнительно скоро послѣ отдѣленія спутниковъ отъ главной планеты. Но послѣ этого треніе солнечнаго прилива продолжало уменьшать угловую скорость вращенія Марса. Такимъ образомъ, въ приливномъ дѣйствіи можно искать причину того, что время обращенія Фобоса вокругъ Марса короче времени вращенія Марса вокругъ оси.

Наконецъ, приливнымъ же дѣйствіемъ объясняется то обстоятельство, что луна совершаетъ полный оборотъ вокругъ оси въ такой же промежутокъ времени, въ какой она описываетъ полный кругъ вокругъ земли.

Впрочемъ, необходимо замѣтить, что періоды, въ теченіе которыхъ приливное дѣйствіе оказываетъ вліяніе на движеніе того или другого тѣла, весьма велики: ихъ надо считать, вѣроятно, милліонами лѣтъ.

Наконецъ, Си примѣнилъ теоретическіе выводы Г. Дарвина къ звѣзднымъ системамъ и показалъ, что вообще во вселенной болѣе вѣроятны системы двойныхъ звѣздъ, чѣмъ системы, состоящія изъ одной звѣзды и нѣсколькихъ планетъ, подобно нашей планетной системѣ.

Въ заключеніе этого параграфа нельзя не упомянуть о метеоритной гипотезѣ Локьера. По мнѣнію этого ученаго, всѣ небесныя тѣла не образовались изъ первичной газообразной туманности вслѣдствіе уплотненія вещества, а скорѣе представляютъ собою скопленіе большого числа метеоритныхъ частичекъ. Правда, такое мнѣніе не ново, но заслуга Локьера заключается въ томъ, что онъ старался обосновать свое мнѣніе при помощи спектральнаго анализа, и онъ полагаетъ, что въ спектрахъ метеоритовъ, изслѣдованныхъ имъ при различныхъ условіяхъ, ему удалось найти объясненіе спектровъ кометъ, туманностей, звѣздъ различныхъ типовъ, сѣвернаго сіянія и зодіакальнаго свѣта. По мнѣнію Локьера, въ туманностяхъ отдѣльныя метеоритныя частички отстоятъ другъ отъ друга настолько далеко, что столкновеніе между ними должно принадлежать къ числу весьма рѣдкихъ явленій. Затѣмъ, промежутки между отдѣльными метеоритными частичками постепенно уменьшаются, и при дальнѣйшемъ развитіи небесное тѣло изъ туманности обращается въ звѣзду. Температура звѣзды сначала медленно растетъ, достигаетъ своей наибольшей величины, послѣ чего снова начинаетъ падать, и, въ концѣ концовъ, звѣзда обращается въ темное тѣло, т.-е. въ планету. О метеоритной гипотезѣ Локьера отчасти мы уже имѣли случай говорить при объясненіи природы перемѣнныхъ звѣздъ (часть II, § 200). Необходимо за-

мѣтить, что эта гипотеза въ настоящее время имѣетъ свои слабыя стороны, и потому пока она еще не уничтожаетъ прежнихъ гипотезъ, но, тѣмъ не менѣе, она заслуживаетъ полнаго вниманія со стороны астрономовъ. *

§ 67. **Общія замѣчанія относительно прочности системы міра.** Мы открыли нѣсколько свойствъ нашей солнечной системы, позволившихъ намъ, по крайней мѣрѣ, съ извѣстной вѣроятностью, сдѣлать нѣкоторыя заключенія о томъ состояніи, въ которомъ она находилась въ эпоху, безъ сомнѣнія, весьма отдаленную отъ начала исторіи человѣчества на землѣ. Не могутъ ли какія-нибудь другія ея свойства позволить намъ приподнять завѣсу, скрывающую отъ насъ ея судьбу въ темномъ будущемъ, по крайней мѣрѣ, настолько, чтобы вынести увѣренность въ прочности этого великаго и чуднаго зданія? Если мы вмѣстѣ со всѣмъ живущимъ на землѣ снова должны обратиться въ прахъ, изъ котораго мы созданы, и если мы безропотно покоряемся этой участи, общей всѣмъ живымъ существамъ, то все же намъ хотѣлось бы думать, что и послѣ того, какъ мы сойдемъ со сцены, непрерывный рядъ другихъ существъ будетъ наслаждаться жизнью на тѣхъ же самыхъ подмосткахъ, и что небо, разстилающееся надъ нами, будетъ существовать и послѣ насъ, и что солнце и луна, которыя часто такъ ласково озаряли насъ при жизни, будутъ освѣщать также цвѣты, которые расцвѣтутъ когда-нибудь на нашихъ могилахъ.

Нѣтъ нужды напоминать, что при изслѣдованіяхъ такого рода не можетъ быть и рѣчи о катастрофахъ, которыя могутъ произойти вслѣдствіе непредвидѣннаго вмѣшательства внѣшнихъ силъ. Возможно, что когда-нибудь вся наша система, подобно новой звѣздѣ въ созвѣздіи Кассіопеи, загорится и вспыхнетъ отъ неизвѣстной намъ причины, такъ что отъ всего, что насъ теперь окружаетъ, не останется никакого слѣда. Такія катастрофы не имѣютъ ни малѣйшей связи съ естественнымъ разрушеніемъ, которое можетъ наступить со временемъ и которое можно предвычислить; о немъ только мы и будемъ здѣсь говорить. Если человѣка убьетъ молнія, то отсюда нельзя вывести никакого заключенія о долговѣчности всего человѣчества. Но то обстоятельство, что у всѣхъ людей и вообще у всѣхъ живыхъ существъ тѣло постепенно старѣетъ и изнашивается, заставляетъ насъ опасаться окончательнаго прекращенія человѣческаго рода. Нѣтъ ли какихъ-нибудь признаковъ, по которымъ мы могли бы заключить, что и этотъ великій удивительный механизмъ, окружающій насъ, хотя бы въ самомъ отдаленномъ будущемъ, придетъ въ разстройство и прекратитъ свое существованіе?

Поставивъ вопросъ такимъ образомъ, мы прежде всего должны ближе разсмотрѣть тѣ возмущенія, которымъ подвержены тѣла, составляющія нашу солнечную систему. Выше мы уже видѣли (§ 46), что возмущенія эти бываютъ двухъ родовъ: періодическія, измѣняющія мѣсто планеты на ея орбитѣ, и вѣковыя, измѣняющія съ теченіемъ времени видъ и положеніе самихъ орбитъ. Первыя, очевидно, не могутъ быть причиной разрушенія всей системы, вторыя же могли бы, и это непремѣнно случилось бы, если бы измѣненія орбитъ все время происходили въ одномъ и томъ же направленіи. Но мы уже не разъ указывали, что на самомъ дѣлѣ этого нѣтъ, и что вѣковыя возмущенія также имѣютъ извѣстный періодъ. Однако, въ виду большой важности этого вопроса, мы разсмотримъ его подробнѣе.

Мы уже раньше (часть I, § 82) говорили, что орбита каждой планеты или кометы опредѣляется 6-ю элементами, по которымъ ее можно узнать и отличить отъ всѣхъ другихъ орбитъ. Эти элементы суть слѣдующіе: 1) большая ось или время оборота, 2) эксцентриситетъ, 3) наклонность орбиты, 4) долгота перигелія, 5) долгота узла и 6) эпоха или положеніе планеты на ея орбитѣ въ данный моментъ времени.

Нѣтъ надобности здѣсь останавливаться подробно на томъ, что послѣдніе три элемента не могутъ оказывать никакого вліянія на прочность системы. Равновѣсіе ея также мало зависитъ отъ того, въ какую сторону неба направлены большія оси планетныхъ

орбитъ, или по какой линіи плоскости этихъ орбитъ пересѣкаются съ плоскостью эклиптики, какъ и отъ положенія планетъ на ихъ орбитахъ въ тотъ или другой моментъ времени.

Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло съ первыми тремя изъ названныхъ элементовъ. Большая ось не должна измѣняться въ одномъ и томъ же направленіи, потому что такое непрерывное возрастаніе или уменьшеніе ея могло бы кончиться тѣмъ, что планета совсѣмъ ушла бы изъ системы или упала бы на солнце. Точно также для дальнѣйшей безопасности системы необходимо, чтобы измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей орбитъ были заключены въ извѣстныхъ предѣлахъ. Если бы, напримѣръ, эксцентриситетъ земной орбиты съ теченіемъ времени непрерывно возрасталъ, т.-е. если бы орбита дѣлалась все болѣе и болѣе вытянутой, или если бы луна въ своемъ движеніи все ближе и ближе подходила къ землѣ, то въ первомъ случаѣ, какъ мы уже видѣли (§ 62), годичныя измѣненія температуры на поверхности земли совершенно измѣнили бы свой характеръ, а во второмъ луна, въ концѣ концовъ, упала бы на землю. Если бы такому же измѣненію подверглись эксцентриситеты орбитъ другихъ планетъ, то многія изъ нихъ по временамъ очень близко подходили бы къ землѣ, вслѣдствіе чего морскіе приливы затопляли бы иногда всю землю, и неминуемое, въ концѣ концовъ, столкновеніе нашей земли съ какимъ-нибудь другимъ небеснымъ тѣломъ нарушило бы на обоихъ тѣлахъ всякій порядокъ, а можетъ-быть, разрушило бы и самыя планеты.

§ 68. **Неизмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ.** Итакъ, мы выяснили, что для прочности нашей солнечной системы чрезвычайно важно, чтобы 3 элемента: большая полуось, эксцентриситетъ и наклонность орбитъ, не претерпѣвали возмущеній, накопляющихся съ теченіемъ времени. Что касается *большихъ полуосей* орбитъ, то въ 1773 г. Лапласъ сдѣлалъ въ высшей степени важное открытіе, вполнѣ подтвержденное потомъ Лагранжемъ, Пуассономъ, Ра'до и Тиссераномъ, а именно, что если въ общее аналитическое выраженіе вѣковыхъ возмущеній большой оси подставить числа, соотвѣтствующія отдѣльнымъ планетамъ, то всѣ члены этого выраженія взаимно сокращаются, откуда слѣдуетъ, что, несмотря на дѣйствіе другихъ планетъ, большая ось такимъ возмущеніямъ совсѣмъ не подвержена, т.-е., что изъ всѣхъ элементовъ орбитъ она *одна* неизмѣнна. Это обстоятельство, необходимое для устойчивости солнечной системы, обусловливается причиной, на первый взглядъ совершенно незначительной и даже случайной.

Времена оборотовъ всѣхъ планетъ несоизмѣримы между собою, т.-е. нельзя подобрать два времени оборота такихъ, чтобы ихъ отношеніе въ точности равнялось отношенію двухъ цѣлыхъ чиселъ. Въ этомъ и заключается тайна природы, та тонкая нить, на которой держится прочность планетной системы.

Напримѣръ, время оборота Юпитера составляетъ около 4333, а Сатурна — около 10759 дней; эти числа относятся между собою приблизительно, какъ 2 и 5. Если бы ихъ отношеніе въ точности равнялось отношенію 2 : 5, напримѣръ, если бы первое число было 4312, а второе 10780, то вслѣдствіе этого появились бы вѣковыя измѣненія осей орбитъ обѣихъ планетъ: одна изъ осей постоянно возрастала бы, а другая постоянно уменьшалась бы, слѣдствіемъ чего было бы окончательное разрушеніе двухъ величайшихъ планетъ нашей солнечной системы. Въ самомъ дѣлѣ, уже вслѣдствіе того, что отношеніе временъ оборотовъ только *приблизительно* равно 2 : 5, въ движеніи обѣихъ планетъ происходятъ взаимныя возмущенія, достигающія весьма значительной величины, а именно для Сатурна возмущеніе доходитъ до 49′. Поэтому, очевидно, что эти возмущенія были бы гораздо больше, если бы существующее отношеніе еще ближе подходило къ отношенію 2:5. Выше (§ 52) мы уже говорили о значительныхъ возмущеніяхъ обѣихъ планетъ, происходящихъ отъ этой причины, и указали, что они заключаются между извѣстными предѣлами, и что полный періодъ этихъ возмущеній равенъ 930 годамъ. Чѣмъ ближе подходило бы отношеніе оборотовъ къ отношенію чиселъ 2 : 5, тѣмъ шире становились бы эти

предѣлы, и тѣмъ длиннѣе былъ бы періодъ возмущеній, пока, наконецъ, не ослабѣла бы узда, удерживающая обѣ величайшія планеты нашей солнечной системы на ихъ орбитахъ, и не наступила бы неминуемая гибель всей системы.

§ 69. **Измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ тѣсныхъ предѣлахъ.** Аналитическій выводъ вѣковыхъ возмущеній, которымъ подвержены 3 элемента: долгота перигелія, долгота восходящаго узла и долгота эпохи, приводитъ къ рядамъ, каждый изъ которыхъ содержитъ членъ, непрерывно возрастающій съ теченіемъ времени, вслѣдствіе чего какъ перигелій, такъ и узлы могутъ со временемъ прійти въ любую точку окружности. Такъ и бываетъ на самомъ дѣлѣ, но въ этомъ, какъ мы уже сказали, нѣтъ ни малѣйшей опасности для прочности системы.

Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло съ вѣковыми возмущеніями остальныхъ двухъ элементовъ: эксцентриситета и наклонности. Лапласъ, которому мы обязаны многими важными открытіями въ этой высшей области астрономіи, вывелъ два условныхъ уравненія, опредѣляющихъ прочность планетной системы Въ настоящемъ сочиненіи мы не можемъ познакомить читателей съ выводомъ этихъ уравненій, но, во всякомъ случаѣ, они слишкомъ важны и интересны, чтобы можно было обойти ихъ молчаніемъ.

Возьмемъ произведеніе массы какой-нибудь планеты, напримѣръ, Меркурія, на квадратъ его эксцентриситета и на корень квадратный изъ его большой оси. Обозначимъ это произведеніе для Меркурія буквой a, для Венеры буквой a', для Земли a'' и т. д. Вычисленія показываютъ, что сумма величинъ $a, a', a'', \ldots$ не измѣняется съ теченіемъ времени, т.-е. представляетъ собою постоянную величину. Наблюденія показываютъ, что массы планетъ, если за единицу принять массу солнца, и квадраты эксцентриситетовъ суть для всѣхъ планетъ величины очень малыя; поэтому и каждая изъ величинъ $a, a', a'', \ldots$ а слѣдовательно, и сумма ихъ будутъ величинами малыми. А такъ какъ эта сумма не измѣняется съ теченіемъ времени, то и отдѣльные члены ея всегда должны оставаться очень малыми. Но члены эти составлены изъ массъ и большихъ полуосей орбитъ, которыя, какъ извѣстно, не мѣняются, и, наконецъ, изъ эксцентриситетовъ орбитъ, которые, такимъ образомъ, всегда должны быть величинами очень малыми, конечно, только въ томъ случаѣ, если всѣ члены $a, a', a'' \ldots$ будутъ одного знака. Дѣйствительно, если бы хоть одинъ изъ членовъ имѣлъ противоположный знакъ, то всѣ предыдущія разсужденія, очевидно, были бы неприложимы. Два любыхъ члена, изъ которыхъ одинъ имѣлъ бы положительный, а другой—отрицательный знакъ, могли бы тогда стремиться къ безконечности, и все-таки сумма ихъ могла бы оставаться весьма малой величиной. Но это обстоятельство не можетъ имѣть мѣста въ нашей планетной системѣ, такъ какъ всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи. Въ этомъ случаѣ изъ двухъ знаковъ, которые имѣетъ всякій квадратный корень, а слѣдовательно, и упомянутый корень изъ большой оси, для всѣхъ членовъ долженъ быть взятъ одинъ и тотъ же.

Совершенно подобное же уравненіе связываетъ и наклонности орбитъ къ плоскости эклиптики. Если произведеніе массы планеты на квадратъ тангенса (часть I, § 39) наклонности и на квадратный корень изъ большой оси для одной планеты обозначимъ буквой b, для другой—буквой b', для третьей—b'' и т. д., то анализъ показываетъ, что сумма величинъ $b, b', b'', \ldots$ для нашей системы не мѣняется съ теченіемъ времени. Но наблюденія показали, что эта сумма величина очень малая, и, слѣдовательно, какъ она сама, такъ и отдѣльныя ея слагаемыя навсегда останутся величинами малыми. Послѣднее заключеніе мы опять-таки выводимъ, основываясь на томъ обстоятельствѣ, что движеніе всѣхъ планетъ направлено въ одну и ту же сторону, а потому всѣ члены $b, b', b'', \ldots$ должны имѣть одинаковые знаки.

Итакъ, измѣненія эксцентриситетовъ и наклонностей планетныхъ орбитъ заключены въ весьма тѣсныхъ предѣлахъ, а большія оси этихъ орбитъ всегда сохраняютъ постоянную

величину. Но мы уже говорили, что отъ постоянства этихъ 3 элементовъ и зависитъ, главнымъ образомъ, безопасность нашей планетной системы и сохраненіе порядка внутри нея въ будущемъ. Такимъ образомъ, на этой системѣ лежитъ отпечатокъ ненарушимой прочности. Это достигается, главнымъ образомъ, двумя средствами, которыя на первый взглядъ могутъ показаться маловажными: во-первыхъ, тѣмъ, что большія оси, или, что то же, времена оборотовъ планетъ, несоизмѣримы между собою (§ 68), а во-вторыхъ, тѣмъ, что движеніе всѣхъ планетъ вокругъ солнца совершается въ одномъ и томъ же направленіи.

§ 70. **Другія причины устойчивости солнечной системы.** Другая, сразу бросающаяся особенность нашей планетной системы, которая также содѣйствуетъ ея устойчивости, состоитъ въ томъ, что, какъ было уже замѣчено раньше, государство солнца не только въ своемъ цѣломъ, но и въ отдѣльныхъ частяхъ, имѣетъ монархическій образъ правленія. Солнце, являющееся центромъ движенія планетъ, болѣе, чѣмъ въ 700 разъ превосходитъ ихъ всѣхъ своею массою, а слѣдовательно, и силою, и такое же превосходство замѣчается у всѣхъ главныхъ планетъ по отношенію къ ихъ спутникамъ. Масса земли въ 80 разъ больше массы луны, а масса Юпитера въ 6000 разъ превышаетъ массу всѣхъ его спутниковъ. Поэтому притяженіе планетъ солнцемъ и спутниковъ ихъ главными планетами такъ сильно, что въ этомъ государствѣ не можетъ произойти настолько значительныхъ возмущеній, чтобы можно было опасаться общаго разрушенія, или даже большихъ безпорядковъ. Если бы, напримѣръ, Юпитеръ вдругъ исчезъ изъ системы, то спутники его, которые теперь въ такомъ порядкѣ движутся вокругъ него, сразу разлетѣлись бы по всему пространству: одинъ сталъ бы описывать эллипсъ вокругъ солнца, другой удалился бы отъ него по гиперболической орбитѣ и т. д. Но существованіе могущественныхъ силъ, превышающихъ всѣ остальныя, является опорой для безопасности системы, сохраняя расположеніе ея отдѣльныхъ частей и не допуская возникновенія значительныхъ возмущеній въ ея движеніяхъ.

На нашей землѣ также лежитъ отпечатокъ прочности и долговѣчности. Признаками этого являются, главнымъ образомъ, устойчивость полюсовъ на земной поверхности и подтвержденное тысячелѣтними наблюденіями равновѣсіе морей, покрывающихъ бо́льшую часть нашей земли. Оба эти явленія, необходимыя для сохраненія органической жизни на землѣ, можно разсматривать какъ простой результатъ вращенія земли вокругъ оси въ связи съ общей для всѣхъ тѣлъ силой тяготѣнія. Въ самомъ дѣлѣ, вслѣдствіе вращенія вокругъ оси земля сжалась у полюсовъ, и это сжатіе сдѣлало ось вращенія земли свободной (§ 20) и неизмѣнной. Подъ дѣйствіемъ же силы тяготѣнія плотность земли должна сильно увеличиваться отъ поверхности къ центру, такъ что средняя плотность земли далеко превосходитъ плотность морской воды, а этого достаточно, чтобы море постоянно оставалось въ равновѣсіи и приливы его не достигали слишкомъ значительной величины.

Разсматривая подробнѣе этотъ вопросъ, мы замѣчаемъ въ устройствѣ нашей системы еще нѣсколько особенностей, ведущихъ къ той же цѣли; теоретически, однако, ихъ объяснить нельзя, а потому онѣ имѣютъ скорѣе случайный характеръ. Такъ, напримѣръ, изъ старыхъ планетъ Меркурій и Марсъ обладаютъ наибольшими эксцентриситетами, но наименьшими массами; у малыхъ планетъ эксцентриситеты довольно значительны, но за то массы въ высшей степени малы. Если бы эксцентриситетъ орбиты величайшей изъ планетъ, Юпитера, былъ такой же, какъ у Юноны или Паллады, то это было бы очень неблагопріятно для устойчивости нашей солнечной системы. Почти кругообразные теперь пути земли и другихъ меньшихъ планетъ, подъ вліяніемъ неравномѣрнаго притяженія Юпитеромъ, приняли бы видъ сильно вытянутыхъ эллипсовъ, и планеты или упали бы на солнце или, все больше удаляясь отъ него, исчезли бы въ міровомъ пространствѣ. Еще болѣе бросается въ глаза подобное же соединеніе большихъ эксцентриситетовъ съ очень малыми массами у кометъ; если бы послѣднія обладали значительными массами то, при

своемъ числѣ и при самыхъ разнообразныхъ направленіяхъ движенія онѣ оказали бы разрушительное дѣйствіе на нашу солнечную систему.

Замѣтимъ, что по изслѣдованіямъ Леверье, наклонности и эксцентриситеты малыхъ планетъ также лишь незначительно могутъ мѣняться отъ возмущеній со стороны другихъ планетъ, и, слѣдовательно, въ будущемъ они сохранятъ значенія, близкія къ тѣмъ, которыя имѣютъ теперь. Однако, это справедливо только по отношенію къ тѣмъ планетамъ, для которыхъ среднее разстояніе отъ солнца превышаетъ большую ось орбиты Марса. Что же касается астероидовъ, орбиты которыхъ лежали бы между Марсомъ и двойнымъ разстояніемъ земли отъ солнца, то они не могли бы обладать устойчивостью въ томъ смыслѣ, въ какомъ это слово употребляется въ небесной механикѣ. При этомъ въ высшей степени замѣчательно, что находятъ астероиды у самой границы устойчивости, указанной теоріей; по другую же сторону этой границы не было найдено ни одного, за исключеніемъ Эроса. Но такъ какъ та же самая причина, которая послужила къ образованію множества астероидовъ съ среднимъ разстояніемъ, превосходящимъ двойное разстояніе отъ земли до солнца, могла бы дать начало астероидамъ также и по другую сторону этой границы, то отсутствіе ихъ можно объяснить только тѣмъ, что всѣ они мало-по-малу покинули солнечную систему

§ 71. **Необходимое ограниченіе вышеприведенныхъ соображеній.** Распространеніе свѣта въ міровомъ пространствѣ указываетъ намъ на то, что оно не можетъ быть абсолютно пустымъ, а должно быть заполнено матеріей, хотя бы крайне разрѣженной. Тѣла планетъ настолько плотны, что мы до сихъ поръ не могли замѣтить сопротивленія, оказываемаго ихъ движенію этой средой, да и для кометъ, гораздо менѣе плотныхъ, до сихъ поръ не удалось неопровержимымъ образомъ доказать существованіе этого сопротивленія. Однако, вычисленія показываютъ, что подъ вліяніемъ такой сопротивляющейся среды большія оси орбитъ, а слѣдовательно, и времена оборотовъ планетъ вокругъ солнца должны непрерывно уменьшаться, такъ что, въ концѣ концовъ, всѣ планеты упадутъ на солнце. Если бы скорость Юпитера за милліонъ лѣтъ могла увеличиться на $^1/_{10000000}$ своей величины, то только черезъ 70 милліоновъ лѣтъ она увеличилась бы на $^1/_{1000}$, а для того, чтобы первоначальная скорость этой планеты удвоилась, понадобился бы промежутокъ времени еще въ 700 разъ бо́льшій. Но какъ ни великъ этотъ періодъ, все же съ теченіемъ времени планета будетъ мало-по-малу приближаться къ солнцу и, въ концѣ концовъ, упадетъ на него. Точно также со временемъ, черезъ много милліоновъ лѣтъ, время оборота земли сдѣлается равнымъ только половинѣ или еще меньшей части своей теперешней величины, и, въ концѣ концовъ, какъ земля, такъ и всѣ планеты сольются съ солнцемъ, изъ котораго онѣ произошли.

Мы видимъ, слѣдовательно, что хотя вышеупомянутыя замѣчательныя соотношенія, наблюдаемыя нами въ солнечной системѣ, убѣждаютъ насъ въ ея прочности, и хотя внутри этой системы мы не замѣчаемъ никакихъ признаковъ будущаго разрушенія, все же эта прочность не вѣчная. Мы, конечно, не можемъ похвастаться, что вполнѣ постигли внутреннее устройство вселенной; но мы видимъ, что всему окружающему насъ на землѣ назначенъ опредѣленный и часто весьма короткій срокъ существованія, по истеченіи котораго всѣ предметы разрушаются и уже въ прежнемъ видѣ не возрождаются. Каждая зима уничтожаетъ чудную картину нашихъ полей. Многочисленныя семейства и цѣлые виды животныхъ гибнутъ безслѣдно; цѣлые народы, властвующія надъ міромъ націи проходятъ передъ нами, какъ картины волшебнаго фонаря, и все, все, что насъ окружаетъ здѣсь внизу, уносится потокомъ времени и неудержимо стремится къ неизбѣжному концу, къ уничтоженію и разрушенію. Земля наша покрыта руинами и прахомъ растеній и животныхъ древняго міра и придетъ время, когда пирамиды и главные города Европы исчезнутъ съ лица земли, какъ теперь Вавилонъ и Карѳагенъ, такъ что и слѣды ихъ будутъ еле замѣтны.

Неужели же земля и раскинувшееся надъ нею небо должны составлять исключеніе

изъ этого, повидимому, общаго, закона природы, разрушительное дѣйствіе котораго мы замѣчаемъ повсюду вокругъ себя? Какое имѣемъ мы право предъявлять подобныя требованія? Какое право имѣемъ мы требовать вѣчнаго существованія нашего жилища, когда сами мы вчера только появились на немъ, а завтра насъ уже не будетъ? Развѣ мы не видѣли, какъ на небѣ исчезали звѣзды и сгорали цѣлыя солнечныя системы! По истинѣ ужасныя зрѣлища, въ сравненіи съ которыми являются совершенно ничтожными наши наводненія и землетрясенія, уничтожающія тысячи людей въ какой-нибудь часъ. Но какъ ни величественны такія катастрофы, онѣ только кажутся намъ громадными, потому что сами мы ничтожно малы. Тамъ же, наверху, мѣрятъ другою мѣрою, и вся наша планетная система, даже весь нашъ млечный путь, является только незамѣтной точкой безконечной вселенной.

А если это такъ, то смѣемъ ли мы роптать, что и земля наша, представляющая ничтожную точку въ сравненіи съ остальной планетной системой, подобно плодамъ нашихъ полей, выполняя свое назначеніе, должна зрѣть и старѣться, и что, можетъ-быть, тѣ же силы, которыя ее создали и такъ долго поддерживали, когда-нибудь разрушатъ ее? Развѣ сами мы и все насъ окружающее, не исключая и самой земли, не обязаны своимъ существованіемъ стихіямъ? И если эти стихіи проснутся и потребуютъ назадъ то, что имъ принадлежитъ, если огонь, вода и вѣтеръ, сдѣлавшіе нашу землю обитаемой и плодоносной, идя дальше, начнутъ ее мало-по-малу разрушать, если солнце такъ долго освѣщавшее и согрѣвавшее насъ, столько тысячелѣтій растившее все живое и управлявшее имъ своими золотыми возжами, въ концѣ концовъ, снова притянетъ въ свои пылающія нѣдра состарѣвшуюся землю, которая не будетъ въ состояніи удержаться, если даже и само солнце, царица нашихъ дней, отживши свой вѣкъ и выполнивъ свое назначеніе, въ концѣ концовъ, погаснетъ и исчезнетъ изъ ряда небесныхъ тѣлъ, то, сколь бы ужаснымъ это намъ ни казалось, все же тогда случится только то, что должно случиться.

Въ самомъ дѣлѣ, повсюду, гдѣ мы замѣчаемъ зарожденіе, ростъ и увеличеніе, должны существовать также убыль и смерть, и вездѣ, гдѣ есть прогрессъ, долженъ быть и упадокъ, по крайней мѣрѣ, видимый упадокъ, измѣненіе вида и формъ. Все вещественное, т.-е. все преходящее, стремится навстрѣчу своему уничтоженію, и никакая сила не можетъ удержать его отъ этого. И какъ теперь по вершинамъ нашихъ горъ и въ подземныхъ глубинахъ разсѣяны окаменѣлости и остатки растеній и животныхъ давно исчезнувшаго древняго міра, такъ будутъ со временемъ разсѣяны надъ нами безжизненные обломки великаго небеснаго строенія. Это солнце, эти звѣзды погаснутъ, и отъ нихъ наверху, какъ отъ памятниковъ древности здѣсь внизу, не останется никакихъ слѣдовъ. Эти небесные цвѣты отцвѣтутъ и опадутъ, какъ увядшіе листья, игрушки вѣтровъ, и та же волна, которая такъ долго носила ихъ по поверхности океана, увлечетъ ихъ со временемъ въ его глубину, въ пучину вѣчной ночи, чтобы дать мѣсто новому дню.

ЧАСТЬ IV.

Наблюдательная астрономія,

или

описаніе и употребленіе астрономическихъ инструментовъ.

---

§ 1. **Предварительныя замѣчанія.** До сихъ поръ мы знакомили читателей съ главнѣйшими результатами, добытыми астрономами относительно небесныхъ тѣлъ и относительно ихъ движенія, и мы думаемъ, что у читателя не разъ являлось желаніе ближе познакомиться съ тѣми средствами, которыя помогли астрономамъ получить всѣ эти свѣдѣнія. По этому поводу надо прежде всего замѣтить, что всѣ наши знанія основаны на наблюденіяхъ; только благодаря имъ мы узнали то, что существуетъ внѣ насъ, только благодаря наблюденіямъ мы знакомимся съ окружающей насъ природой.

Но очевидно, что точность нашихъ наблюденій можетъ быть сильно увеличена благодаря цѣлесообразному устройству инструментовъ. Поэтому мы прежде всего скажемъ нѣсколько словъ о томъ, насколько важенъ вопросъ о соотвѣтственномъ устройствѣ инструментовъ именно въ астрономіи

Главная задача астрономовъ состоитъ въ наблюденіи и измѣреніи угловыхъ разстояній между небесными свѣтилами, что въ настоящее время можно сдѣлать съ точностью до секунды дуги. Между тѣмъ у древнихъ наблюдателей, а именно у грековъ александрійской школы и у арабовъ, сколько старанія и усердія они ни употребляли и сколько денегъ ни затрачивали на свои большія и дорого-стоющіе инструменты, ошибка наблюденій почти всегда превосходила 10 минутъ, и они должны были довольствоваться этой ошибкой, потому что въ ихъ распоряженіи не было средствъ достичь бо́льшей точности. Да и къ чему имъ послужило бы отсчитываніе отдѣльныхъ секундъ на ихъ инструментахъ, когда они не могли различить на небѣ дугу въ нѣсколько минутъ?

Но все это сейчасъ же измѣнилось, какъ только были изобрѣтены зрительная труба и основанный на томъ же принципѣ микроскопъ, и какъ только явилась счастливая мысль снабдить астрономическіе инструменты этими двумя оптическими приборами. Это прекрасное и въ высшей степени полезное открытіе, которымъ смѣло можетъ гордиться человѣческій геній, расширило предѣлы нашихъ знаній объ окружающей насъ природѣ въ обѣ стороны почти до безконечности и сдѣлало доступными нашимъ чувствамъ такіе предметы, которые или вслѣдствіе огромныхъ разстояній, отдѣляющихъ ихъ отъ насъ, или вслѣдствіе своей малости раньше были невидимы; теперь же они вошли въ кругъ нашихъ наблюденій. Особенно же важнымъ это изобрѣтеніе оказалось для астрономіи, гдѣ оно навсегда отмѣтило самую замѣчательную эпоху. Отнынѣ явилась возможность ясно различать на звѣздномъ небѣ дугу въ одну или нѣсколько секундъ, а при помощи соединеннаго съ астрономическими инструментами микроскопа точно измѣрять самые маленькіе углы. Но для этого было необходимо снабжать инструменты такими дѣленіями,

чтобы было возможно точно опредѣлять незначительные, раньше даже совершенно недоступные для наблюденія дуги и углы. Каждая ошибка въ нанесеніи этихъ дѣленій, каждая малѣйшая неточность въ устройствѣ самаго инструмента, которую предшественники наши не могли даже замѣтить, все это теперь не только стало замѣтнымъ, но и оказывало вредное вліяніе на наблюденія. Одно невѣрное движеніе руки механика, незначительная неточность тѣхъ приспособленій, которыми мастеръ пользуется для нанесенія дѣленій, уже дѣлаютъ изготовленный имъ инструментъ негоднымъ для употребленія, такъ какъ онъ не соотвѣтствуетъ болѣе той точности, которая требуется современнымъ состояніемъ науки. Теперь, слѣдовательно, трудность заключалась въ томъ, что техника развивалась

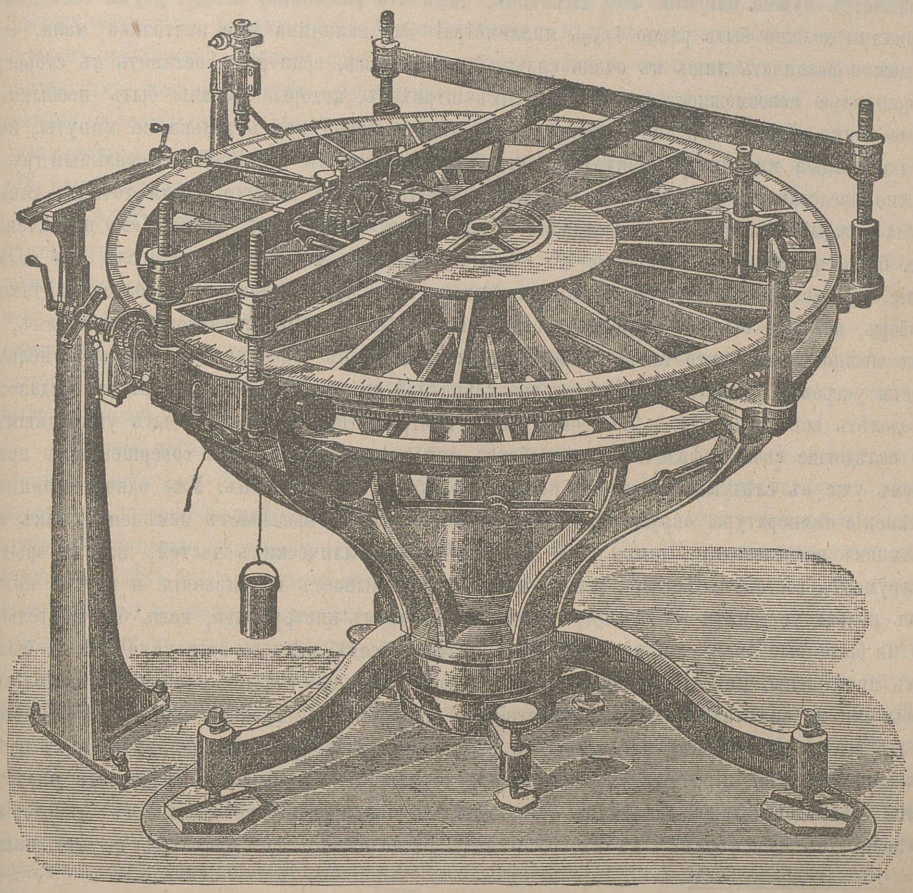


Рис. 271.

медленнѣе астрономіи, и механики, изготовлявшіе астрономическіе инструменты, долго не могли удовлетворить требованіямъ науки. Съ перваго взгляда кажется совершенно нетруднымъ изготовить на станкѣ круглую металлическую пластинку, раздѣлить ея окружность на 360 равныхъ частей, каждый изъ этихъ интерваловъ раздѣлить еще на нѣсколько равныхъ промежутковъ, насадить затѣмъ этотъ раздѣленный кругъ на ось, проходящую какъ-разъ черезъ его центръ, и установить въ требуемомъ положеніи. Но въ практическомъ отношеніи эта задача является одной изъ самыхъ трудныхъ во всей механикѣ; это можно видѣть уже изъ того, что, несмотря на всѣ усилія и несмотря на громадныя денежныя затраты, только во второй половинѣ восемнадцатаго столѣтія, удалось дать удовлетворительное рѣшеніе этой задачи, причемъ для нанесенія дѣленій на кругѣ употреб-

ляются такъ называемыя дѣлительныя машины, подобныя той, которая изображена на рис. 271. Поэтому стоитъ нѣсколько подробнѣе остановиться на тѣхъ затрудненіяхъ, которыя приходится при этомъ преодолѣвать.

Если, напримѣръ, нужно раздѣлить окружность круга на отдѣльныя секунды, то на нее должны быть нанесены 1296000 штриховъ или точекъ, взаимное разстояніе между которыми должно быть вездѣ одно и то же. Если діаметръ круга равенъ 1 метру (кругъ бо́льшихъ размѣровъ по многимъ причинамъ никогда не изготовляется), то длина его окружности составляетъ 3,14159 метровъ (часть I, § 6) или круглымъ числомъ 3140 миллиметровъ; поэтому, если эту окружность требуется раздѣлить на секунды, то на каждый миллиметръ нужно нанести 400 штриховъ, такъ что разстояніе между двумя сосѣдними штрихами должно быть равно $^1/_{400}$ миллиметра! Эта величина уже настолько мала, что ее можно различать лишь въ очень сильный микроскопъ, если даже оставить въ сторонѣ совершенную невозможность нанесенія этихъ штриховъ, которые должны быть необыкновенно тонки. Даже и въ томъ случаѣ, когда дѣлятъ такой кругъ только на минуты, все же на каждый миллиметръ приходится отъ 6 до 7 штриховъ! И какой колоссальный трудъ должно представлять нанесеніе на окружность круга 21600 штриховъ или точекъ, такъ, чтобы каждый изъ штриховъ находился какъ-разъ въ томъ мѣстѣ, которое ему назначено, т.-е. былъ нанесенъ съ точностью до $^1/_{400}$ миллиметра, что необходимо, если его положеніе должно быть вѣрно до 1″. Еще никогда изъ рукъ человѣка не выходилъ такой приборъ, который бы въ точности соотвѣтствовалъ поставленнымъ здѣсь требованіямъ, и даже можно сказать, что такой приборъ никогда, даже въ отдаленномъ будущемъ, нельзя будетъ устроить. Но если бы, благодаря какой-нибудь счастливой случайности удалось преодолѣть всѣ трудности и построить такой инструментъ, то можно быть увѣреннымъ, что вслѣдствіе своихъ физическихъ свойствъ онъ пересталъ бы быть совершеннымъ приборомъ уже въ слѣдующій моментъ послѣ того, какъ онъ оконченъ. Уже одно постоянное измѣненіе температуры окружающаго инструментъ воздуха вызываетъ измѣненія какъ во взаимномъ расположеніи, такъ и въ формѣ тѣхъ металлическихъ частей, изъ которыхъ инструментъ состоитъ. Далѣе, вѣсъ этихъ частей вызываетъ искривленія и гнутіе, которыхъ нельзя устранить ни симметричнымъ устройствомъ инструмента, какъ бы тщательно оно ни было выполнено, ни употребленіемъ противовѣсовъ, какъ бы остроумно они ни были здѣсь примѣнены. Но если бы даже можно было эти вредныя вліянія уменьшить настолько, чтобы они не оказывали никакого дѣйствія на инструментъ, то какъ мы могли бы установить его на фундаментъ или сообщить ему движеніе вокругъ оси, не прилагая къ нему никакого давленія? При самомъ осторожномъ обращеніи приходится передвигать инструментъ и, слѣдовательно, давить на отдѣльныя его части, что уже вызываетъ нѣкоторыя измѣненія въ ихъ формѣ и въ ихъ взаимномъ расположеніи *). Несмотря на это, наши

*) Ближайшее знакомство съ новѣйшими астрономическими инструментами показало намъ, что мнѣніе, будто ежедневный опытъ свидѣтельствуетъ объ абсолютной твердости и устойчивости окружающихъ насъ тѣлъ, слѣдуетъ признать ложнымъ и лишеннымъ основанія. Достаточно, напримѣръ, слегка надавить рукой на массивный металлическій фундаментъ современныхъ инструментовъ, чтобы уже вызвать измѣненіе въ его положеніи, которое легко обнаружить при помощи весьма чувствительнаго рычажка. Поэтому прочный металлическій столбъ въ нѣсколько сантиметровъ толщины слѣдуетъ разсматривать не какъ абсолютно твердое тѣло, а какъ гибкій стержень, который гнется отъ одного прикосновенія къ нему пальцемъ. При помощи упомянутаго выше чувствительнаго рычажка удалось обнаружить гнутіе подъ вліяніемъ внѣшнихъ силъ у такихъ тѣлъ, которыя иначе можно было бы считать, пожалуй, совершенно неподдающимися гнутію. Если, напримѣръ, два конца пушки опираются на какія-нибудь подставки, то чувствительный рычажекъ показываетъ, что средняя, не подпертая часть пушки прогибается подъ вліяніемъ собственной тяжести, какъ обыкновенный тонкій гибкій прутъ. Если эту пушку подпереть только въ серединѣ, то можно замѣтить, что оба ея конца согнутся книзу, подобно тому,

механики, при содѣйствіи астрономовъ, для которыхъ они работаютъ, нашли средство съ увѣренностью отсчитывать на инструментахъ отдѣльныя секунды, и за послѣднія десятилѣтія наша инструментальная астрономія благодаря, главнымъ образомъ, англійскимъ и нѣмецкимъ механикамъ сдѣлала такіе успѣхи, въ возможность которыхъ еще не такъ давно совершенно нельзя было вѣрить. Не только большіе астрономическіе инструменты, но также и приборы меньшихъ размѣровъ устраиваются теперь съ такой точностью и совершенствомъ, которыя оставляютъ желать еще лишь очень немногаго. Немногаго—это не значитъ ничего! Да и вообще все, что въ состояніи сдѣлать человѣкъ, остается произведеніемъ его рукъ, а потому, сколь бы прекрасными ни казались намъ великія произведенія нашихъ лучшихъ мастеровъ, они все же не могутъ быть названы совершенными. Поэтому астрономы должны постоянно заботиться о цѣлесообразномъ выборѣ обстановки и методовъ наблюденій, должны опредѣлять ошибки своихъ инструментовъ, чтобы или избѣжать ихъ, или же путемъ вычисленій исключить ихъ вредное вліяніе; словомъ, они должны обращаться съ этими инструментами и обработывать полученныя при помощи нихъ результаты такимъ образомъ, чтобы, устранивъ, насколько это отъ нихъ зависитъ, всѣ ошибки и погрѣшности, по возможности приблизиться къ истинѣ.

§ 2. **Инструменты древнихъ. Гномонъ.** Самый древній и самый простой инструментъ изъ всѣхъ, которые только намъ извѣстны, это — гномонъ, о которомъ мы уже выше говорили (часть I, § 23). Онъ состоитъ изъ вертикальнаго стержня и предназначенъ, главнымъ образомъ, для наблюденій солнца. Если измѣрить длину тѣни, отбрасываемой на горизонтальную плоскость стоящимъ на ней стержнемъ гномона, освѣщаемымъ солнцемъ, то по извѣстной длинѣ стержня можно опредѣлить высоту солнца, какъ это было показано въ цитированномъ мѣстѣ.

Древніе наблюдали гномономъ солнце, главнымъ образомъ, во время обоихъ солнцестояній (часть I, § 21), т.-е. въ началѣ лѣта и въ началѣ зимы, когда солнце въ полдень находится на наибольшей или на наименьшей высотѣ, и изъ этихъ наблюденій опредѣляли наклонность эклиптики къ экватору (часть I, § 22). Въ указанномъ выше мѣстѣ (часть I, § 23) мы привели наиболѣе древнія наблюденія при помощи гномона; тамъ же было указано и вообще одно изъ самыхъ древнихъ астрономическихъ наблюденій, какія только дошли до насъ, а именно наблюденіе, произведенное въ Китаѣ за 1100 лѣтъ до Р. Хр. Тамъ же было упомянуто и другое наблюденіе, также относящееся къ глубокой древности, а именно наблюденіе, произведенное грекомъ Питеасомъ за 350 лѣтъ до Р. Хр.

Но такъ какъ конецъ тѣни, отбрасываемой гномономъ, обыкновенно не бываетъ рѣзко ограниченъ вслѣдствіе того, что тѣнь окружена еще полутѣнью, то лучше всего укрѣпить на верхнемъ концѣ гномона вертикальную пластинку съ маленькимъ круглымъ отверстіемъ и затѣмъ измѣрять разстояніе отъ основанія гномона до изображенія солнца на землѣ, полученнаго при помощи этого отверстія. Александрійскіе греки и среди нихъ въ особенности Эратосѳенъ, а раньше нихъ египтяне и китайцы, часто пользовались этимъ простымъ инструментомъ, указаніе на который они получили отъ самой природы, такъ какъ они должны были замѣтить, что длина тѣни, отбрасываемой горой, деревомъ, башней и вообще различными предметами, мѣняется съ теченіемъ времени.

Въ царствованіе императора Августа въ Римъ былъ перевезенъ большой обелискъ,

---

какъ сгибаются самыя легкія тѣла, подпертыя въ серединѣ (напримѣръ, китовый усъ). Другимъ средствомъ для изслѣдованія деформацій тѣлъ являются наши въ высшей степени чувствительные уровни. Если поставить такой уровень на подоконникъ и затѣмъ сильно надавить рукой на оконную раму, то какъ бы ни была прочна стѣна дома, пузырекъ уровня измѣнитъ свое положеніе на замѣтную величину; если затѣмъ прекратить давленіе, то пузырекъ, снова придетъ въ свое первоначальное положеніе. Такимъ образомъ, ясно, что какъ стѣна дома, такъ и фундаменты астрономическихъ инструментовъ поддаются самому легкому давленію

высотою въ 117 римскихъ футовъ, воздвигнутый въ Египтѣ Сезострисомъ въ 967 году до Р. Хр. Этотъ обелискъ, по предложенію Манлія, былъ поставленъ на Марсовомъ полѣ для того, чтобы при помощи него, какъ говоритъ Плиній, слѣдить за движеніемъ солнца; но имъ пользовались тамъ больше, какъ солнечными часами, и по прохожденію изображенія солнца черезъ полуденную линію (введеніе § 7), вычерченную по полу выстроеннаго за гномономъ помѣщенія, опредѣляли моментъ истиннаго полудня. Кошу-Кингъ въ 1278 г. устроилъ въ Пекинѣ гномонъ, высотою въ 13 метровъ, а высота гномона, поставленнаго въ 1430 году Улугъ-Беемъ въ Самаркандѣ, достигала 55 метровъ.

Въ теченіе послѣднихъ столѣтій нашего лѣтосчисленія, главнымъ образомъ, итальянцы старались воздвигать гномоны значительной высоты. Съ этой цѣлью они пользовались своими высокими церквами, стѣны которыхъ имѣли наверху отверстія, дававшія на полу церкви съ противоположной стороны изображенія солнца. Такой гномонъ былъ устроенъ въ 1467 году Павломъ Тосканелли въ куполѣ знаменитаго флорентійскаго собора. Отверстіе здѣсь было сдѣлано на высотѣ 90 метровъ отъ основанія храма. Это самый высокій изъ всѣхъ извѣстныхъ гномоновъ. Гассенди въ 1636 году устроилъ такой приборъ, высотою въ 17 метровъ, въ одной изъ церквей въ Марсели; высота гномона въ церкви святого Петронія въ Болоньѣ, построеннаго Игнаціемъ Данти и реставрированнаго Кассини, равна 22 метрамъ; Біанкини продѣлалъ съ той же цѣлью въ картезіанскомъ соборѣ въ Римѣ (древнія бани Діоклетіана) два отверстія на высотѣ 20 и 24 метровъ. Сюлли и Ле-Монье сдѣлали въ храмѣ святого Сюльпиція въ Парижѣ гномонъ, высотою въ 26 метровъ, при помощи котораго Ле-Монье въ теченіе многихъ лѣтъ наблюдалъ солнце во время солнцестояній, причемъ высоту солнца онъ отмѣчалъ на противолежащей мраморной плитѣ. Одинъ изъ послѣднихъ гномоновъ былъ устроенъ въ 1786 году астрономами Цезаріусомъ и Реджіо въ каѳедральномъ соборѣ въ Миланѣ. Теперь этотъ инструментъ совсѣмъ не употребляется, такъ какъ точность производимыхъ при помощи него наблюденій далеко уступаетъ той, которой можно достигнуть, пользуясь другими инструментами. Главная причина этого заключается въ томъ, что измѣреніе длины тѣни производится не точно, и, кромѣ того, высокія сооруженія съ теченіемъ времени мѣняютъ свое положеніе. Мы уже выше говорили о томъ, какъ легко поддаются даже незначительному давленію самыя прочныя стѣны. Дѣйствіе же солнца на освѣщаемую имъ стѣну и сжатіе этой стѣны и грунта, на которомъ она стоитъ, отъ зимнихъ холодовъ, конечно, должны быть гораздо значительнѣе. Еще Бугеръ произвелъ поучительный въ этомъ отношеніи рядъ наблюденій. Желая дать телескопу при своихъ наблюденіяхъ неизмѣнное, какъ онъ думалъ, положеніе, онъ вдѣлалъ его въ стѣну парижскаго Дворца Инвалидовъ. Но онъ скоро замѣтилъ, что телескопъ мѣняетъ свое положеніе въ зависимости отъ того, съ какой стороны зданіе освѣщается солнцемъ. Пользуясь вставленными въ стѣну уровнями, защищенными отъ непосредственнаго нагрѣванія солнцемъ, миланскіе астрономы замѣтили суточныя колебанія очень прочныхъ зданій, причемъ эти колебанія находились въ полной зависимости отъ положенія солнца. Обсерваторія Піацци въ Палермо, бывшая прежде башней арабскаго эмира, отличалась необыкновенной прочностью: толщина стѣнъ ея доходила до 2 метровъ. Изъ этой обсерваторіи Піацци въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ наблюдалъ полярную звѣзду, надѣясь по ея перемѣщеніямъ опредѣлить ея годичный параллаксъ (часть II, § 175). И, дѣйствительно, онъ обнаружилъ измѣненія въ ея положеніи съ годичнымъ періодомъ, причемъ ея перемѣщенія имѣли почти такой же характеръ, какъ и параллактическое движеніе звѣздъ; но потомъ оказалось, какъ это замѣтилъ и самъ Піацци, что движеніе совершала не звѣзда, а его обсерваторія, которая, несмотря на всю свою прочность, колебалась въ ту или другую сторону въ зависимости отъ временъ года.

§ 3. **Древніе инструменты: трикветръ, квадрантъ, астролябія, армиллярная сфера.** Греки александрійской школы пользовались для опредѣленія высоты свѣтила инструмен-

томъ, состоявшимъ изъ трехъ соединенныхъ вмѣстѣ линеекъ, который назывался поэтому трикветромъ. Онъ изображенъ на рис. 272 въ томъ видѣ, какъ его описалъ Птоломей въ своемъ Альмагестѣ. Этотъ инструментъ состоитъ изъ вертикальнаго столба AB, къ которому на шарнирахъ придѣланы двѣ линейки BC и AC. Перпендикулярно къ линейкѣ BC прикрѣплены два діоптра m и n, изъ которыхъ каждый снабженъ маленькимъ отверстіемъ. Линейку BC поднимаютъ до тѣхъ поръ, пока глазъ, находясь у діоптра m, не увидитъ звѣзды черезъ оба отверстія; удерживая затѣмъ линейку BC въ этомъ положеніи, къ ней прикладываютъ другую линейку AC такимъ образомъ, чтобы разстоянія BA и BC были равны между собой. Съ этой цѣлью линія BA и равная ей BC раздѣлены на одинаковое число равныхъ частей; такія же части нанесены и на третью линейку, причемъ на этой послѣдней дѣленія продолжаются нѣсколько дальше, а именно отъ A до D. Вслѣдствіе этого для каждаго отдѣльнаго наблюденія при только-что описанномъ положеніи трехъ линеекъ получается равнобедренный треугольникъ ABC, въ которомъ двѣ равныя стороны BA и BC являются радіусами круга, центръ котораго лежитъ въ точкѣ B, а третья сторона AC представляетъ собой хорду, на которую опирается противолежащій ей уголъ ABC. Для каждаго положенія линеекъ длину хорды мы получимъ, сосчитавъ число дѣленій линейки AD, заключающихся между A и C; зная хорду AC, соотвѣтствующій ей уголъ ABC, мы найдемъ по заранѣе вычисленной для этого таблицѣ, въ которой для каждой хорды круга извѣстнаго радіуса дается величина угла, опирающагося на эту хорду, совершенно такъ же, какъ по нашимъ таблицамъ синусовъ для каждаго угла мы находимъ соотвѣтствующій ему синусъ, да и въ дѣйствительности синусъ угла есть не что иное, какъ половина хорды вдвое большаго центральнаго угла. Легко видѣть, что найденный такимъ образомъ уголъ равняется искомому зенитному разстоянію свѣтила. Положимъ, напримѣръ, что радіусы AB и BC раздѣлены на 60 частей, и при какомъ-нибудь наблюденіи найдено, что длина хорды AC равна 50 такимъ частямъ; тогда зенитное разстояніе звѣзды будетъ равно $49^\circ\ 15'$, а высота $40^\circ\ 45'$.

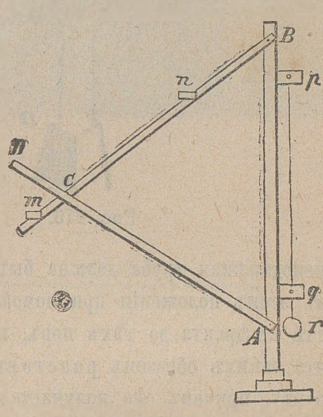


Рис. 272.

Для болѣе точной установки столба AB въ вертикальномъ положеніи служитъ отвѣсъ pq; онъ представляетъ собою свободно висящую нить, натянутую грузомъ r; столбъ AB долженъ быть поставленъ параллельно этому отвѣсу.

Понятно, что наблюденія съ такимъ инструментомъ, если бы даже онъ былъ построенъ самымъ тщательнымъ образомъ современными механиками, не могутъ отличаться большой точностью. Поэтому слѣдовавшіе за греками арабы пользовались этимъ инструментомъ только въ началѣ своихъ занятій астрономіей и вскорѣ замѣнили его квадрантомъ, который мы описали въ введеніи (§ 19), и который, впрочемъ, также больше не употребляется. Поэтому относительно этого инструмента мы здѣсь только замѣтимъ, что самый большой квадрантъ, какимъ только вообще пользовались для астрономическихъ наблюденій, принадлежалъ Улугъ-Бею. Этотъ знаменитый астрономъ (часть I, § 55) около 1430 г. былъ владѣтелемъ странъ, расположенныхъ по рѣкѣ Оксусъ, и въ своемъ главномъ городѣ Самаркандѣ поставилъ квадрантъ такой величины, что, по показанію турецкихъ историковъ, діаметръ равнялся высотѣ Софійскаго собора въ Константинополѣ, т.-е. достигалъ 180 римскихъ футовъ.

Для опредѣленія положеній планетъ на небесномъ сводѣ, что представляетъ особую важность вслѣдствіе движенія этихъ свѣтилъ, древніе астрономы обыкновенно наблюдали ихъ разстоянія отъ двухъ сосѣднихъ неподвижныхъ звѣздъ, положеніе которыхъ было за-

ранѣе извѣстно. Для этой цѣли они должны были дать квадранту нѣсколько иное устройство. Во-первыхъ, они снабдили его двумя діоптрами или зрительными трубами, изъ которыхъ одна CB (рис. 273) вращается около центра C, другая же прикрѣплена къ квадранту въ неизмѣнномъ положеніи CA. Во-вторыхъ, необходимо было, чтобы самый квадрантъ AM легко устанавливался въ какомъ угодно положеніи, что проще всего достигается при помощи подставки, носящей названіе баксы. Въ верхней части столба D, поддерживающаго квадрантъ, укрѣпляется металлическій цилиндръ, который наверху снабженъ шарообразной чашей E; въ эту чашу входитъ шаръ a, который можно закрѣпить винтомъ n. При такомъ устройствѣ квадрантъ ABM можетъ быть установленъ въ любомъ, наклонномъ къ горизонту, положеніи; для этого нужно только ослабить зажимной винтъ n. дать квадранту требуемое положеніе и снова закрѣпить винтъ.

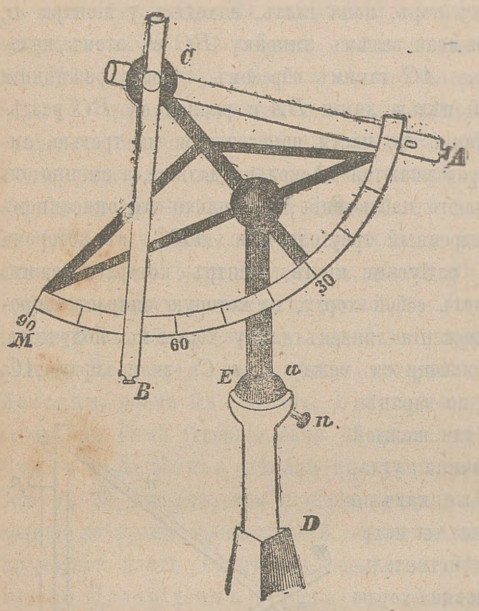


Рис. 273.

Если при помощи этого инструмента нужно измѣрить разстояніе между двумя свѣтилами, напр., между планетой, положеніе которой опредѣляютъ, и звѣздой, координаты *) которой уже извѣстны, то прежде всего приводятъ квадрантъ въ такое положеніе, чтобы онъ лежалъ въ плоскости, проходящей черезъ глазъ наблюдателя и оба свѣтила, причемъ неподвижная труба должна быть направлена на одно изъ свѣтилъ. Закрѣпивъ квадрантъ въ этомъ положеніи при помощи зажимного винта, передвигаютъ другую трубу въ плоскости квадранта до тѣхъ поръ, пока черезъ нее не будетъ видно другое свѣтило. Очевидно, что такимъ образомъ разстояніе между двумя свѣтилами можно прямо отсчитать по квадранту, причемъ оно получается точнѣе всего тогда, когда съ этимъ инструментомъ работаютъ сразу два наблюдателя и каждый изъ нихъ смотритъ только въ одну изъ трубъ.

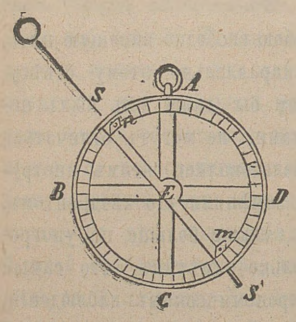


Рис. 274.

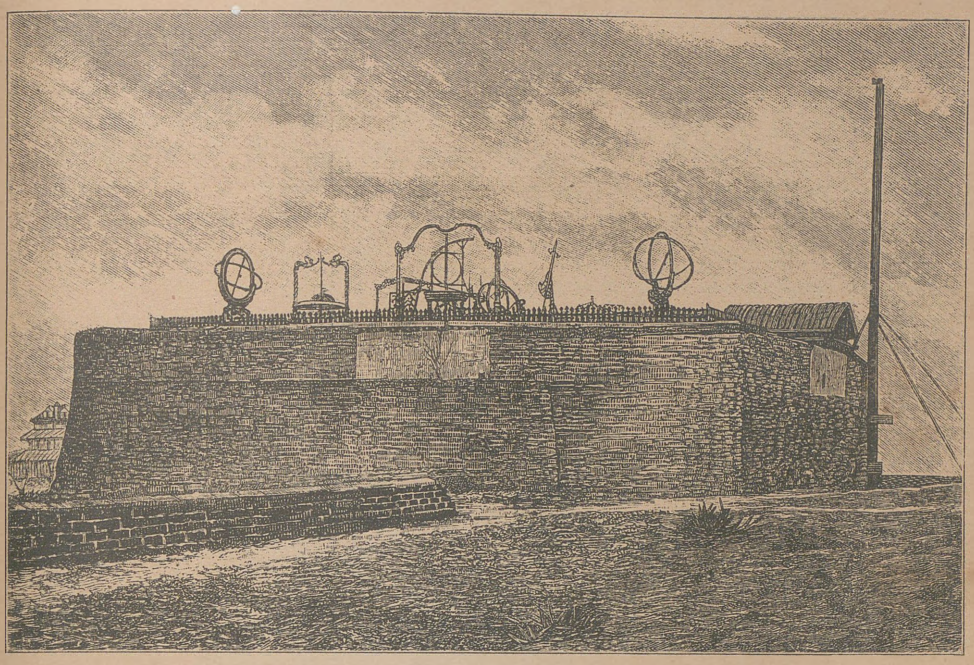
Этимъ способомъ опредѣленія положенія планетъ, который, впрочемъ, требуетъ довольно сложныхъ вычисленій, пользовались главнымъ образомъ, Тихо, Гевелій и даже еще Фламстидъ.

Астролябія, или астрономическое кольцо, состоитъ изъ раздѣленнаго на градусы круга $ABCD$ (рис. 274), въ центрѣ котораго вращается алидада, или линейка ss', снабженная двумя перпендикулярными къ ней діоптрами m и n. Во время наблюденій этотъ приборъ подвѣшивается за маленькое кольцо A, причемъ діаметръ BD въ этомъ случаѣ долженъ занимать горизонтальное положеніе. Если теперь алидаду ss', при этомъ положеніи прибора, поставить такимъ образомъ, чтобы звѣзда была видна черезъ отверстія обоихъ діоптровъ или чтобы оба эти отверстія были одновременно освѣщены солнцемъ, то уголъ $S'ED$ между алидадой и діаметромъ ED или равный ему уголъ SEB будетъ искомой высотой звѣзды или солнца.

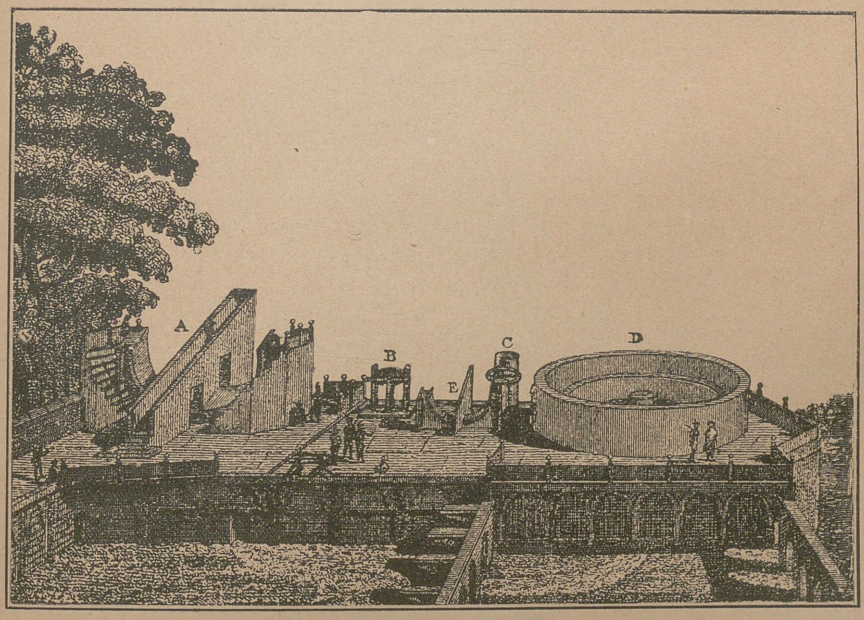
---

*) Координатами называются величины, опредѣляющія положеніе звѣзды на небѣ, напр., прямое восхожденіе и склоненіе, долгота и широта.

Переводчикъ.



Астрономичєская сбсерваторія въ Пекинѣ.



Астрономическая обсерваторія въ Бенарєсѣ.

Чтобы сдѣлать этотъ инструментъ болѣе удобнымъ для употребленія, его часто устанавливали на штативъ, причемъ вмѣсто полной окружности ограничивались дугой въ 45° или 60°. Смотря по длинѣ дуги, такой инструментъ получалъ названіе октанта или секстанта.

Однако, нетрудно видѣть, что этотъ инструментъ имѣетъ много недостатковъ. Поэтому имъ пользовались очень недолго и только у моряковъ, которые обыкновенно довольствуются небольшой точностью, онъ сохранился до восемнадцатаго столѣтія. Впрочемъ, впослѣдствіи подъ именемъ астролябіи разумѣли горизонтально установленный кругъ съ алидадой, діоптры которой были достаточно высоки для того, чтобы черезъ ихъ отверстія можно было наблюдать верхнія части высокихъ земныхъ предметовъ и даже звѣзды. Ниже мы познакомимъ читателя съ подобнымъ же, но гораздо болѣе совершеннымъ инструментомъ, который извѣстенъ подъ именемъ теодолита.

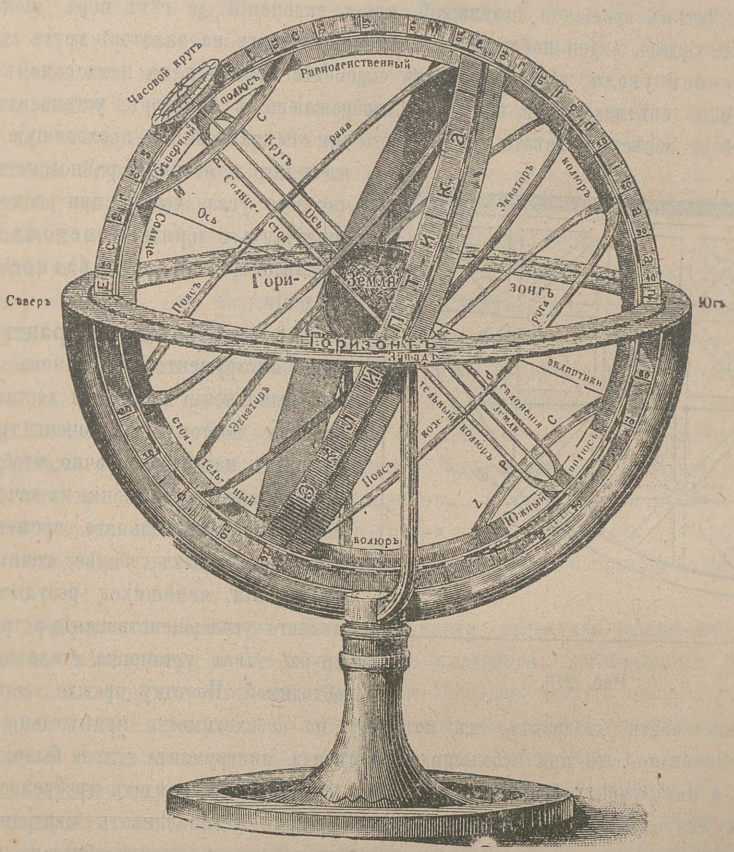


Рис. 275.

Армиллярныя сферы или армиллы, изобрѣтенныя, по всей вѣроятности, Эратосѳеномъ изъ Киренъ (родился около 276 года до Р. Хр.), состоятъ изъ собранія круговъ, которыми можно представить экваторъ, эклиптику и перпендикулярные къ нимъ круги. На рис. 275 изображенъ такого рода приборъ, которымъ пользовались еще Гиппархъ и Птоломей, и при помощи котораго Тихо Браге произвелъ бо́льшую часть своихъ наблюденій надъ планетами. Большой кругъ, перпендикулярный къ горизонту и занимающій вертикальное положеніе, при наблюденіяхъ долженъ быть установленъ въ плоскости меридіана, такъ чтобы точки сѣвера и юга на армиллярной сферѣ дѣйствительно были направлены—первая къ сѣверу, а вторая къ югу. Далѣе, сѣверный полюсъ армиллярной сферы долженъ быть направленъ на сѣверный полюсъ міра, что достигается пере-

движеніемъ круга, представляющаго меридіанъ, въ подставкѣ всего прибора. Средина оси, соединяющей сѣверный и южный полюсы, совпадаетъ съ центромъ армиллярной сферы, а также съ центромъ шара, помѣщеннаго внутри армиллы и представляющаго землю. Большой кругъ, перпендикулярный къ упомянутой оси, есть не что иное, какъ экваторъ. Этотъ кругъ снабженъ двумя діаметрально противоположными діоптрами, которые могутъ передвигаться по экватору. Перпендикулярно къ экватору проходитъ другой большой кругъ, который можетъ свободно вращаться вокругъ оси, соединяющей сѣверный и южный полюсы. Этотъ кругъ представляетъ собою кругъ склоненій и также снабженъ двумя діаметрально противоположными діоптрами, которые могутъ передвигаться по кругу склоненій.

При наблюденіяхъ съ этимъ инструментомъ прежде всего необходимо его оріентировать, т.-е. необходимо надлежащимъ образомъ установить въ немъ горизонтъ, меридіанъ и ось міра. Затѣмъ вращаютъ подвижной кругъ склоненій до тѣхъ поръ, пока черезъ его діоптры не будетъ видно наблюдаемое свѣтило, причемъ на экваторѣ кругъ склоненій укажетъ часовой уголъ, а діоптры круга склоненій отмѣтятъ на немъ самомъ склоненіе наблюдаемаго свѣтила. Если на кругѣ, изображающемъ экваторъ, установить діоптры по какой-нибудь извѣстной звѣздѣ такъ, чтобы они отмѣчали линію, проходящую черезъ точки весенняго и осенняго равноденствій, то, кромѣ часового угла, можно при помощи армиллы опредѣлить и прямое восхожденіе свѣтила, а слѣдовательно, и звѣздное время наблюденія.

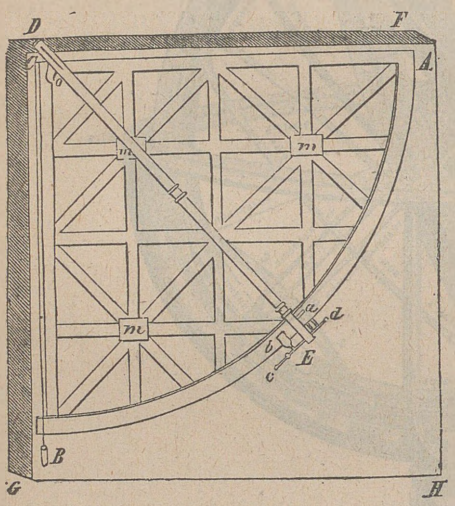


Рис. 276.

§ 4. **Стѣнной квадрантъ.** Описанные выше инструменты при самомъ тщательномъ ихъ выполненіи не имѣли достаточной устойчивости; поэтому было очень трудно установить ихъ настолько прочно, чтобы они не измѣняли своего положенія въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени; а между тѣмъ при новыхъ, болѣе точныхъ методахъ наблюденій, явившихся результатомъ постепеннаго усовершенствованія астрономическихъ трубъ, такая установка стала совершенно необходимой. Поэтому прежде всего постарались усовершенствовать квадрантъ, къ которому по необходимости принуждены были обратиться. Очевидно, что при небольшихъ размѣрахъ инструмента нельзя было точно нанести дѣленія, а инструменту большихъ размѣровъ трудно было придать требуемое положеніе и удержать его въ этомъ положеніи; поэтому рѣшили устанавливать квадранты большихъ размѣровъ неизмѣнно въ плоскости меридіана и наблюдать, такимъ образомъ, звѣзды только въ моментъ ихъ кульминаціи. Такъ появился стѣнной квадрантъ, который еще въ концѣ XVIII в. былъ однимъ изъ лучшихъ и наиболѣе употребительныхъ астрономическихъ инструментовъ.

Стѣнной квадрантъ ABC (рис. 276) состоитъ изъ нѣсколькихъ толстыхъ металлическихъ полосъ, крѣпко соединенныхъ между собою, и металлической же дуги круга AB. Тамъ, гдѣ эти полосы прикрѣпляются другъ къ другу, въ точкахъ m, m, m, весь инструментъ крѣпкими винтами привинчивается къ стѣнѣ, возведенной въ плоскости меридіана. Легко себѣ представить при этихъ винтахъ такія приспособленія, которыя позволяли бы нѣсколько измѣнять положеніе всего инструмента, такъ что можно установить его точно въ плоскости меридіана и немного передвигать въ этой плоскости. Сверху, къ крючку C прикрѣпленъ отвѣсъ CB; пока оба крайніе радіуса квадранта CA и CB будутъ сохра-

нять свое положеніе относительно горизонта, отвѣсъ будетъ неизмѣнно проходить черезъ одну и ту же точку нижней части раздѣленной на градусы дуги AB. Если же нить пройдетъ черезъ другую точку, то это будетъ значить, что квадрантъ отклонился отъ своего первоначальнаго положенія, и это отклоненіе слѣдуетъ принять во вниманіе при вычисленіяхъ или же исправить его съ помощью вышеупомянутыхъ приспособленій при винтахъ m, m,... Нить отвѣса заключена въ футляръ, предохраняющій ее отъ движеній воздуха; для того же, чтобы уменьшить излишнюю подвижность гири B, ее погружаютъ въ сосудъ съ водою. Зрительная труба DE вращается вокругъ центра O квадранта, параллельно плоскости послѣдняго. Окулярная часть ея E при помощи винта cd и двойной металлической пластинки b соединяется съ краемъ инструмента. Эта пластинка охватываетъ дугу круга въ видѣ вилки; обѣ части ея могутъ быть сближены между собою особымъ винтомъ, послѣ чего труба оказывается закрѣпленной. Если же обѣ части пластинки раздвинуты, то трубу можно свободно вращать вокругъ центра O и привести ее въ любую точку квадранта, закрѣпивъ ее тамъ при помощи упомянутаго винта при b; винтомъ cd можно сообщать ей небольшія передвиженія, что даетъ возможность направить трубу какъ-разъ на наблюдаемую звѣзду. Съ другой стороны, противоположной той, гдѣ находится пластинка b, къ окуляру прикрѣплена металлическая пластинка a, на которую нанесены дѣленія; она называется верньеромъ и служитъ для болѣе точнаго отсчитыванія дѣленій, нанесенныхъ на кругѣ; о ней мы будемъ говорить ниже.

Первый, наблюдавшій этимъ инструментомъ, былъ Тихо; какъ изобрѣтатель этого инструмента, онъ далъ ему названіе Quadrans Tychonicus. Радіусъ его квадранта былъ очень великъ, а потому при помощи поперечнаго масштаба, о которомъ мы будемъ говорить ниже, онъ имѣлъ возможность раздѣлить дугу квадранта до 10″; несмотря на это, средняя ошибка его наблюденій доходитъ до 1′. У ближайшихъ его предшественниковъ, Вальтера, Регіомонтана, Вильгельма IV Гессенскаго и другихъ, затратившихъ на свои инструменты не мало труда и денегъ, ошибка была около 10′; не лучше шло дѣло и у арабовъ, несмотря на ихъ громадные инструменты. Птоломей въ своемъ Альмагестѣ утверждаетъ, что изъ наблюденій его и Гиппарха можно получить углы съ точностью до 4′; но наблюденія александрійскихъ грековъ обнаруживаютъ гораздо болѣе значительныя ошибки.

Болѣе совершенные астрономическіе инструменты появились только около половины XVIII столѣтія; между ними особенно выдаются квадранты, изготовленные англійскими мастерами съ небывалой до тѣхъ поръ точностью. Большая заслуга принадлежитъ Фламстиду (род. въ 1646 г., умеръ въ 1719), такъ какъ онъ первый примѣнилъ для опредѣленія положеній звѣздъ снабженный зрительной трубою квадрантъ въ соединеніи съ часами, благодаря чему ему удалось довести среднюю ошибку наблюденій до 10″. Въ 1725 г. Грахамъ построилъ одинъ изъ лучшихъ стѣнныхъ квадрантовъ, съ радіусомъ въ 2,44 метра, которымъ наблюдалъ Галлей въ Гринвичѣ. Затѣмъ, подъ руководствомъ Грахама, Джонатанъ Зиссонъ изготовилъ другой квадрантъ, которымъ до 1751 г. наблюдалъ Ле-Монье въ Парижѣ; затѣмъ этотъ квадрантъ былъ перевезенъ въ Берлинъ, гдѣ Лаландъ, по уговору съ Лакайлемъ, производилъ имъ тѣ же наблюденія, которыя послѣдній дѣлалъ одновременно на мысѣ Доброй Надежды. Знаменитый англійскій механикъ Бирдъ приготовилъ нѣсколько превосходныхъ инструментовъ этого типа. Одинъ изъ нихъ, съ радіусомъ въ 2,44 метра, былъ сдѣланъ для Гринвича, гдѣ Брадлей съ 1750 до 1762 г. опредѣлялъ имъ склоненія звѣздъ съ необыкновенной точностью, а именно до 1″; настолько же точно онъ опредѣлилъ и прямыя восхожденія съ помощью полуденной трубы. Затѣмъ, два квадранта были изготовлены Бирдомъ для Оксфорда, столько же для Петербурга, Гёттингена, Кадикса, Мангейма и Парижа: каждая обсерваторія обыкновенно пріобрѣтала по два такихъ инструмента, такъ какъ, въ силу самаго ихъ устройства, каждый изъ

пихъ можетъ быть назначенъ для наблюденій или исключительно въ сѣверной, или исключительно въ южной части меридіана. Французскій министръ финансовъ Бержере заказалъ въ Англіи въ 1775 г. для парижской военной школы стѣнной квадрантъ, которымъ вначалѣ много наблюдалъ Д'Ажеле, впослѣдствіи же имъ воспользовался Лаландъ (Michel Jean Jérôme le Français), племянникъ знаменитаго астронома (Joseph Jérôme le Français de Lalande), для своихъ усердныхъ и многолѣтнихъ наблюденій, давшихъ ему положенія около 50000 звѣздъ, которыя въ 1847 году были занесены въ каталогъ и опубликованы подъ редакціей Байли. До сихъ поръ еще никакой другой инструментъ не далъ столько полезныхъ наблюденій. Рамсденъ, одинъ изъ замѣчательныхъ механиковъ всѣхъ временъ, сдѣлалъ большіе стѣнные квадранты для обсерваторій въ Падуѣ, Миланѣ и Вильнѣ, и наконецъ подобный же инструментъ для Бленхейма въ Англіи; этотъ послѣдній инструментъ могъ вращаться вокругъ прочной вертикальной оси въ плоскости горизонта, и вообще былъ однимъ изъ совершеннѣйшихъ приборовъ, вышедшихъ до того времени изъ рукъ мастеровъ.

Но какъ ни были хороши эти инструменты въ сравненіи съ тѣми, которые употреблялись раньше, все же они не могли удовлетворять постоянно возраставшимъ требованіямъ новѣйшей астрономіи. Во-первыхъ, чрезвычайно трудно или даже совершенно невозможно было добиться того, чтобы такая большая дуга все время оставалась въ одной плоскости, не претерпѣвая гнутія и искривленія; не менѣе затруднительно было укрѣпить трубу такимъ образомъ, чтобы она во всѣхъ положеніяхъ была строго параллельна плоскости квадранта. Затѣмъ, благодаря неподвижности инструмента, трудно было повѣрять, насколько точно онъ установленъ, и, наконецъ, вслѣдствіе своихъ значительныхъ размѣровъ, инструментъ былъ сильно подверженъ дѣйствію температуры. Обыкновенно въ помѣщеніяхъ, гдѣ производятся наблюденія, воздухъ наверху бываетъ теплѣе, чѣмъ внизу, а потому верхнія части инструмента расширяются больше нижнихъ, и вообще расширеніе различныхъ частей его не одинаково, что оказываетъ чрезвычайно вредное вліяніе на наблюденія, такъ какъ дѣйствіе этого расширенія очень трудно принять во вниманіе.

Однако, всѣ эти недостатки стали ощутительными только послѣ всеобщаго распространенія и усовершенствованія зрительной трубы, расширившей наши познанія о землѣ и небѣ до такихъ предѣловъ, о которыхъ древніе не имѣли никакого представленія; поэтому прежде чѣмъ перейти къ описанію инструментовъ, употребляющихся въ настоящее время, мы сдѣлаемъ здѣсь нѣсколько замѣчаній, касающихся изобрѣтенія и устройства зрительной трубы.

§ 5. **Изобрѣтеніе и устройство зрительной трубы.** Открытіемъ зрительной трубы человѣкъ обязанъ не своему остроумію, не глубокому размышленію, а слѣпой случайности. И сколь бы великія идеи ни зарождались въ умѣ человѣческомъ, все же едва ли бы когда-нибудь удалось сдѣлать это открытіе исключительно на основаніи теоретическихъ соображеній *). По словамъ Борелли, открытіе это, о которомъ онъ самъ узналъ только въ 1610 г., было сдѣлано еще въ 1590 г. голландскимъ мастеромъ Захаріей Янсеномъ, дѣти котораго случайно соединили вмѣстѣ два изъ множества заготовленныхъ чечевицеобразныхъ стеколъ и, къ удивленію своему, увидѣли черезъ нихъ отдаленные предметы сильно увеличенными. Другіе разсказываютъ тотъ же анекдотъ про Якова Меціуса

*) Гюйгенсъ, который самъ внесъ значительныя усовершенствованія въ это открытіе, говоритъ въ своей діоптрикѣ: «если бы какой-нибудь человѣкъ былъ одаренъ такими умственными способностями, что дошелъ бы до открытія зрительной трубы простымъ размышленіемъ, исходя изъ геометрическихъ принциповъ, то я не могъ бы не признать его высшимъ существомъ, превосходящимъ всѣхъ остальныхъ смертныхъ. Но до этого такъ далеко, что даже долгое время спустя послѣ разсматриваемаго здѣсь открытія, сдѣланнаго совершенно случайно, величайшіе наши ученые не могли найти его настоящаго объясненія».

изъ Алькмара или про Іоанна Липперсгейма изъ Миддельбурга въ Голландіи, и относятъ это открытіе приблизительно къ 1610 году. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Молля изъ Утрехта, истиннымъ изобрѣтателемъ зрительной трубы слѣдуетъ признать Липперсгейма, который въ 1608 г. представилъ ее генеральнымъ штатамъ. Меціусъ, услышавъ объ этомъ, но, повидимому, не зная еще подробностей, почти одновременно пришелъ къ той же идеѣ. Янсенъ же является изобрѣтателемъ микроскопа, и около 1610 г. былъ также однимъ изъ первыхъ мастеровъ, приготовлявшихъ зрительныя трубы.

Итакъ, кусокъ кремнезема, смѣшаннаго съ поташемъ, и дѣтская забава совершенно случайно послужили къ открытію двухъ новыхъ невѣдомыхъ міровъ! Этотъ случай позволилъ намъ какъ бы микроскопическимъ глазомъ червячка разсмотрѣть цвѣты мха, замысловатую ткань и цвѣтную пыль крыльевъ бабочки, замѣтить тѣ крошечныя созданія, которыя тысячами живутъ въ капелькѣ воды и цѣлыми стадами проходятъ черезъ ушко иголки, и въ то же время глазами высшаго существа увидѣть отдаленнѣйшія границы нашей солнечной системы и даже заглянуть по другую сторону этихъ границъ на безчисленныя тайны неба, передъ которыми все, что мы здѣсь внизу считаемъ великимъ и могущественнымъ, кажется незначущимъ и ничтожнымъ. Это одинъ изъ многочисленныхъ примѣровъ того, что не слѣдуетъ оставлять безъ вниманія даже самаго мелкаго явленія природы, потому что какъ бы ни казалось оно намъ вначалѣ незначительнымъ, все же оно можетъ прибавить новое звено въ цѣпи нашихъ знаній, а потому мы должны его, какъ сокровище, цѣны котораго мы не знаемъ, приложить къ запасу другихъ сокровищъ, передаваемыхъ нами потомкамъ, въ надеждѣ, что время и счастье помогутъ нашимъ отдаленнымъ внукамъ обнаружить истинную стоимость хранимаго ими драгоцѣннаго залога.

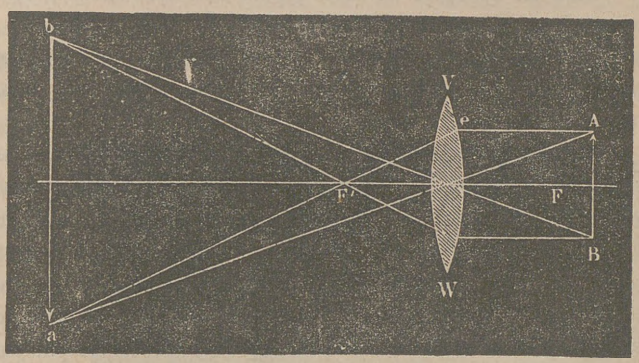


Рис. 277.

Чтобы лучше понять устройство зрительной трубы, нужно прежде всего изслѣдовать, какимъ образомъ лучи свѣта отклоняются отъ своего первоначальнаго направленія или, какъ говорятъ, преломляются при прохожденіи черезъ стеклянную чечевицу. Мы разсмотримъ здѣсь только такъ называемую двояковыпуклую чечевицу VW (рис. 277), обѣ стороны которой выпуклы и представляютъ собою части отшлифованныхъ шаровыхъ поверхностей, одинаковыхъ или различныхъ радіусовъ, съ центрами гдѣ-нибудь на прямой FF', которую называютъ осью чечевицы.

Примѣръ такой чечевицы представляетъ всѣмъ извѣстное обыкновенное зажигательное стекло, которымъ всякій умѣетъ пользоваться. Если одну изъ сторонъ этого стекла обратить къ солнцу, такъ чтобы лучи послѣдняго падали на него приблизительно перпендикулярно, то, помѣстивъ экранъ съ другой стороны чечевицы, на нѣкоторомъ разстояніи отъ нея, мы можемъ замѣтить на экранѣ небольшое круглое, свѣтлое рѣзко очерченное пятно, центръ котораго называютъ фокусомъ чечевицы; температура этого пятна настолько высока, что нерѣдко предметы, на которые оно попадаетъ, загораются. Не трудно убѣдиться, что фокусъ чечевицы лежитъ всегда на ея оси FF', и что упомянутое пятно представляетъ собою не что иное, какъ изображеніе солнца. Это становится очевиднымъ, если чечевицу помѣстить въ темной комнатѣ передъ какимъ-нибудь

отверстіемъ, а съ другой стороны ея поставить бѣлый экранъ; тогда на экранѣ получатся изображенія отдаленныхъ предметовъ, находящихся внѣ комнаты, напримѣръ, другихъ домовъ города, если только разстояніе ихъ отъ чечевицы достаточно велико. Это явленіе происходитъ оттого, что лучи, идущіе отъ отдаленнаго предмета и падающіе на переднюю поверхность чечевицы, проходя черезъ чечевицу, преломляются и пересѣкаются по другую сторону ея такимъ образомъ, что всѣ лучи, идущіе отъ какой-нибудь опредѣленной точки предмета, напримѣръ, отъ верхушки башни, снова собираются въ одну точку, въ которой и получается изображеніе этой верхушки. Сказанное справедливо и для всякой другой точки башни; въ противномъ случаѣ, ея изображеніе не могло бы быть столь яснымъ и отчетливымъ, какъ это бываетъ на самомъ дѣлѣ.

Если предметъ (напр., отдаленная башня или еще болѣе далекое солнце) находится на очень большомъ разстояніи отъ чечевицы, то изображеніе его лежитъ какъ-разъ въ плоскости, проходящей черезъ ея фокусъ. Но въ этомъ случаѣ всѣ лучи, падающіе отъ предмета на чечевицу, можно считать параллельными между собою, и, слѣдовательно, лучи, идущіе параллельно, даютъ изображеніе всегда въ такъ называемой фокальной плоскости чечевицы.

Если же предметъ не такъ далекъ отъ чечевицы, чтобы можно было пренебречь его величиной въ сравненіи съ разстояніемъ, то лучи, падающіе на чечевицу, нельзя уже считать параллельными; проходя черезъ чечевицу, они преломятся иначе, чѣмъ параллельные и потому, изображеніе уже не будетъ лежать въ фокальной плоскости чечевицы, и величина его будетъ другая.

Чтобы для даннаго предмета найти величину и мѣсто его изображенія, проводятъ черезъ какую-нибудь изъ его точекъ A (рис. 277) двѣ прямыя, изъ которыхъ одна Aa проходитъ черезъ центръ чечевицы, а другая Ae параллельна ея оси. Если затѣмъ черезъ точку e и фокусъ F' чечевицы провести прямую eF' и продолжить ее до пересѣченія съ прямой Aa, то точка пересѣченія a и будетъ искомымъ изображеніемъ точки A. Обозначая разстояніе изображенія ab отъ центра чечевицы буквой α, а величину изображенія буквой β, фокусное разстояніе чечевицы или, иначе говоря, разстояніе фокуса отъ центра чечевицы буквой f, разстояніе предмета AB отъ центра чечевицы буквой a и величину предмета буквой b, получаемъ для α и β слѣдующія два уравненія:

$$\alpha = \frac{af}{a-f}, \qquad \beta = \frac{bf}{a-f}.$$

Первое изъ нихъ даетъ намъ разстояніе, а второе величину изображенія.

Съ увеличеніемъ разстоянія a предмета отъ чечевицы величина β и разстояніе α изображенія уменьшаются, и самое изображеніе приближается къ фокусу. Если же, наоборотъ, предметъ AB приближается къ чечевицѣ, то его изображеніе ab удаляется отъ нея, и въ то же время его размѣры увеличиваются до тѣхъ поръ, пока предметъ не придетъ въ плоскость, проходящую черезъ точку F, отстоящую отъ чечевицы на такое же разстояніе, какъ и фокусъ F'; въ этомъ послѣднемъ случаѣ изображеніе предмета удаляется въ безконечность, потому что лучи, падающіе на чечевицу изъ точки F послѣ преломленія дѣлаются параллельными между собою. Итакъ, весьма удаленный предметъ даетъ изображеніе въ фокальной плоскости чечевицы, а изображеніе предмета, помѣщеннаго въ фокальной плоскости, находится на безконечномъ разстояніи отъ чечевицы; иначе говоря, всѣ лучи, идущіе отъ предмета, находящагося въ фокальной плоскости, послѣ преломленія въ чечевицѣ идутъ параллельнымъ пучкомъ. Кромѣ того, нетрудно замѣтить, что во всѣхъ перечисленныхъ случаяхъ изображеніе будетъ обратнымъ, напр., изображеніе a высшей точки предмета будетъ лежать всего ниже подъ осью FF' чечевицы.

Послѣ этого объясненія дѣйствія простой чечевицы, нетрудно понять устройство зри-

тельной трубы. Простѣйшіе оптическіе инструменты этого рода состоятъ изъ двухъ чечевицъ, вставленныхъ на концахъ трубы такимъ образомъ, что оси ихъ и фокусы совпадаютъ.

Положимъ, что предметъ находится на весьма значительномъ разстояніи отъ большей чечевицы O, которая иначе называется объективомъ (рис. 278). Другая, меньшая чечевица носитъ названіе окуляра. Оба эти техническія выраженія впервые были введены капуцинномъ Ширлеусомъ Рейта. $OO'F$ есть общая ось обѣихъ чечевицъ, а лежащая на ней точка F—ихъ общій фокусъ.

Очевидно, что при такомъ расположеніи чечевицъ лучи, идущіе отъ далекаго предмета и параллельные оси, падая на объективъ O, даютъ изображеніе въ его фокальной плоскости aFb; это изображеніе разсматривается въ окуляръ O' какъ новый предметъ, а такъ какъ оно находится также въ фокальной плоскости окуляра, то лучи свѣта, преломившись въ чечевицѣ O', попадаютъ въ глазъ наблюдателя параллельнымъ пучкомъ, и въ этомъ состоитъ первое важное свойство зрительной трубы, такъ какъ нормальный глазъ только тогда можетъ ясно видѣть предметъ, когда лучи, идущіе отъ всѣхъ точекъ послѣдняго, параллельны между собою. Но зрительная труба имѣетъ и другія еще болѣе важныя преимущества.

Точка отдаленнаго предмета, лежащая какъ-разъ на оси чечевицъ, отбрасываетъ на объективъ O множество лучей, которые можно считать параллельными между собой и параллельными оси OF и которые, такъ сказать, сплошь покрываютъ объективъ. Эти лучи, преломившись въ объективѣ, соединяются въ его фокусѣ F и даютъ тамъ изображеніе вышеупомянутой точки. Изъ F эти лучи падаютъ расходящимся пучкомъ на окуляръ O' и, преломившись въ немъ вторично, выходятъ оттуда уже параллельными. Такъ какъ главный лучъ OFO', совпадающій съ направленіемъ оси обѣихъ чечевицъ, проходитъ черезъ обѣ чечевицы, не преломляясь, то его направленіе будетъ направленіемъ всѣхъ лучей, идущихъ отъ вышеупомянутой точки, потому что послѣ вторичнаго преломленія всѣ лучи становятся параллельными между собою.

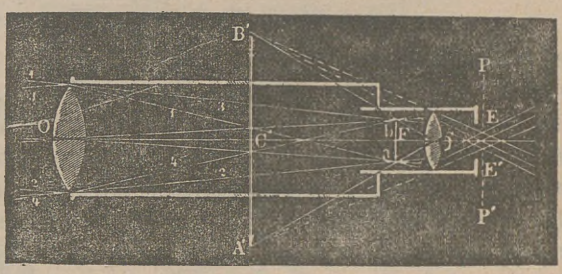


Рис. 278.

Разсмотримъ теперь высшую точку нашего весьма удаленнаго предмета, т.-е. такую точку, которая выше всѣхъ находится надъ осью OFO'. Отъ этой точки также идетъ множество лучей, которые можно считать параллельными между собою, а такъ какъ величина предмета весьма мала въ сравненіи съ его разстояніемъ отъ объектива O, то лучи эти можно считать также параллельными и оси OFO'; падая на объективъ, они также сплошь покроютъ его, а, преломившись, соединятся въ какой-нибудь точкѣ a, гдѣ, такимъ образомъ, получится изображеніе разсматриваемой нами точки. Но главный лучъ, идущій отъ высшей точки именно лучъ Oa, пройдетъ черезъ центръ O объектива, не преломившись, и потому точка a будетъ лежать на пересѣченіи этого луча Oa съ перпендикуляромъ, возставленнымъ въ фокусѣ F къ оси OFO'. Подобнымъ же образомъ получимъ изображеніе b низшей точки нашего предмета. Отрѣзокъ ab представляетъ, такимъ образомъ, изображеніе предмета. Нетрудно видѣть, что это изображеніе тѣмъ меньше, чѣмъ меньше фокусное разстояніе OF объектива O. Пересѣкшись въ точкѣ a всѣ лучи, идущіе отъ высшей точки предмета, затѣмъ снова расходятся, падаютъ на окуляръ O' и, преломившись въ немъ, выходятъ оттуда уже параллельными. Чтобы найти общее направленіе всѣхъ этихъ лучей, достаточно продолжить лучъ aO', который, какъ главный лучъ,

идущій изъ точки a, пройдетъ черезъ центръ O' окуляра, не преломившись, и дастъ намъ направленіе всѣхъ лучей, идущихъ отъ точки a и послѣ преломленія ставшихъ параллельными между собою.

Если черезъ верхній и нижній края окуляра провести прямыя, параллельныя лучамъ $O'a$ и $O'b$, то въ пересѣченіи этихъ прямыхъ на оси OFO' получится точка, въ которой долженъ находиться глазъ, чтобы въ него могли попасть всѣ лучи, идущіе отъ предмета, и, слѣдовательно, уголъ $aO'b$ представитъ намъ тотъ уголъ, подъ которымъ глазъ наблюдателя, находящійся въ только-что упомянутой точкѣ, увидитъ въ трубу предметъ или, правильнѣе, его изображеніе ab.

Невооруженный же глазъ, находясь въ той же точкѣ, увидѣлъ бы предметъ подъ гораздо меньшимъ угломъ, который вслѣдствіе незначительности длины трубы OO' въ сравненіи съ разстояніемъ предмета отъ трубы можно считать равнымъ углу aOb; эта разница въ углахъ зрѣнія $aO'b$ и aOb составляетъ второе и главнѣйшее преимущество зрительной трубы, такъ какъ всѣ предметы представляются въ нее подъ гораздо бо́льшимъ угломъ, т.-е. въ увеличенномъ видѣ въ сравненіи съ наблюденіями невооруженнымъ глазомъ.

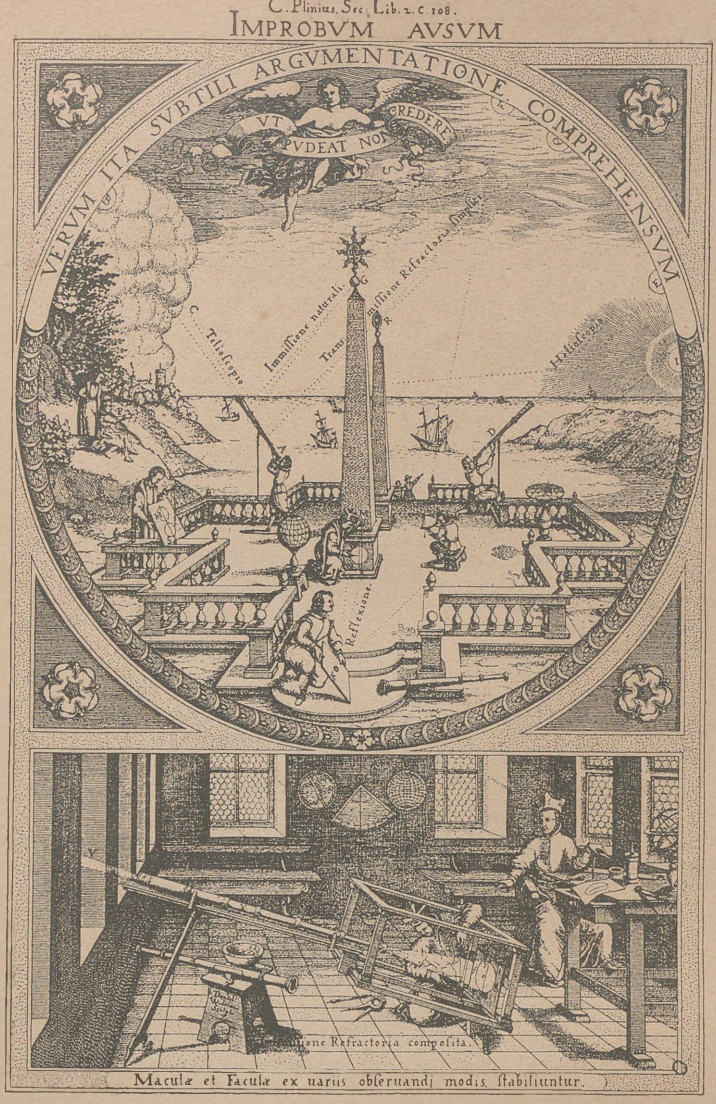
Нетрудно точно опредѣлить это увеличеніе. Такъ какъ треугольники FbO и FbO', прямоугольные при F, имѣютъ общую сторону Fb, то тангенсы угловъ $bOF = {}^1/_2\ bOa$ и $bO'F = {}^1/_2\ bO'a$ или вслѣдствіе малости угловъ самые эти углы относятся между собою, какъ стороны FO и FO', такъ что, обозначая буквой m увеличеніе зрительной трубы, будемъ имѣть:

$$m = \frac{bOF}{bO'F} = \frac{OF}{O'F},$$

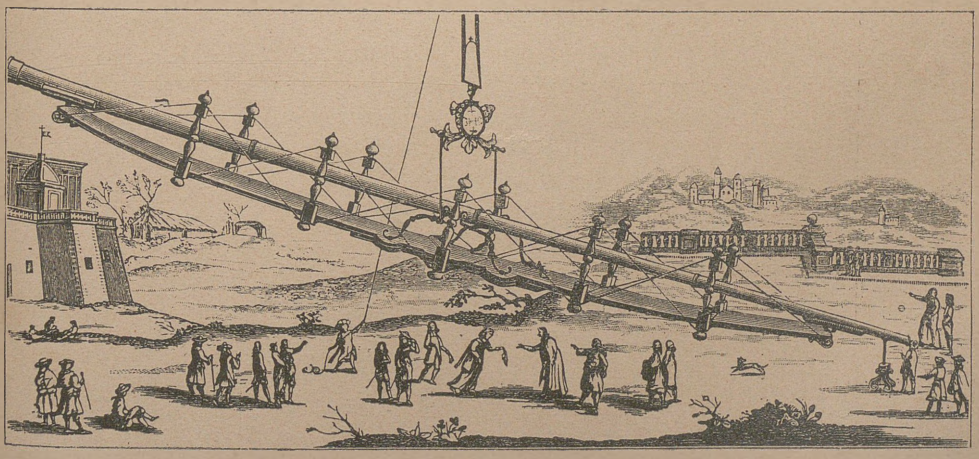
т.-е. труба увеличиваетъ предметы во столько разъ, во сколько фокусное разстояніе объектива больше фокуснаго разстоянія окуляра. Поэтому, чтобы построить трубу съ сильнымъ увеличеніемъ, нужно выбрать объективъ съ большимъ фокуснымъ разстояніемъ и связать его съ окуляромъ, фокусное разстояніе котораго было бы сравнительно очень мало. Если, напримѣръ, фокусное разстояніе объектива составляетъ 4 метра, или 4000 мм., а фокусное разстояніе окуляра—всего 4 мм., то увеличеніе трубы будетъ 1000, т.-е. всѣ предметы будутъ въ нее видны подъ угломъ, въ 1000 разъ большимъ, чѣмъ невооруженнымъ глазомъ. Значитъ, чтобы увеличеніе было значительно, или фокусное разстояніе объектива должно быть очень большимъ, или фокусное разстояніе окуляра очень малымъ; предшественники наши принуждены были избрать первое средство и дошли, наконецъ, до того, что приготовляли трубы въ 70 метровъ длиною и даже болѣе.

Новѣйшія изслѣдованія показали, что при этомъ прежняя труба съ отверстіемъ объектива въ 15 см. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 40 м. давала тѣ же результаты, какіе даетъ современный телескопъ съ отверстіемъ въ 10 см. и фокуснымъ разстояніемъ въ 1,5 метра. Установка такихъ чудовищныхъ инструментовъ представляла большія трудности, особенно для тогдашнихъ механиковъ, и еще въ 1674 году Р. Гукъ старался помочь этому, устанавливая телескопъ неподвижно и получая въ немъ изображенія разсматриваемыхъ предметовъ при помощи подвижного зеркала, которое могло слѣдить за вращеніемъ небеснаго свода.

Ясное представленіе объ этихъ безсильныхъ инструментахъ можетъ дать прилагаемая при семъ таблица. На нижнемъ рисункѣ этой таблицы изображенъ телескопъ патера Готтиньена, вышедшій въ концѣ XVII-го столѣтія изъ рукъ лучшихъ оптиковъ. Къ телескопу была прикрѣплена веревка, проходившая черезъ блокъ; при помощи нея можно было поднять или опустить верхній конецъ инструмента. Направляли инструментъ просто рукой, а для устойчивости окулярный конецъ опирался на особый станокъ. Нельзя не удивляться тогдашнимъ астрономамъ, которые съ такими инструментами сумѣли получить прекрасные результаты; напримѣръ, Біанкини въ Римѣ, пользуясь зрительными трубами съ та-



Астрономическіе инструменты XVII стол.
Изъ книги «Rosa Ursina sive sol» Кристофа Шейнера.



Телескопъ патера Готтиньепа въ Римѣ (1670).

кой же установкой и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 22 м. и $33^1/_2$ м., сдѣлалъ рисунки лунной поверхности, которые могутъ соперничать съ лучшими новѣйшими рисунками.

§ 6. **Постепенное усовершенствованіе зрительныхъ трубъ.** Только-что описанная зрительная труба является простѣйшимъ изъ всѣхъ инструментовъ этого рода. Въ нее всѣ предметы представляются въ обратномъ видѣ, такъ что верхнія части ихъ расположены внизу, а правыя—слѣва, и наоборотъ. Но этотъ недостатокъ для астрономическихъ наблюденій не имѣетъ никакого значенія, такъ какъ совершенно безразлично, будемъ ли мы наблюдать небесныя тѣла въ прямомъ или въ обратномъ видѣ. Впрочемъ, его легко устранить, если, вмѣсто того, чтобы дѣлать обѣ чечевицы двояковыпуклыми, сдѣлать окуляръ двояковогнутымъ. Такъ устроены наши бинокли, и такъ же были устроены первыя зрительныя трубы, изобрѣтенныя вышеупомянутыми голландскими мастерами и Галилеемъ; поэтому ихъ и называютъ обыкновенно голландскими или галилеевыми трубами; трубу же, описанную въ § 5 и снабженную двумя двояковыпуклыми чечевицами, называютъ астрономической или, по имени ея изобрѣтателя, кеплеровой трубой.

Важный недостатокъ зрительной трубы состоитъ въ томъ, что въ нее сразу можно видѣть только очень незначительную часть неба; эта часть будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ сильнѣе увеличеніе инструмента. Однако, этому легко помочь, составивъ окуляръ изъ двухъ чечевицъ, т.-е. присоединивъ къ окуляру, описанному въ § 5, еще другую чечевицу въ незначительномъ отъ него разстояніи, благодаря чему поле зрѣнія значительно увеличивается.

Не такъ легко устранить другой недостатокъ, сильно затрудняющій пользованіе зрительными трубами. Дѣло въ томъ, что лучи, падающіе на объективъ отъ одной какой-нибудь точки предмета, послѣ преломленія не могутъ соединиться строго въ одной точкѣ, если только объективъ, какъ мы предположили, ограниченъ двумя шаровыми поверхностями. Правда, вычисленіемъ можно найти ту форму поверхностей чечевицы, при которой всѣ параллельные лучи, на нее падающіе, соединялись бы снова въ одной точкѣ; но мастера наши не имѣютъ возможности приготовлять такія поверхности съ тою точностью, которая здѣсь требуется, а потому принуждены остановиться на шаровой поверхности—единственной, которую они въ состояніи точно воспроизвести. Но такъ какъ при такой формѣ чечевицы лучи, идущіе отъ одной какой-нибудь точки предмета и попадающіе на центральную часть чечевицы, пересѣкаются не въ той точкѣ, гдѣ пересѣкаются лучи, падающіе ближе къ краямъ чечевицы, то каждый предметъ даетъ нѣсколько очень близкихъ другъ къ другу и налегающихъ другъ на друга изображеній и потому бываетъ виденъ не отчетливо. Этотъ недостатокъ, называемый сферической аберраціей, будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ сильнѣе увеличеніе и чѣмъ больше объективъ зрительной трубы. Поэтому объективы многихъ старинныхъ трубъ были снабжены ободками, закрывавшими края объективовъ и какъ бы уменьшавшими ихъ размѣры, чтобы сдѣлать этотъ недостатокъ возможно менѣе ощутительнымъ. Однако, это улучшеніе, если только его можно такъ назвать, влекло за собою также значительный вредъ. Въ самомъ дѣлѣ, само собой очевидно, что предметъ виденъ въ трубу тѣмъ яснѣе, чѣмъ больше свѣта отъ него падаетъ на объективъ, т.-е. чѣмъ больше будетъ объективъ. Поэтому уменьшеніе объектива дѣлаетъ изображеніе неяснымъ и тусклымъ, и это будетъ тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ сильнѣе увеличеніе.

Къ этому присоединилось еще другое препятствіе, которое вначалѣ казалось совершенно неустранимымъ. Мы знаемъ, что всякій бѣлый лучъ свѣта состоитъ изъ множества другихъ, каждый изъ которыхъ имѣетъ особую окраску (часть II, § 8). Эти отдѣльные цвѣтные лучи имѣютъ то невыгодное для зрительныхъ трубъ свойство, что всѣ они различно преломляются чечевицей объектива, такъ что, вмѣсто одного отчетливаго бѣлаго изображенія предмета, получается множество цвѣтныхъ, и это обстоятельство еще больше мѣшаетъ ясно видѣть предметъ, чѣмъ сферическая аберрація. Этотъ недостатокъ зрительныхъ трубъ называется хроматической или цвѣтной аберраціей и кажется настолько существенно связаннымъ съ самой природой вещей, что даже Ньютонъ отчаялся

найти какое-нибудь средство помочь этому и, совершенно отказавшись отъ трубъ этого рода, обратился къ другимъ, въ которыхъ стеклянные объективы были замѣнены металлическими зеркалами. Поэтому долгое время, особенно въ Англіи, приготовляли почти исключительно зеркальные телескопы, или рефлекторы, которые имѣли еще то преимущество передъ рефракторами *), что были гораздо короче ихъ; поэтому рефлекторы доведены были до высокой степени совершенства, между тѣмъ какъ столь желанное усовершенствованіе рефракторовъ было надолго задержано благодаря ошибочному сужденію великаго человѣка, къ которому онъ пришелъ вслѣдствіе неправильнаго умозаключенія.

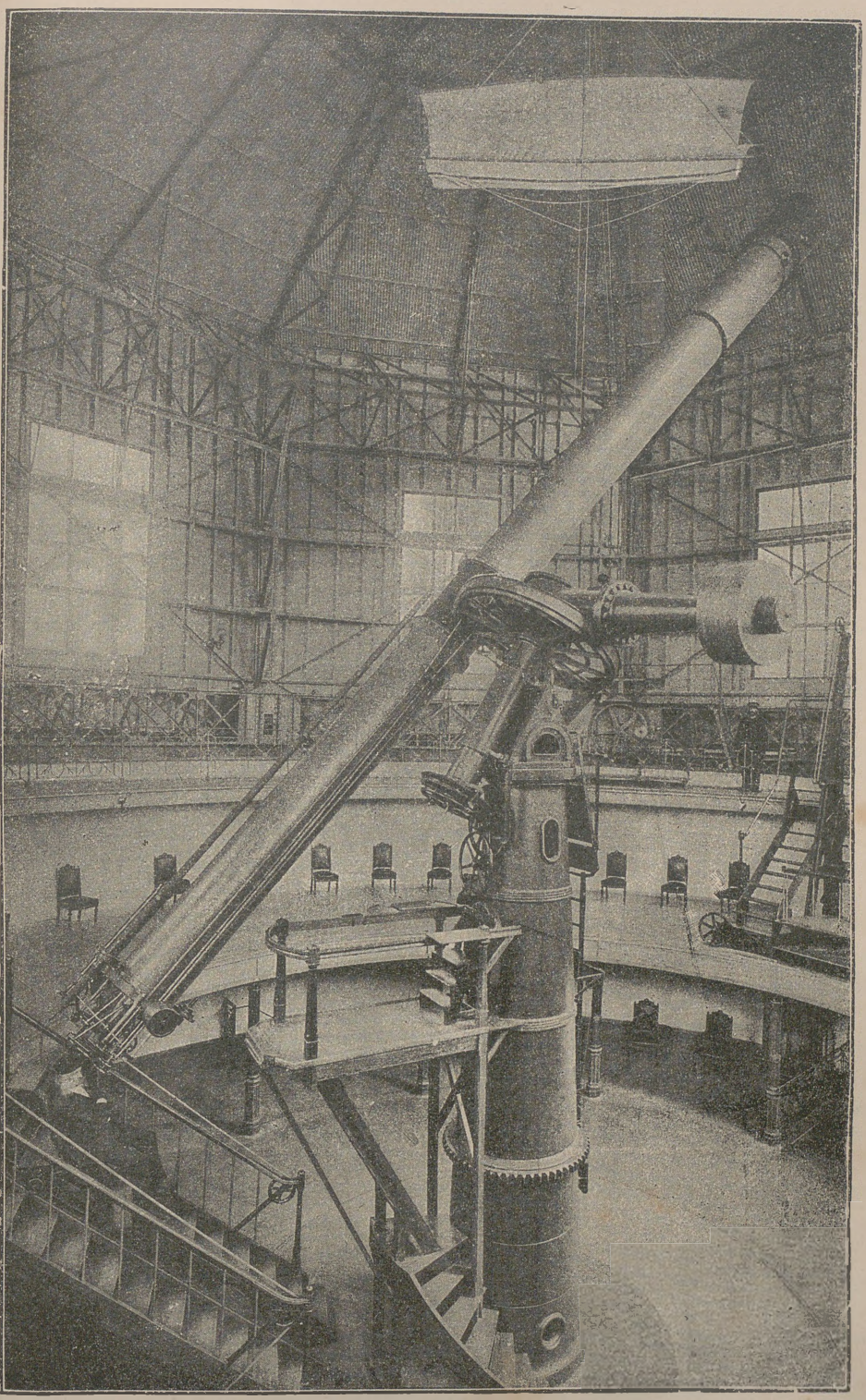
Леонардъ Эйлеръ, разсматривая строеніе человѣческаго глаза, первый замѣтилъ, что оба эти недостатка рефракторовъ можно устранить цѣлесообразнымъ устройствомъ этихъ инструментовъ, такъ какъ онъ убѣдился, что природа устранила ихъ при устройствѣ нашего глаза. Поэтому, по аналогіи съ внутреннимъ строеніемъ глаза, онъ предложилъ употреблять двѣ стеклянныя чечевицы, съ вогнутыми внутренними поверхностями, между которыми можно было бы наливать различныя жидкости. Однако, онъ занимался не столько практическими попытками, которые еще въ 1733 году дѣлалъ Честеръ, сколько теоретическими изслѣдованіями. Въ 1747 году онъ обнародовалъ свои изысканія о безцвѣтныхъ или ахроматическихъ зрительныхъ трубахъ, чечевицы которыхъ онъ предполагалъ наполнять водою. Величайшій оптикъ того времени, Джонъ Доллонъ, старался воспользоваться его изысканіями на практикѣ, но такъ какъ первыя попытки ему не удались, то онъ скоро оставилъ ихъ и возобновилъ только тогда, когда въ 1754 г. выдающійся шведскій геометръ Клингенштирна показалъ, что заключеніе Ньютона было ошибочно. Однако, вмѣсто предложенныхъ Эйлеромъ жидкостей, Доллонъ выбралъ два сорта стекла, которые извѣстны подъ названіемъ кронгласа и флинтгласа. Руководимый скорѣе смутнымъ предчувствіемъ, чѣмъ математическими выводами, онъ нашелъ наконецъ, что можно приготовить совершенный объективъ, составивъ его изъ двояковыпуклой кронгласовой и вогнутой флинтгласовой чечевицы. Послѣ многихъ попытокъ, ему удалось въ 1758 году построить ахроматическую трубу длиною въ 1,5 метра, обратившую на себя всеобщее вниманіе, такъ какъ она по своимъ качествамъ превзошла всѣ извѣстныя тогда трубы несравненно большей длины. Послѣдніе три года своей жизни Доллонъ посвятилъ улучшенію своего изобрѣтенія, твердо надѣясь довести его до высокой степени совершенства, и, наконецъ, передалъ эту работу своему сыну Петру Доллону, доведшему вмѣстѣ съ Рамсденомъ устройство ахроматическихъ трубъ до такой высоты, которая въ концѣ XVIII-го столѣтія заставила всѣхъ съ удивленіемъ преклоняться передъ прекрасными качествами этихъ инструментовъ.

Эйлеръ вначалѣ съ трудомъ повѣрилъ успѣху англійскаго мастера, такъ какъ считалъ преломляющую силу и свѣторазсѣяніе этихъ двухъ сортовъ стекла слишкомъ близкими между собою, чтобы разность ихъ могла оказывать такое сильное вліяніе; когда же онъ не могъ больше сомнѣваться въ практической возможности изготовленія ахроматическихъ зрительныхъ трубъ, то принялся за разработку теоріи этого инструмента; результаты своихъ изысканій Эйлеръ напечаталъ въ запискахъ берлинской и петербургской академій, а также въ своемъ сочиненіи «Діоптрика». Дальнѣйшей разработкой этого вопроса мы обязаны Клеро, д'Аламберу, Клюгелю, Гауссу и др.

Въ новѣйшее время между оптиками, занимающимися изготовленіемъ рефракторовъ, наиболѣе выдающимися должны быть признаны: Фраунгоферъ (теперь Мерцъ) и Плёссль въ Вѣнѣ, Штейнгейль въ Мюнхенѣ, Альванъ Кларкъ въ Бостонѣ, Кукъ въ Іоркѣ, Грубб въ Дублинѣ и др. Главная трудность, которую приходится преодолѣть при

*) Слово рефракторъ показываетъ, что въ такомъ инструментѣ лучи преломляются при прохожденіи черезъ стеклянныя чечевицы. Слово рефлекторъ показываетъ, что въ такомъ инструментѣ лучи, падая на металлическое зеркало, отражаются отъ него.

Переводчикъ.



30-дюймовый рефракторъ Пулковской обсерваторіи.

изготовленіи совершеннаго объектива, состоитъ въ томъ, чтобы получить большой кусокъ чистаго однороднаго стекла. Кромѣ того, разница между показателями преломленія обоихъ сортовъ стекла, дѣйствительно, очень незначительна: оба они заключены въ тѣсныхъ границахъ между 1,5 и 1,6, и еще меньше разница между свѣторазсѣяніемъ этихъ стеколъ. Гораздо удобнѣе было бы пользоваться другими сортами стекла, сильнѣе разнящимися въ этомъ отношеніи, такъ какъ, главнымъ образомъ, на этой разницѣ и основано уничтоженіе обоихъ вышеупомянутыхъ недостатковъ. Разница происходитъ оттого, что къ одному изъ этихъ стеколъ—флинтгласу примѣшивается незначительное количество свинца. Такъ какъ взятый въ бо́льшемъ количествѣ свинецъ не можетъ образовать съ другими составными частями стекла однородной массы, то предлагали употреблять для этой цѣли различныя другія примѣси: цинкъ, висмутъ, барій и пр. Пока продолжались эти поиски за такимъ сортомъ стекла, который бы значительно отличался въ обоихъ отношеніяхъ отъ всѣхъ до тѣхъ поръ извѣстныхъ, І. І. Литровъ уже въ 1827 году предпринялъ теоретическія изысканія, касающіяся зрительныхъ трубъ, снабженныхъ такими стеклами, и нашелъ, что чечевицы, изъ которыхъ состоитъ объективъ, не должны касаться другъ друга, но что между ними должно быть значительное разстояніе для того, чтобы усилить ихъ дѣйствіе, такъ что при соотвѣтствующемъ выборѣ стеколъ вторая чечевица должна находиться приблизительно посрединѣ трубы. Вслѣдствіе такого раздѣленія чечевицъ объектива трубы эти получили названіе *діалитическихъ*. Упомянутый выше знаменитый оптикъ Плёссль въ Вѣнѣ началъ приготовлять такія трубы всѣхъ размѣровъ, и, по единогласному отзыву знатоковъ, онѣ во многихъ отношеніяхъ превосходили всѣ прежнія ахроматическія трубы. Но такъ какъ новый сортъ стекла не былъ еще изобрѣтенъ, то онъ попробовалъ вторую, внутреннюю чечевицу, которую нужно было приготовить изъ такого стекла, замѣнить сложной двойной чечевицей изъ кронгласа и флинтгласа; попытка его увѣнчалась успѣхомъ, но, конечно, простая чечевица изъ стекла, обладающаго подходящими свойствами, должна была дать еще болѣе блестящіе результаты. Выгоды представляемыя діалитическими трубами, состоятъ, главнымъ образомъ, въ слѣдующемъ: вторую, т.-е. внутреннюю чечевицу; можно взять, по крайней мѣрѣ, вдвое меньше первой, что очень облегчаетъ построеніе большихъ зрительныхъ трубъ и уменьшаетъ ихъ стоимость, и, кромѣ того, трубы такой конструкціи гораздо короче обыкновенныхъ. Эти преимущества настолько велики, что заставляютъ подумать, какъ можно устранить недостатки, присущіе такимъ инструментамъ (малая свѣтосила, трудность починки и т. д.).

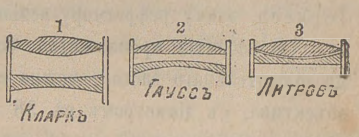


Рис. 279.

Въ первыхъ десятилѣтіяхъ XIX-го вѣка пытались осуществить и первоначальную идею Эйлера—употреблять вмѣсто стеколъ особыя жидкости. Въ 1813 году Блеръ и Брюстеръ въ Лондонѣ, въ 1822 г. Жираръ въ Вѣнѣ, въ 1828 г. Барловъ и приблизительно около того же времени Роджерсъ въ Эдинбургѣ предпринимали такіе опыты и при этомъ, по дошедшимъ до насъ свѣдѣніямъ, имѣли успѣхъ. Для этихъ такъ называемыхъ *апланатическихъ* трубъ Брюстеръ предлагалъ употреблять кассіево и сассафрасное эфирныя масла, а позднѣе сѣрный алкоголь, которымъ пользовался и Барловъ. Жираръ примѣнялъ для этой цѣли скипидаръ, а Марръ въ Гёттингенѣ креозотъ и т. д. Неудобство такихъ наполненныхъ жидкостями объективовъ состоитъ въ томъ, что они сильно подвержены вліянію температуры, мѣняющей плотность жидкости, такъ что апланатическія зрительныя трубы, которыя, въ сущности, основаны на томъ же принципѣ, что и діалитическія, а именно на раздѣленіи чечевицъ объектива, не вошли во всеобщее употребленіе и скоро были преданы забвенію.

* Различныя системы сложныхъ объективовъ, употребляемыя въ настоящее время, изображены на рис. 279. Объективомъ № 1, между прочимъ, снабженъ большой пулковскій рефракторъ, изображенный на приложенной при семъ таблицѣ. *

Величайшіе изъ работающихъ въ настоящее время рефракторовъ суть слѣдующіе: телескопъ Іеркеса (съ отверстіемъ въ 102 см., или 40 англ. дм.), принадлежащій чикагскому университету и установленный близъ города Вильямсъ-Бей у Женевскаго озера, телескопъ ликской обсерваторіи на горѣ Гамильтонъ (91,5 см., или 36 англ. дм.), оба работы Альвана Кларка младшаго въ Кембриджпортѣ, близъ Бостона, и рефракторы въ Ниццѣ и Пулковѣ (оба въ 76 см. или 30 англ. дм.), первый—работы братьевъ Анри въ Парижѣ, второй—работы Альвана Кларка старшаго; за ними слѣдуютъ гринвичскій и вѣнскій рефракторы (первый 71 см., или 28 англ. дм., второй 68,5 см., или 27 англ. дм.), работы Грубба въ Дублинѣ и т. д.

Всѣ эти гигантскіе телескопы построены въ новѣйшее время. Изготовленіемъ ихъ стали заниматься почти одновременно въ Англіи и Америкѣ; на европейскомъ же материкѣ ихъ очень долго не хотѣли признавать, и только когда въ 1873 году такой рефракторъ былъ заказанъ для вновь построенной вѣнской обсерваторіи, произошла внезапная перемѣна: немедленно цѣлый рядъ обсерваторій не только пожелалъ пріобрѣсти трубы такой же величины, но съ каждымъ новымъ заказомъ размѣры объектива увеличивались на нѣсколько сантиметровъ, такъ какъ всѣ хотѣли обладать величайшей зрительной трубой въ мірѣ. Такъ, вскорѣ послѣ того, какъ на вѣнской обсерваторіи былъ установленъ большой рефракторъ, Мартинъ изготовилъ для Парижа рефракторъ въ 73 см. (27 парижскихъ дюйм.); затѣмъ О. Струве заказалъ А. Кларку телескопъ въ 76 см. для Пулкова, и тотчасъ же ниццская обсерваторія рѣшила пріобрѣсти трубу такихъ же размѣровъ. Однако, всѣхъ ихъ превзошелъ рефракторъ въ 91 см., который Альвану Кларку и его сыну поручили построить для ликской обсерваторіи. Но и этотъ послѣдній не долго оставался величайшимъ въ мірѣ; онъ долженъ былъ уступить мѣсто телескопу Іеркеса, этому рефрактору-левіаѳану.

О развитіи производства большихъ рефракторовъ за послѣднія десятилѣтія, послѣ продолжительнаго застоя, можно судить по тому, что два сдѣланные Мерцемъ въ 1835 г. объектива, съ діаметромъ въ 38 см., изъ которыхъ одинъ предназначался для пулковской обсерваторіи, а другой спустя нѣсколько лѣтъ былъ пріобрѣтенъ обсерваторіей гарвардскаго колледжа въ Кембриджѣ (въ Соед. Штатахъ), оставались величайшими въ свѣтѣ до 1862 г., когда Альванъ Кларкъ окончилъ рефракторъ въ 47 см., находящійся теперь въ Чикаго, и немедленно доказалъ превосходство этого инструмента надъ всѣми, до тѣхъ поръ существовавшими, открывъ спутника Сиріуса. Первый изъ гигантскихъ рефракторовъ новѣйшаго времени, съ отверстіемъ въ 63,5 см. былъ построенъ только въ 1868 г. Кукомъ въ Іоркѣ, а еще нѣсколько лѣтъ спустя появился вашингтонскій рефракторъ, немного бо́льшихъ размѣровъ (66 см.), построенный Альваномъ Кларкомъ, и скоро прославившійся открытіемъ спутниковъ Марса. Съ тѣхъ поръ число большихъ телескоповъ стало возрастать съ изумительной быстротою, такъ что къ концу 1895 г. существовало уже 19 вполнѣ готовыхъ телескоповъ, превосходящихъ величиною старый пулковскій, такъ что дерптскій рефракторъ, съ отверстіемъ въ 24,5 см. (9 парижск. дм.), который лѣтъ 80 назадъ, когда онъ вышелъ изъ рукъ Фраунгофера, считался буквально чудомъ свѣта, теперь едва ли даже можетъ быть причисленъ къ «большимъ», такъ какъ въ настоящее время существуетъ около 100 рефракторовъ такихъ же и даже еще бо́льшихъ размѣровъ.

При такомъ быстромъ увеличеніи объективнаго отверстія рефракторовъ невольно является вопросъ: до какихъ же границъ выгодно будетъ довести это увеличеніе? Не говоря уже о трудности получить огромный, совершенно однородный кусокъ стекла, не говоря о страшномъ повышеніи стоимости, обусловленной не только увеличеніемъ объективовъ, но и связаннымъ съ нимъ увеличеніемъ вращающихся куполовъ и т. д., не говоря даже о механическихъ трудностяхъ, представляемыхъ монтировкой такого колосса, позволяющей легко и удобно управлять имъ, нужно принять во вниманіе еще одно обстоятельство.

Преломленіе и свѣторазсѣяніе обоихъ сортовъ стекла, кронгласа и флинтгласа, которые теперь употребляются для приготовленія ахроматическихъ зрительныхъ трубъ, идутъ только приблизительно, но не вполнѣ параллельно другъ другу; другими словами, въ спектрахъ, отбрасываемыхъ этими стеклами, красныя части приблизительно между фраунгоферовыми линіями *A* и *C* имѣютъ одинаковую длину, между тѣмъ какъ размѣры фіолетовыхъ частей, отъ *G* до *H*, различны. Поэтому цвѣтные лучи, на которые разлагается лучъ, идущій отъ какой-нибудь бѣлой свѣтящейся точки, при такой комбинаціи двухъ чечевицъ изъ этихъ сортовъ стекла, не могутъ снова соединиться въ одной точкѣ и дать совершенно бѣлое изображеніе. Если, напримѣръ, какъ это обыкновенно дѣлается, ахроматизировать для такой комбинаціи чечевицъ наиболѣе свѣтлую внутреннюю часть спектра, отъ оранжеваго до свѣтло-голубого цвѣта, такъ что всѣ изображенія соотвѣтственныхъ цвѣтовъ совмѣстятся въ одной точкѣ, то по одну сторону этой точки будутъ лежать изображенія краснаго, а по другую — фіолетоваго конца спектра. Поэтому красное и фіолетовое изображенія не вполнѣ совпадутъ съ изображеніемъ, получаемымъ отъ остальной части спектра, вслѣдствіе чего и въ ахроматическихъ трубахъ изображенія предметовъ по краямъ бываютъ слабо окрашены. Само собой понятно, что это явленіе вторичнаго спектра будетъ тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ значительнѣе размѣры инструмента. Однако, можно устранить и этотъ недостатокъ: въ оптической мастерской профессора Аббе въ Іенѣ послѣ многолѣтнихъ систематическихъ опытовъ, замѣняя въ флинтгласѣ окись свинца окисями другихъ металловъ, удалось приготовить стекла, которыхъ преломленіе и свѣторазсѣяніе идутъ параллельно. Такимъ образомъ, увеличеніе размѣровъ ахроматическихъ зрительныхъ трубъ является, повидимому, только вопросомъ стоимости и трудности приготовленія такихъ большихъ стеколъ, равно какъ и соотвѣтственной монтировки инструмента и устройства приспособленій, необходимыхъ для облегченія наблюденій; деформація же стеколъ подъ вліяніемъ тяжести, замѣтная уже для телескопа Іеркеса, объективъ котораго вмѣстѣ съ оправой вѣситъ около 15 пудовъ можетъ быть устранена цѣлесообразнымъ устройствомъ оправы.

Мы упоминали уже выше, что Ньютонъ, во избѣжаніе недостатковъ, свойственныхъ діоптрическимъ зрительнымъ трубамъ (рефракторамъ), совѣтовалъ пользоваться катоптрическими или зеркальными телескопами (рефлекторами), и эти послѣдніе, особенно въ Англіи, уже къ концу XVIII-го столѣтія, стараніями В. Гершеля, а въ наше время Ласселя, лорда Росса, Грубба, Броунинга и др., были доведены до такого совершенства, котораго нельзя было даже и предвидѣть.

Вогнутое зеркало даетъ такое же изображеніе отдаленнаго предмета, какъ и чечевица; но изображеніе это получается, конечно, не позади зеркала, какъ въ случаѣ чечевицы, а передъ нимъ. Значитъ, и здѣсь для того, чтобы построить зрительную трубу, нужно только постараться увидѣть это изображеніе въ увеличивающій окуляръ. Можно представить себѣ различныя комбинаціи окуляра и объектива зеркальнаго телескопа. Грегори, который первый началъ изготовлять инструменты такого рода (1663 г.), продѣлывалъ въ центрѣ зеркала отверстіе, а позади отверстія помѣщалъ окуляръ, такъ что послѣдній находился на оси трубы; изображеніе, полученное отъ объектива, отражалось отъ второго маленькаго вогнутаго зеркала и послѣ отраженія разсматривалось въ окуляръ. Скоро Кассегренъ измѣнилъ эту конструкцію, замѣнивъ маленькое вогнутое зеркало выпуклымъ, поставленнымъ такимъ образомъ, что лучи, идущіе отъ объектива, попадали на него еще до соединенія ихъ, т.-е. до полученія изображенія. Въ обоихъ этихъ случаяхъ ось трубы, также какъ и ось окуляра, совпадаетъ съ направленіемъ на разсматриваемый предметъ. Ньютонъ же не продѣлывалъ въ объективѣ отверстія, а помѣщалъ внутри трубы маленькое плоское зеркало такимъ образомъ, что изображеніе предмета можно было разсматривать въ окуляръ, находящійся сбоку трубы. Такимъ образомъ, здѣсь направленіе,

по которому наблюдатель видитъ предметъ, перпендикулярно къ истинному направленію на него. Наконецъ, В. Гершель помѣщалъ зеркало объектива нѣсколько наклонно къ оси трубы, такъ что изображеніе получалось почти на самой оправѣ, и его можно было видѣть непосредственно въ помѣщенный у открытаго конца трубы окуляръ, не употребляя второго зеркала. Такимъ образомъ, въ этомъ случаѣ направленіе, по которому смотритъ наблюдатель, прямо противоположно направленію на предметъ; потеря свѣта, происходившая вслѣдствіе того, что между предметомъ и объективомъ находилась голова наблюдателя, была, во всякомъ случаѣ, меньше той, которая получилась при предыдущихъ конструкціяхъ отъ маленькаго зеркала или отъ просверливанія объектива. Лѣтъ за 20 до этого оптикъ К. Фритшъ въ Вѣнѣ скомбинировалъ ньютоновскую и гершелевскую конструкцію рефлектора, принимая изображеніе, получаемое отъ наискось поставленнаго объектива на маленькое плоское зеркало, отъ котораго оно отражалось по направленію, приблизительно параллельному оси трубы. Въ эти инструменты, которые Фритшъ по причинѣ ихъ незначительной длины назвалъ брахитами, какъ и въ рефракторы, предметы видны какъ-разъ въ томъ направленіи, въ которомъ они находятся.

Въ 1774 году, т.-е. на 36-мъ году своей жизни, Гершель построилъ зеркальный телескопъ въ 1,5 метра. Успѣхъ первой попытки побудилъ его продолжать эту работу въ грандіозныхъ размѣрахъ. Начиная съ этого времени, онъ приготовилъ не менѣе 200 телескоповъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 2,4 метра, 150 съ фокуснымъ разстояніемъ въ 3 м., 80 съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6 м., и, кромѣ того, нѣсколько телескоповъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 7,5 м. Діаметръ зеркала въ телескопахъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6 м. (20 футовъ) и въ 7,5 м. (25 футовъ) составлялъ соотвѣтственно 46 см. и 61 см. Въ 1781 г. онъ началъ рефлекторъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 9 м. и съ зеркаломъ, діаметръ котораго былъ равенъ 91 см., и, наконецъ, покровительствуемый Георгомъ III, въ 1789 году окончилъ свой гигантскій телескопъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 12 м. (40 футовъ) и съ отверстіемъ въ 126 см. (нѣсколько больше 4 футовъ). Этотъ телескопъ изображенъ на рис. 221 (стр. 598). Но этотъ телескопъ скоро оказался негоднымъ къ употребленію, потому что большое зеркало потускнѣло такъ, что возстановить его первоначальный блескъ оказалось совершенно невозможнымъ. Вообще въ телескопахъ этого рода зеркала нужно время отъ времени полировать, что издавна затрудняло ихъ распространеніе. Однако, бо́льшую часть своихъ удивительныхъ открытій Гершель сдѣлалъ съ телескопомъ въ 6 м. длины, который былъ очень удобенъ для практическихъ цѣлей. Съ катоптрическимъ инструментомъ такихъ же размѣровъ Дж. Гершель выполнилъ свою громадную работу въ Слоу (близъ Лондона) и на мысѣ Доброй Надежды (1838 г.); Лассель въ Старфильдѣ (близъ Ливерпуля) и въ 1861 г. на Мальтѣ оказалъ важныя услуги наукѣ, пользуясь зеркальнымъ телескопомъ съ отверстіемъ въ 122 см. (4 фута) и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 11 метровъ. Оба послѣдніе наблюдателя также сами сдѣлали свои инструменты. Незадолго до настоящаго времени лордъ Россъ снова ввелъ въ употребленіе зеркальные телескопы и въ 1845 г., послѣ двадцатилѣтней работы, вмѣстѣ съ нѣсколькими меньшими телескопами построилъ въ Биркэстлѣ близъ Парсонстауна (въ Ирландіи) гигантскій рефлекторъ въ 16 м. длиною, съ зеркаломъ, діаметръ котораго равнялся 183 см. (6 фут.); этотъ телескопъ свѣтосилой далеко превосходилъ всѣ существовавшіе до него. Установка этого величественнаго инструмента, названнаго левіаѳаномъ была изображена на рис. 245 (стр. 669); къ окуляру его, устроенному по способу Гершеля, ведетъ особая лѣстница, которую можно видѣть на рисункѣ.

Какъ видно изъ рисунка, этотъ телескопъ, который съ 1867 г. перешелъ къ сыну и наслѣднику лорда Росса и въ его рукахъ продолжалъ давать множество цѣнныхъ результатовъ, по вертикальному направленію можетъ двигаться отъ горизонта до зенита, по горизонтальному же только въ небольшомъ пространствѣ между двумя стѣнами, отстоящими на

какіе-нибудь $1^1/_2$ часа вправо и влѣво отъ меридіана—ограниченіе вполнѣ понятное, если принять во вниманіе изумительный вѣсъ подвижной части инструмента (10400 килограммовъ). Когда мы будемъ говорить объ экваторіалахъ, мы познакомимся съ другимъ способомъ установки большихъ рефлекторовъ, позволяющимъ гораздо легче управлять ими на неограниченномъ пространствѣ и представляющимъ болѣе устойчивости. Эта установка придумана Груббомъ, Броунингомъ и др. и является тріумфомъ современной механики.

Около 1860 г. Л. Фуко пришла въ голову идея составлять зеркало объектива изъ стеклянныхъ граней, посеребренныхъ химическимъ путемъ. Такое зеркало отражаетъ почти вдвое больше количества свѣта, чѣмъ обыкновенное металлическое, а именно около 0,8 всѣхъ падающихъ на него лучей, вѣситъ гораздо меньше, и въ случаѣ потускнѣнія его можно снова посеребрить безъ всякаго труда и опасности измѣнить его правильную форму; все это позволяло надѣяться, что новое изобрѣтеніе получитъ быстрое распространеніе; однако, эти надежды не сбылись. Первый большой телескопъ такого рода, съ отверстіемъ въ 80 см. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 4,8 метр., находится на марсельской обсерваторіи; онъ снабженъ ньютоновскимъ окуляромъ. Изъ величайшихъ нынѣ существующихъ отражательныхъ телескоповъ слѣдуетъ упомянуть два. Одинъ, сдѣланный въ 1868 г. Т. Груббомъ въ Дублинѣ и снабженный кассегреновскимъ окуляромъ, принадлежитъ мельбурнской обсерваторіи (Австралія); онъ имѣетъ отверстіе въ 122 см. и фокусное разстояніе въ 9,8 м., зеркало въ немъ простое металлическое (4 части мѣди на 1 часть цинка). Другой ньютоновской конструкціи, съ стекляннымъ зеркаломъ, посеребреннымъ по способу Фуко, съ отверстіемъ въ 127 см. и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 7,3 м., построенъ въ 1875 г. Мартинсомъ для парижской обсерваторіи.

Вопросъ о томъ, какимъ телескопамъ слѣдуетъ отдать предпочтеніе, діоптрическимъ или катоптрическимъ, до сихъ поръ не рѣшенъ. Съ одной стороны, непрерывныя измѣненія отражательной способности зеркалъ, съ другой, большая разница между прозрачностью различныхъ стеколъ, а также атмосферныя вліянія дѣлаютъ такое сравненіе весьма затруднительнымъ. Въ своей замѣткѣ по этому вопросу Т. В. Уэббъ упоминаетъ, что по оцѣнкѣ Маскелина, отверстія рефлекторовъ и рефракторовъ равной свѣтосилы должны относиться между собою, какъ 8 и 5. Довесъ считаетъ это справедливымъ только для грегоріанскихъ телескоповъ, а для ньютоніанскихъ, какъ и Дж. Гершель, даетъ отношеніе 7 : 5, причемъ, по его изслѣдованіямъ, рефракторъ съ отверстіемъ въ 66 см. позволяетъ еще различать 0,2″—этой величиной Довесъ оцѣниваетъ разстояніе между двумя составляющими одной звѣздной пары, изъ которыхъ каждая представляетъ звѣзду 6-ой величины. Штейнгейль и особенно Араго приписываютъ рефракторамъ гораздо большую свѣтосилу. Буфхэмъ считаетъ посеребренныя стеклянныя зеркала, съ діаметрами въ 23, 16,5 и 11,5 см. одинаково свѣтосильными съ ахроматическими объективами, отверстія которыхъ соотвѣтственно равны 20,3, 13,5 и 10 см. Американскіе астрономы считаютъ оптическую силу большого мельбурнскаго рефлектора (діаметръ 122 см.) и вашингтонскаго рефрактора (66 см.) почти одинаковыми. О замѣчательныхъ фактахъ, указывающихъ на ненадежность такихъ сравненій, мы уже не разъ упоминали во второй части книги, между прочимъ, въ §§ 120, 191, №№ 9, 25, 32 и т. д.

§ 7. **Примѣненіе зрительныхъ трубъ къ измѣрительнымъ инструментамъ.** По прошествіи немногихъ лѣтъ послѣ изобрѣтенія зрительныхъ трубъ ими, какъ и слѣдовало ожидать, уже воспользовались для наблюденія неба. Говорятъ, что Галилей, получивъ первое весьма неопредѣленное извѣстіе объ изобрѣтеніи зрительной трубы, отгадалъ ея устройство и уже въ 1610 г. въ первую имъ самимъ сдѣланную трубу разглядѣлъ горы и долины на лунѣ, спутниковъ Юпитера, солнечныя пятна и ихъ движеніе, а также фазы Венеры. Большинство изъ этихъ неожиданныхъ, прославившихъ его, открытій онъ описалъ въ 1610 году въ своемъ сочиненіи «Nuntius sidereus», за которое Венеціанская

республика втрое увеличила его содержаніе, а Козьма II Флорентійскій прислалъ ему въ подарокъ 1000 дукатовъ. Еще лѣтъ 30 послѣ того (онъ умеръ только въ 1642 г., на 78 году своей жизни) онъ продолжалъ расширять границы науки и нашихъ знаній о небѣ.

Однако, такое употребленіе зрительныхъ трубъ является не единственнымъ и даже не самымъ важнымъ для астрономія. Пока мы видѣли только, что эти инструменты дали намъ возможность замѣтить новыя или, лучше сказать, неизвѣстныя раньше небесныя тѣла и подробно изучить строеніе поверхности тѣхъ изъ нихъ, которыя уже были извѣстны, напр., Луны, Венеры. Измѣренія же размѣровъ и положеній небесныхъ тѣлъ все еще оставались несовершенными и по точности почти не отличались отъ измѣреній древнихъ грековъ и арабовъ. Пока астрономы должны были довольствоваться діоптрами, которые употреблялись въ древнихъ инструментахъ, или такими трубами, которыя не были снабжены ни объективомъ, ни окуляромъ, а въ которыхъ въ окулярномъ концѣ находилось маленькое отверстіе, а въ другомъ концѣ помѣщался крестъ изъ нитей, до тѣхъ поръ, даже пользуясь инструментами съ прекрасно раздѣленными кругами, можно было наблюдать или измѣрять лишь настолько точно, насколько хорошо могъ видѣть невооруженный глазъ. Но какъ только эти простѣйшія трубы были снабжены двумя стеклянными чечевицами и превращены, такимъ образомъ, въ настоящія зрительныя трубы, достаточно стало привести наблюдаемую звѣзду въ центръ соединенной съ инструментомъ трубы, и наблюденія становились тѣмъ точнѣе, чѣмъ сильнѣе было увеличеніе трубы, и чѣмъ яснѣе были видны въ нее предметы.

Такъ пользовались зрительными трубами уже первые астрономы при своихъ наблюденіяхъ, имѣвшихъ цѣлью опредѣленіе положеній звѣздъ на небѣ; однако, эти опредѣленія еще многаго оставляли желать. Правда, звѣзды были видны теперь гораздо лучше, но для того, чтобы наблюдать ихъ, нужно было ихъ приводить въ центръ поля зрѣнія трубы, который ничѣмъ не былъ отмѣченъ, такъ что его нужно было угадывать или приближенно оцѣнивать, вслѣдствіе чего были неизбѣжны довольно крупныя ошибки наблюденій, особенно при такомъ большомъ полѣ зрѣнія, какое было у первыхъ зрительныхъ трубъ. Поэтому одинъ изъ выдающихся астрономовъ-практиковъ того времени, Гевелій въ Данцигѣ, совсѣмъ не пользовался при своихъ наблюденіяхъ новыми инструментами и, основываясь на противорѣчивыхъ результатахъ различныхъ астрономовъ, дошелъ, наконецъ, до того, что объявилъ зрительныя трубы совершенно негодными для наблюденій, потому что, по его словамъ, разсматриваемые въ нихъ предметы казались смѣщенными, такъ что въ зрительную трубу они были видны совсѣмъ въ другомъ мѣстѣ, чѣмъ невооруженнымъ глазомъ.

Такимъ образомъ, для того, чтобы замѣтно подвинуть впередъ настоящія астрономическія наблюденія, нужно было еще найти средство визировать на звѣзды точнѣе, чѣмъ это позволяла простая и притомъ весьма ненадежная установка ихъ въ центрѣ поля зрѣнія трубы. Замѣчательно, что это средство, которое, какъ намъ кажется теперь, само собой напрашивается, такъ долго оставалось не найденнымъ.

Если какой-нибудь предметъ, напримѣръ, нить, помѣстить вблизи общаго фокуса объектива и окуляра кеплеровой зрительной трубы, единственной, которая здѣсь пригодна, то такая нить будетъ видна въ окулярѣ тѣмъ яснѣе и рѣзче, чѣмъ ближе къ фокусу она находится. Положимъ теперь, что труба направлена на какой-нибудь земной предметъ, напримѣръ, на уголъ стѣны, такимъ образомъ, что этотъ предметъ какъ-разъ касается нити; если, передвигая глазъ насколько возможно вправо и влѣво, внизъ и вверхъ передъ окуляромъ, мы будемъ видѣть нить все въ томъ же положеніи относительно предмета, то это будетъ служить лучшимъ признакомъ того, что нить находится какъ-разъ въ фокусѣ трубы, т.-е. въ томъ же самомъ мѣстѣ, гдѣ передняя, большая чечевица зрительной трубы даетъ уменьшенное изображеніе наблюдаемаго предмета. Конечно, то, что здѣсь сказано

о земномъ предметѣ, останется справедливымъ и по отношенію къ звѣздамъ. Поэтому, если въ фокусѣ трубы натянуть двѣ нити, лежащія въ плоскости, перпендикулярной къ оси чечевицъ и пересѣкающіяся другъ съ другомъ подъ прямымъ угломъ, то точка пересѣченія нитей представитъ въ полѣ зрѣнія неизмѣнную точку, по отношенію къ которой можно съ большимъ удобствомъ и съ большою точностью опредѣлять положеніе наблюдаемой звѣзды, такъ какъ при каждомъ наблюденіи соотвѣтственнымъ передвиженіемъ трубы можно привести звѣзду какъ-разъ въ точку пересѣченія нитей.

Эта простая, но имѣвшая чрезвычайно важныя послѣдствія мысль впервые пришла въ голову Гасконю въ Англіи, который и привелъ ее въ исполненіе. Изъ писемъ его къ его друзьямъ Крабтрею и Горроксу, помѣченныхъ 1640 годомъ, видно, что онъ и тогда уже употреблялъ зрительную трубу, снабженную нитями, для измѣренія діаметровъ планетъ и т. под., т.-е. пользовался сѣткою нитей какъ микрометромъ (см. ниже, § 38), а для того, чтобы эти нити были видны ночью, онъ освѣщалъ внутренность трубы. Горроксъ, который умеръ, не достигнувъ даже 25 лѣтъ (въ 1641 г.), самъ обладалъ недюжиннымъ астрономическимъ талантомъ и не разъ выражалъ свое удивленіе по поводу разнообразныхъ изобрѣтеній Гасконя въ области наблюдательной астрономіи. Этого послѣдняго смерть похитила у науки въ такомъ же цвѣтущемъ возрастѣ. На 23-емъ году своей жизни онъ палъ въ сраженіи, данномъ Кромвелемъ королевскимъ войскамъ. Вышеупомянутое изобрѣтеніе приписываютъ также французскому астроному Пикару, который, правда, еще въ 1634 г. говорилъ о примѣненіи зрительной трубы къ квадранту, но только долгое время спустя, дѣйствительно, связалъ ихъ между собою, причемъ былъ крайне удивленъ, когда въ 1669 г. ему удалось днемъ увидѣть звѣзды (что, впрочемъ, уже гораздо раньше удавалось неоднократно, а именно: Ж. Готье въ 1611 г., Шикарду и Курціусу въ 1632 г., Ж. Б. Морену въ 1634 г. и др.); однако, Пикаръ ни однимъ словомъ не обмолвился о нитяхъ въ фокусѣ зрительной трубы. Даже въ наблюденіяхъ надъ солнцемъ, произведенныхъ Пикаромъ въ 1667 г.—первыхъ наблюденіяхъ, сдѣланныхъ во Франціи квадрантомъ, снабженнымъ зрительной трубою,—не встрѣчается прямого упоминанія объ этихъ нитяхъ, по крайней мѣрѣ, въ томъ смыслѣ, въ какомъ говоритъ объ этомъ Лаландъ въ своей астрономіи (§ 2310).

Вѣроятнѣе всего будетъ предположить, что Пикаръ, вмѣстѣ съ Озу, приблизительно около 1667 г. впервые сталъ пользоваться нитями при наблюденіяхъ инструментомъ, снабженнымъ раздѣленной дугою. Въ этомъ приспособленіи заключаются преимущества новѣйшихъ наблюденій передъ прежними, и безъ него всѣ улучшенія въ конструкціи современныхъ астрономическихъ инструментовъ, не принесли бы никакой пользы, такъ какъ ошибки, являвшіяся слѣдствіемъ простой установки въ центрѣ поля зрѣнія трубы, значительно превышали тѣ, которыя даже въ то время могли произойти отъ неточнаго раздѣленія или отъ нецѣлесообразнаго устройства инструмента. Поэтому съ полнымъ правомъ можно сказать, что современныя наблюденія своею необыкновенной точностью обязаны, главнымъ образомъ, этому изобрѣтенію, которое положило начало новой блестящей эпохѣ въ исторіи наблюдательной астрономіи.

Для этой цѣли лучше всего употреблять нити, доставляемыя намъ самой природой, а именно паутинныя нити, которыя и до сихъ поръ предпочитаются всѣмъ искусственнымъ нитямъ. Такое предпочтеніе основывается на свойствахъ паутинныхъ нитей: паутинныя нити необыкновенно тонки, толщина ихъ на всемъ протяженіи одинакова, края ихъ безусловно прямолинейны, онѣ не подвержены искривленію отъ скручиванія, абсолютно гибки, и, кромѣ того, способны сильно растягиваться, что позволяетъ ихъ надлежащимъ образомъ натянуть. Кромѣ этого, слѣдуетъ отмѣтить еще то удивительное обстоятельство, что, будучи помѣщены въ самомъ фокусѣ объектива, т.-е. въ той точкѣ, гдѣ всякое другое тѣло воспламенилось бы, какъ только объективъ былъ бы обращенъ къ

солнцу, нити эти при наблюденіяхъ надъ солнцемъ не претерпѣваютъ ни малѣйшаго измѣненія. До сихъ поръ еще не удалось рѣшить, отчего происходитъ это удивительное явленіе; можетъ-быть, оно объясняется именно тонкостью нитей, а, можетъ-быть, причина его кроется, кромѣ того, въ особенныхъ свойствахъ вещества паутины, наприм., необыкновенной теплопроводности. При этомъ, для приготовленія сѣтки нитей употребляютъ не ту паутину, изъ которой пауки дѣлаютъ тенета, а ту, изъ которой соткана оболочка ихъ яицъ, причемъ, въ силу обстоятельствъ, пользуются продуктами различныхъ породъ пауковъ, именно тѣхъ, которые чаще всего встрѣчаются. Коконъ и нити обыкновеннаго комнатнаго паука (Tegenaria domestica) также пригодны для этой цѣли, но, въ послѣднемъ случаѣ, нити нужно вытягивать непосредственно изъ самаго паука, заставляя его падать и наматывая паутину, которую онъ при этомъ выпускаетъ, напр., на вилку.

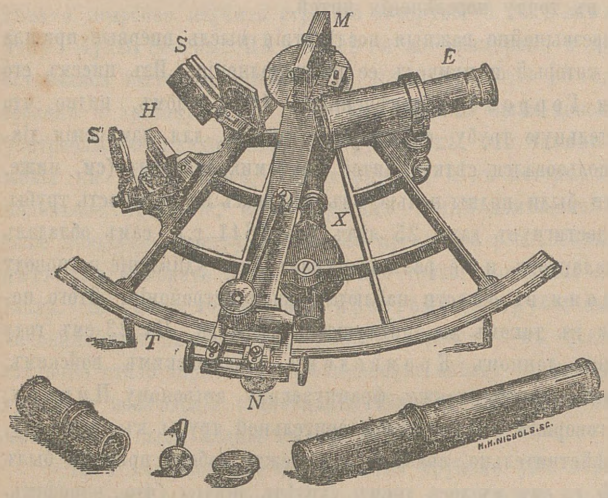


Рис 280.

§ 8. **Отражательный секстантъ Гадлея.** Послѣ этого предварительнаго замѣчанія о зрительныхъ трубахъ, мы приступимъ къ описанію современныхъ инструментовъ, причемъ прежде всего опишемъ приборъ, которымъ въ настоящее время почти не пользуются астрономы на постоянныхъ обсерваторіяхъ, но который зато въ большомъ ходу у моряковъ, путешественниковъ и любителей астрономіи. Это такъ называемый отражательный секстантъ, изобрѣтенный въ 1730 г. Томасомъ Годфреемъ, филадельфійскимъ стекольщикомъ, и, независимо отъ него, въ 1731 г. богатымъ англійскимъ помѣщикомъ Джономъ Гадлеемъ, по имени котораго онъ и называется секстантомъ Гадлея. Д. Гадлей, кромѣ того, первый нашелъ способъ болѣе или менѣе удовлетворительной шлифовки вогнутыхъ зеркалъ и въ 1723 году построилъ первый зеркальный телескопъ значительныхъ размѣровъ, вслѣдствіе чего его нерѣдко ошибочно считаютъ инструментальнымъ мастеромъ. Почти одновременно, можетъ-быть, даже нѣсколько раньше, и Ньютонъ построилъ инструментъ, основанный на томъ же принципѣ, какъ видно изъ письма его, найденнаго въ 1742 г. между бумагами, оставленными Галлеемъ.

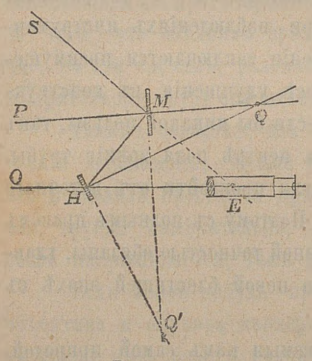


Рис. 281.

Отражательный секстантъ (рис. 280) предназначенъ для того, чтобы измѣрять уголъ между двумя предметами въ любомъ направленіи относительно горизонта. Онъ состоитъ обыкновенно изъ кругового сектора TMN, въ центрѣ котораго M укрѣплена вращающаяся алидада NM; въ N она соединена съ верньеромъ, а въ M съ зеркаломъ, которое укрѣплено перпендикулярно къ ней и отражающая поверхность котораго проходитъ какъ-разъ черезъ центръ сектора. Въ точкѣ H, также перпендикулярно къ плоскости инструмента, укрѣплено другое, меньшее зеркало, параллельное линіи, соединяющей центръ секстанта съ начальной точкой раздѣленнаго края TN, такъ что плоскость этого зеркала будетъ параллельна плоскости зер-

кала M, при томъ положеніи алидады, когда индексъ ея N стоитъ какъ-разъ на начальной точкѣ дѣленій, находящейся на рисункѣ справа.

Верхняя половина зеркальца H не амальгамирована, такъ что лучъ свѣта, идущій отъ отдаленнаго предмета O (рис. 281), пройдя черезъ нее, можетъ попасть прямо въ глазъ наблюдателя или въ зрительную трубу E. Если вращать алидаду съ укрѣпленнымъ на ней зеркаломъ M до тѣхъ поръ, пока лучъ, идущій отъ второго предмета S и падающій на бо́льшее зеркало M по направленію SM, отразившись отъ него по линіи MH, упадетъ на нижнюю часть зеркальца H, то, пойдя отсюда по прямой HE, онъ попадетъ, наконецъ, въ зрительную трубу и затѣмъ въ глазъ наблюдателя, такъ что наблюдатель одновременно увидитъ въ полѣ трубы предметъ O сквозь верхнюю прозрачную часть зеркала H и предметъ S, отразившійся отъ обоихъ зеркалъ. Тогда, закрѣпивъ алидаду NM (рис. 280) и слегка передвигая ее посредствомъ микромстреннаго винта N, можно достигнуть того, что изображенія предметовъ O и S (рис. 281) покроютъ другъ друга, или совершенно совпадутъ другъ съ другомъ. Но такъ какъ углы, образуемые съ плоскостью зеркала лучомъ падающимъ и лучомъ отраженнымъ, равны между собою, а лучъ, отраженный отъ зеркала M, долженъ имѣть постоянно одно и то же направленіе MH, то дуга, пройденная прикрѣпленнымъ къ алидадѣ верньеромъ N отъ начальной точки, будетъ равна половинѣ угла, подъ которымъ глазъ наблюдателя видитъ разстояніе между предметами O и S. Въ самомъ дѣлѣ, измѣненіе угла между лучами падающимъ и отраженнымъ всегда будетъ вдвое больше угла поворота зеркала; въ данномъ же случаѣ, когда отраженный лучъ постоянно имѣетъ одно и то же направленіе, измѣненіе это представляетъ собою не что иное, какъ уголъ, образуемый направленіями отъ наблюдателя на оба предмета. Поэтому мастера разставляютъ по дугѣ TN цифры такимъ образомъ, что вмѣсто каждаго полуградуса пишутъ цѣлый градусъ, такъ что полученный отсчетъ будетъ какъ-разъ равенъ искомому углу OES, образуемому въ глазу наблюдателя предметами O и S.

Въ настоящее время меньшее зеркало замѣняютъ обыкновенно призмою; это измѣненіе впервые было предложено Амичи и Штейнгейлемъ и представляетъ значительныя выгоды.

Очевидно, что совпаденіе изображеній въ зрительной трубѣ не будетъ нарушено, если секстантъ поворачивать около трубы, т.-е. около оси EH, или если эти изображенія отъ центра поля зрѣнія передвинутся къ краю. Поэтому-то такимъ инструментомъ весьма удобно пользоваться на морѣ, гдѣ обыкновенно наблюдаютъ имъ, держа его за рукоятку X (рис. 280), такъ что, несмотря на качаніе корабля, изображенія обоихъ предметовъ не выходятъ изъ поля зрѣнія трубы. Замѣтимъ еще, что для наблюденій надъ солнцемъ при S и S' (рис. 280) помѣщаются цвѣтныя стекла, которыми можно защитить глазъ отъ солнечныхъ лучей; при наблюденіи же менѣе свѣтлыхъ предметовъ ихъ можно устранить съ пути лучей, идущихъ отъ наблюдаемыхъ предметовъ.

§ 9. **Повѣрка отражательнаго секстанта.** Прежде, чѣмъ приступить къ описанію наблюденій, производимыхъ отражательнымъ секстантомъ, сдѣлаемъ одно предварительное замѣчаніе, относящееся и ко всѣмъ остальнымъ инструментамъ.

Не разъ мы уже упоминали, что ни одинъ инструментъ не можетъ выйти изъ рукъ мастера совершенно безъ всякихъ недостатковъ, а если бы это когда-нибудь и случилось, то подъ дѣйствіемъ цѣлаго ряда вредныхъ вліяній онъ не могъ бы долго оставаться въ такомъ состояніи. Поэтому всегда, прежде, чѣмъ приступить къ наблюденіямъ, нужно убѣдиться, выполнены ли на самомъ дѣлѣ всѣ тѣ условія, которымъ долженъ удовлетворять инструментъ, а если нѣтъ, то опредѣлить его ошибки и по возможности исправить ихъ; если же этого сдѣлать нельзя, то, по крайней мѣрѣ, ввести ихъ въ вычисленія. Эта операція называется повѣркой инструмента. Въ секстантѣ, какъ было уже сказано при описаніи, оба зеркала должны быть перпендикулярны къ плоскости инструмента и, кромѣ того, когда алидада стоитъ на нулѣ, зеркала должны быть параллельны другъ другу. Если

послѣднее условіе не выполнено, то ошибка эта, являющаяся самой важной изъ ошибокъ секстанта, называется коллимаціонной ошибкой.

Чтобы опредѣлить коллимаціонную ошибку, устанавливаютъ алидаду приблизительно на нулевую точку дѣленій и смотрятъ въ зрительную трубу на какой-нибудь предметъ съ рѣзко опредѣленными очертаніями. Слегка передвигая алидаду, можно достигнуть того, что въ трубѣ получатся два изображенія этого предмета, такъ какъ наблюдатель будетъ его видѣть, во-первыхъ, непосредственно черезъ верхнюю часть маленькаго зеркала, во-вторыхъ, посредствомъ отраженія отъ большого, а затѣмъ при помощи микрометреннаго винта можно заставить эти изображенія совершенно совпасть другъ съ другомъ. Если при этомъ алидада не будетъ стоять на нулѣ, а будетъ, напримѣръ, отстоять отъ него на $0^{\circ}30'$ въ сторону точки T (рис. 280), то при наблюденіяхъ этимъ инструментомъ нужно каждый отсчетъ уменьшать на $0^{\circ}30'$, чтобы получить истинный уголъ между предметами. Если же алидада будетъ лежать по другую сторону точки нуля, то ко всѣмъ наблюденнымъ угламъ нужно прибавлять соотвѣтствующую величину. Если же нельзя добиться того, чтобы оба изображенія совпали, и если при передвиженіи алидады они будутъ скользить одно около другого, то это послужитъ признакомъ, что маленькое зеркало не вполнѣ перпендикулярно къ плоскости раздѣленной дуги. Въ этомъ случаѣ при помощи винтика, находящагося подъ зеркальцемъ, можно придать ему надлежащій наклонъ къ этой плоскости, и тогда оба изображенія совпадутъ.

Но еще лучше опредѣлять коллимаціонную ошибку не по земному предмету, а по солнцу. Получивъ два изображенія послѣдняго съ рѣзко ограниченными краями, приводятъ въ соприкосновеніе противоположные края сначала съ одной, потомъ съ другой стороны, отмѣчая при этомъ положеніе алидады; полусумма отсчетовъ дастъ намъ коллимаціонную ошибку, а полуразность — діаметръ солнца. Послѣдній дается въ астрономическихъ эфемеридахъ, что даетъ возможность повѣрить хорошо ли сдѣланы наблюденія и можно ли на нихъ положиться.

§ 10. **Наблюденія отражательнымъ секстантомъ.** Отражательный секстантъ предназначается, главнымъ образомъ, для того, чтобы непосредственно измѣрять угловое разстояніе между двумя предметами, при любомъ положеніи линіи, ихъ соединяющей, относительно небеснаго свода. Чтобы опредѣлить угловое разстояніе двухъ предметовъ, напримѣръ, двухъ башенъ или звѣздъ, взявъ секстантъ правой рукой за рукоятку X (рис. 280), придаютъ ему такое положеніе, чтобы одинъ изъ этихъ предметовъ O (рис. 281) былъ виденъ въ трубу E непосредственно черезъ верхнюю часть зеркальца H, т.-е. чтобы ось этой трубы совпала съ направленіемъ EHO на одинъ изъ предметовъ. Затѣмъ поворачиваютъ весь инструментъ около трубы, какъ около оси, до тѣхъ поръ, пока плоскость инструмента будетъ проходить черезъ другой предметъ S, и затѣмъ—если, конечно, первый предметъ не вышелъ изъ поля зрѣнія трубы — передвигаютъ алидаду $Q'M$ до тѣхъ поръ, пока и второй предметъ S не будетъ виденъ въ трубу. Въ этомъ положеніи зажимнымъ винтомъ прикрѣпляютъ алидаду къ лимбу и передвигаютъ ее микрометреннымъ винтомъ N (рис. 280) до тѣхъ поръ, пока изображенія предметовъ въ полѣ зрѣнія трубы не совпадутъ вполнѣ. Отсчетъ, которому будетъ соотвѣтствовать положеніе верньера, исправленный за коллимаціонную ошибку, дастъ искомый уголъ между предметами O и S.

Чаще всего пользуются секстантомъ для опредѣленія высотъ звѣздъ и особенно солнца, чтобы вывести изъ этихъ наблюденій высоту полюса и время. Если нужно опредѣлить высоту звѣзды, находясь на сушѣ, то употребляютъ такъ называемый искусственный горизонтъ, т.-е. строго-горизонтальную зеркальную поверхность, для чего берутъ обыкновенно сосудъ, наполненный ртутью, такъ какъ ртуть уже по самой природѣ своей образуетъ горизонтальную зеркальную поверхность. Затѣмъ придаютъ зрительной трубѣ секстанта такое направленіе, чтобы въ нее можно было видѣть непосредственно сквозь

верхнюю часть зеркальца изображеніе звѣзды въ горизонтѣ, послѣ чего вращаютъ инструментъ вокругъ трубы, какъ около неподвижной оси до тѣхъ поръ, пока плоскость его приметъ вертикальное положеніе. Когда удастся этого достигнуть, тогда, наблюдая, чтобы отраженное отъ искусственнаго горизонта изображеніе звѣзды не выходило изъ поля зрѣнія трубы, передвигаютъ алидаду NM (рис. 280) то верхъ, то внизъ до тѣхъ поръ, пока не появится въ полѣ зрѣнія и второе изображеніе, отраженное отъ бо́льшаго зеркала и отъ нижней части меньшаго. Тогда закрѣпляютъ алидаду зажимнымъ винтомъ и при помощи микрометреннаго винта заставляютъ оба изображенія совпасть. Отсчетъ, противъ котораго стоитъ алидада, дастъ удвоенную высоту наблюдаемой звѣзды.

Чтобы предохранить ртутный горизонтъ отъ вліянія движенія воздуха и возникающихъ вслѣдствіе этого волнъ, вредящихъ ясности изображенія, его покрываютъ крышкой изъ двухъ стеклянныхъ пластинокъ, ограниченныхъ строго-параллельными плоскостями. Вмѣсто стекла можно также употреблять одинъ изъ сортовъ слюды, извѣстный подъ названіемъ «Frauenglas» или «Miroir d'âne», такъ какъ слюда уже по своей природѣ расщепляется на листочки, ограниченные вполнѣ параллельными плоскостями. Искусственные горизонты, состоящіе изъ зеркалъ и устанавливающіеся въ горизонтальномъ положеніи помощью уровней, гораздо удобнѣе, но менѣе надежны, чѣмъ ртутные горизонты.

На морѣ же пользуются для этой цѣли морскимъ горизонтомъ, т.-е. линіей, отдѣляющей поверхность моря отъ неба, совмѣщая въ полѣ зрѣнія трубы эту линію съ наблюдаемой звѣздой.

Изъ вышесказаннаго видно, что наблюденія секстантомъ не требуютъ ни прочной установки послѣдняго, ни оріентировки его относительно горизонта или экватора, словомъ, никакихъ приготовленій. Кромѣ того, секстантъ является единственнымъ инструментомъ, которымъ можно пользоваться, не ставя его при этомъ постоянно на одно и то же, разъ навсегда опредѣленное мѣсто, а просто держа его въ рукѣ, и это дѣлаетъ его незамѣнимымъ инструментомъ для моряковъ, когда нужно опредѣлить время и мѣсто, гдѣ находится корабль, и для путешественниковъ по неизвѣстнымъ странамъ, когда нужно произвести опредѣленіе географическаго положенія какого-нибудь пункта.

Прежде всего мы будемъ говорить объ опредѣленіи географической широты и для этого сошлемся на § 18 введенія. Тамъ было показано, что полуденная, или кульминаціонная, высота звѣзды связана весьма простымъ соотношеніемъ съ склоненіемъ этой звѣзды и высотой экватора надъ горизонтомъ, или географической широтой мѣста наблюденія, такъ что, смотря по тому, имѣетъ ли звѣзда сѣверное или южное склоненіе, будетъ выполняться одно изъ слѣдующихъ уравненій:

высота экватора = высотѣ — склоненіе, для сѣвернаго склоненія;

или высота экватора = высотѣ + склоненіе, для южнаго склоненія.

Проще и удобнѣе всего наблюдать полуденную высоту солнца въ какой-нибудь опредѣленный день, такъ какъ отсюда почти безъ всякихъ вычисленій можно получить широту мѣста наблюденія, придавъ къ наблюденной высотѣ данное въ эфемеридахъ склоненіе солнца съ соотвѣтствующимъ знакомъ и взявъ затѣмъ дополненіе полученной высоты экватора до 90^0; это и будетъ искомая высота полюса надъ горизонтомъ, или географическая широта. Положимъ, напримѣръ, что капитанъ какого-нибудь корабля, отправившагося въ долгое плаваніе, нашелъ, что 12-го іюня 1894 г. высота солнца была $58^0\ 15'$; такъ какъ въ полдень этого дня склоненіе солнца было $23^0\ 11'$ къ сѣверу отъ экватора, то

высота экватора $= 58^0\ 15' - 23^0\ 11' = 35^0\ 4'$,

откуда географич. широта $= 90^0 - 35^0\ 4' = 54^0\ 56'$.

Что касается мѣстнаго времени, то опредѣленіе его важно не только для моряковъ и путешественниковъ, но составляетъ также одну изъ главнѣйшихъ задачъ астрономовъ-практиковъ. Въ самомъ дѣлѣ, небесныя свѣтила непрерывно измѣняютъ свое положеніе

относительно глаза наблюдателя не только вслѣдствіе суточнаго движенія небеснаго свода, но и вслѣдствіе присущаго нѣкоторымъ изъ нихъ собственнаго движенія. Поэтому для астронома недостаточно получить, напримѣръ, только высоту какой-нибудь звѣзды, хотя бы съ величайшей точностью; онъ долженъ еще не менѣе точно знать время, когда онъ пронаблюдалъ эту высоту. Однако, эта причина не единственная; астрономамъ необходимо точно знать время еще и потому, что уже издавна на нихъ возложена обязанность опредѣлять время для общественнаго пользованія. Такъ какъ, кромѣ того, точно знать время необходимо всякому образованному человѣку, распредѣляющему свои дѣла въ зависимости отъ времени, то мы считаемъ не лишнимъ изложить здѣсь главнѣйшіе способы опредѣленія времени, а также привести цѣлый рядъ вспомогательныхъ средствъ, изобрѣтенныхъ для того, чтобы по возможности облегчить опредѣленіе времени или, что то же, поправки часовъ, для людей, не занимающихся спеціально астрономіей.

§ 11. **Опредѣленіе времени вообще.** Прежніе астрономы пользовались для опредѣленія времени преимущественно армиллярной сферой (§ 3). Съ этой цѣлью они устанавливали армиллярную сферу въ меридіанѣ и направляли кругъ склоненія (рис. 275, стр. 781) на какую-нибудь яркую неподвижную звѣзду, прямое восхожденіе которой было уже извѣстно; отсчетъ, получавшійся при этомъ на экваторіальномъ кругѣ, давалъ какъ-разъ часовой уголъ наблюдаемой звѣзды. Сумма полученнаго часового угла и прямого восхожденія звѣзды давала звѣздное время наблюденія (введеніе, § 23), откуда нетрудно было найти и соотвѣтствующее среднее солнечное время (часть I, § 97). Этотъ способъ значительно упрощается, если вмѣсто неподвижной звѣзды наблюдать солнце, такъ какъ тогда полученный часовой уголъ солнца даетъ непосредственно истинное солнечное время наблюденія (часть I, § 94).

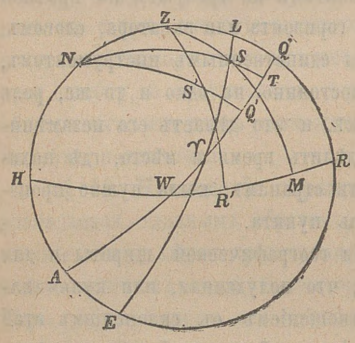


Рис. 282.

Но такъ какъ ни конструкція, ни установка армиллярной сферы не отличались большой точностью, то не могло быть точнымъ и опредѣленіе времени при помощи этого инструмента. Поэтому съ давнихъ временъ старались придумать способъ, при помощи котораго можно было бы болѣе точно опредѣлять время. Наилучшій способъ основанъ на томъ, что высота звѣздъ мѣняется съ теченіемъ времени. При своемъ суточномъ обращеніи вокругъ земли, каждая звѣзда проходитъ послѣдовательно черезъ всѣ тѣ высоты, какія она можетъ имѣть по положенію своего параллельнаго круга относительно горизонта наблюдателя, и такъ какъ каждому часовому углу ея соотвѣтствуетъ опредѣленная высота, то и обратно, каждой данной высотѣ соотвѣтствуетъ опредѣленный часовой уголъ, а, слѣдовательно, и опредѣленное время. Слѣдовательно, можно найти время, если удастся какимъ-нибудь способомъ пронаблюдать высоту звѣзды.

Пусть (рис. 282) S будетъ положеніе солнца въ тотъ моментъ, для котораго мы желаемъ опредѣлить время; пусть, далѣе, Z будетъ зенитъ, а N — сѣверный полюсъ экватора. Если мы пронаблюдаемъ высоту SM солнца надъ горизонтомъ HR, то будемъ знать и зенитное разстояніе ZS, которое равно дополненію высоты до 90° (введеніе, § 8). Въ астрономическихъ эфемеридахъ можно найти полярное разстояніе NS солнца для даннаго дня, равно какъ и высоту полюса HN, т.-е. географическую широту мѣста наблюденія, которое, очевидно, дополняетъ ZN до 90°. Такимъ образомъ, въ сферическомъ треугольникѣ NZS извѣстны всѣ три стороны, и, слѣдовательно, по формуламъ сферической тригонометріи можно точно вычислить уголъ ZNS этого треугольника. Но этотъ уголъ есть не что иное, какъ часовой уголъ солнца, т.-е. искомое истинное солнечное время (часть I, § 94).

При опредѣленіи времени по высотамъ свѣтилъ нужно еще принять во вниманіе

слѣдующее обстоятельство. Высота всѣхъ звѣздъ, а также и солнца, вблизи меридіана мѣняется очень медленно, а при прохожденіи черезъ меридіанъ нѣкоторое время даже и совершенно не мѣняется; поэтому было бы весьма нецѣлесообразно, если бы мы пожелали для опредѣленія времени воспользоваться мало отличающимися другъ отъ друга околомеридіанными высотами свѣтила. Но чѣмъ дальше звѣзда отстоитъ отъ меридіана, тѣмъ быстрѣе мѣняется ея высота, и самое быстрое измѣненіе высоты бываетъ тогда, когда звѣзда находится недалеко отъ вертикальнаго круга, проходящаго черезъ точки востока и запада и извѣстнаго подъ именемъ *перваго вертикала*. Слѣдовательно, съ цѣлью опредѣленія времени, выгоднѣе всего наблюдать высоты звѣздъ въ этой части неба.

Если для опредѣленія истиннаго времени нельзя воспользоваться солнцемъ и приходится наблюдать какую-нибудь изъ извѣстныхъ звѣздъ, что случается очень часто, напр., когда нужно опредѣлить моментъ наблюденія, сдѣланнаго ночью, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ.

Пусть будетъ $\Upsilon Q'$ прямое восхожденіе и NS' полярное разстояніе наблюдаемой звѣзды, и пусть въ моментъ наблюденія солнце находится въ точкѣ S эклиптики EL, такъ что ΥS будетъ его долгота, а ΥT прямое восхожденіе, которое дается въ астрономическихъ эфемеридахъ. Если пронаблюдать высоту $S'R'$, или, что то же самое, зенитное разстояніе ZS' звѣзды, то изъ треугольника NZS', въ которомъ также всѣ три стороны будутъ извѣстны, вычисленіемъ можно опредѣлить часовой уголъ звѣзды ZNS', т.-е. дугу экватора QQ'. Тогда, очевидно, будемъ имѣть:

$$TQ = \Upsilon Q - \Upsilon T, \quad \text{или} \quad TQ = QQ' + \Upsilon Q' - \Upsilon T,$$

такъ что искомое истинное солнечное время опредѣлится изъ уравненія:

истинное время = часовому углу + прямое восхожденіе звѣзды — прямое восхожденіе солнца.

Если въ послѣднемъ членѣ, для удобства вычисленій, вмѣсто прямого восхожденія истиннаго солнца подставить прямое восхожденіе средняго солнца (часть I, § 95), то вмѣсто истиннаго солнечнаго времени получимъ непосредственно среднее время; по этому времени и отмѣчаютъ очень часто современные астрономы моменты своихъ наблюденій.

Тихо первый началъ заботиться о большей точности опредѣленія времени; онъ пользовался для наблюденія высотъ своимъ большимъ и по тому времени очень точнымъ квадрантомъ, которымъ онъ опредѣлялъ высоты съ точностью до $1'$, такъ что самое время получалось несравненно точнѣе, чѣмъ при наблюденіяхъ съ армиллярной сферой.

Прежніе астрономы должны были для каждаго болѣе или менѣе важнаго наблюденія предпринимать отдѣльное опредѣленіе времени, такъ какъ они не умѣли раздѣлять значительные промежутки времени на болѣе мелкія равныя части, иначе говоря, такъ какъ у нихъ не было часовъ. Такимъ образомъ, каждое производимое ими наблюденіе являлось, въ сущности, двойнымъ, потому что имъ однимъ инструментомъ приходилось производить самое наблюденіе, напр., наблюденіе начала затмѣнія, а другимъ опредѣлять время, что требовало довольно много вычисленій; кромѣ того, оба наблюденія требовалось сдѣлать одновременно, такъ что нужны были не только два инструмента, но и два наблюдателя. И пока не было придумано механизма, способнаго производить правильное и вполнѣ равномѣрное движеніе, приходилось пользоваться этимъ копотливымъ и отнимающимъ много времени пріемомъ. Теперь же мы имѣемъ такой инструментъ: это часы, о которыхъ мы будемъ подробно говорить впослѣдствіи. Благодаря этому изобрѣтенію нѣтъ больше необходимости одновременно съ наблюденіемъ какого-нибудь небеснаго явленія опредѣлять и время; достаточно время отъ времени сравнивать часы съ солнцемъ или со звѣздами, чтобы затѣмъ по способу, который будетъ указанъ ниже (§ 20), опредѣлять состояніе часовъ, т.-е. ихъ поправку, въ моментъ наблюденія.

Если задача заключается только въ томъ, чтобы опредѣлить время полудня, и при этомъ не требуется большой точности, то простѣйшимъ инструментомъ, пригоднымъ для

этой цѣли, несомнѣнно, является гномонъ, о которомъ мы уже не разъ упоминали (часть I, § 23, часть IV, § 2). Въ первоначальной своей формѣ онъ состоитъ изъ прямолинейнаго шеста, при помощи отвѣса установленнаго на горизонтальной плоскости перпендикулярно къ ней. Освѣщаемый солнцемъ, онъ будетъ отбрасывать на горизонтальную плоскость тѣнь, перемѣщающуюся вмѣстѣ съ солнцемъ; тѣнь эта будетъ тѣмъ короче, чѣмъ ближе солнце къ меридіану, или къ полудню. Въ равныхъ разстояніяхъ отъ полудня даннаго дня, напримѣръ, за 3 или за 4 часа до и послѣ него, длина тѣни будетъ одна и та же, равно какъ и разстояніе конечной ея точки отъ меридіана, такъ что углы, образуемые ею съ полуденной линіей, будутъ равны между собою.

Этихъ немногихъ замѣчаній достаточно, чтобы сумѣть построить полуденную линію. Съ помощью шнурка, прикрѣпленнаго къ основанію шеста, вокругъ этого основанія, какъ вокругъ центра, описываютъ нѣсколько концентрическихъ окружностей различныхъ радіусовъ и отмѣчаютъ на каждой изъ нихъ тѣ 2 точки, которыхъ касается конецъ тѣни шеста до и послѣ полудня. Полученныя такимъ образомъ дуги дѣлятъ пополамъ и каждую изъ точекъ дѣленія соединяютъ съ основаніемъ шеста прямою, которую чертятъ на горизонтальномъ полу. Эта прямая и будетъ полуденной линіей, и когда въ слѣдующіе дни тѣнь шеста совпадетъ съ полуденной линіей, наступитъ какъ-разъ моментъ истиннаго полудня для соотвѣтственнаго дня. Собственно говоря, достаточно было бы для этой цѣли и одного круга; остальные чертятся только для того, чтобы можно было повторить опытъ и убѣдиться, что онъ выполненъ достаточно точно. Всѣ полученныя линіи должны совпасть другъ съ другомъ; но обыкновенно этого не бываетъ, такъ какъ невозможно совершенно точно замѣтить конецъ тѣни шеста, и потому изъ всѣхъ линій нужно взять среднее положеніе. Это опредѣленіе удобнѣе всего производить во время солнцестояній (введеніе, § 11), такъ какъ тогда склоненіе солнца мѣняется всего медленнѣе.

Только-что изложенный способъ опредѣленія времени полудня очень несложенъ, а устройство гномона доступно каждому. Однако, если установить гномонъ на открытомъ воздухѣ, то имъ нельзя будетъ долго пользоваться, такъ какъ подъ вліяніемъ вѣтра, погоды, толчковъ отъ проходящихъ людей и животныхъ, онъ можетъ измѣнить свое положеніе. Его можно безъ особаго труда и затратъ устроить всего на нѣсколько дней, чтобы въ теченіе этого времени опредѣлить поправку и ходъ часовъ, и затѣмъ съ помощью послѣднихъ опредѣлять время полудня, способомъ, который мы сейчасъ опишемъ.

Положимъ для простоты, что въ домѣ есть окно, обращенное на югъ, по крайней мѣрѣ, приблизительно, такъ что солнце освѣщаетъ его въ полдень. Если въ ясный день при помощи гномона или вывѣренныхъ часовъ опредѣлить моментъ истиннаго полудня и отмѣтить на полу или на стѣнѣ комнаты то мѣсто, гдѣ въ этотъ моментъ будетъ лежать тѣнь отъ оконнаго переплета или косяка, то, когда въ слѣдующіе дни тѣнь опять упадетъ на то же мѣсто, наступитъ для этого дня моментъ истиннаго полудня.

Этимъ способомъ можно опредѣлять время не только въ меридіанѣ, но и въ любомъ азимутѣ, только въ послѣднемъ случаѣ нужно произвести тригонометрическія вычисленія, чтобы найти соотвѣтствующій данному азимуту часовой уголъ такимъ же приблизительно путемъ, какимъ опредѣляется онъ по высотѣ.

Если же хотятъ знать не солнечное, а звѣздное время, то, по предложенію Ольберса, можно весьма просто опредѣлить его, наблюдая исчезновеніе звѣзды за отдаленной башней или за стѣной или крышей отдаленнаго дома, причемъ опредѣленіе это будетъ отличаться значительной точностью, такъ какъ исчезновеніе звѣзды происходитъ моментально, если только земной предметъ находится на разстояніи нѣсколькихъ сотъ метровъ отъ глаза наблюдателя, и увеличеніе трубы, съ которой производятся наблюденія, не очень сильно.

Склоненіе неподвижныхъ звѣздъ не мѣняется, а потому исчезновеніе звѣзды за земнымъ предметомъ происходитъ всегда при одномъ и томъ же часовомъ углѣ, конечно, если

при этомъ остается неизмѣннымъ положеніе глаза наблюдателя. А такъ какъ сумма часового угла и прямого восхожденія звѣзды, которое также не мѣняется, даетъ звѣздное время наблюденія (введеніе, § 23), то исчезновеніе звѣздъ происходитъ всегда въ одинъ и тотъ же моментъ по звѣздному времени, который поэтому достаточно опредѣлить разъ навсегда. Но при этомъ, какъ уже сказано, нужно чтобы глазъ наблюдателя всегда находился въ одномъ и томъ же положеніи. Этому требованію можно удовлетворить различными способами: можно, напримѣръ, вбить въ косякъ большой крѣпкій гвоздь наклонно къ горизонту, такъ чтобы труба во время наблюденія могла свободно помѣщаться въ углѣ, образуемомъ гвоздемъ съ косякомъ, и когда труба приведена въ это положеніе, ей придаютъ такое направленіе, чтобы то мѣсто башни, за которымъ исчезаетъ звѣзда, усматривалось глазомъ какъ-разъ въ серединѣ поля зрѣнія трубы.

Этимъ же способомъ можно производить наблюденія и съ часами, идущими по среднему солнечному времени, принявъ только во вниманіе, что по среднему времени исчезновеніе звѣзды будетъ наступать съ каждымъ днемъ на $3^m\ 55{,}9^s$ раньше, чѣмъ въ предыдущій день (часть I, § 97). Вслѣдствіе этого, выбранная для наблюденій звѣзда съ каждымъ днемъ все раньше будетъ подходить къ земному предмету, такъ что, въ концѣ концовъ, ее совсѣмъ нельзя будетъ разсмотрѣть въ слабую трубу. Въ самомъ дѣлѣ, суточное измѣненіе въ $3^m\ 55{,}9^s$, суммируясь, за мѣсяцъ достигаетъ почти 2 часовъ, а за полгода 12 часовъ. Однако, этому легко помочь, если съ самыхъ первыхъ ночей наблюдать не одну, а нѣсколько звѣздъ, которыя исчезали бы черезъ часъ, или черезъ полчаса одна послѣ другой. Когда черезъ нѣсколько времени не только первыя, но и послѣднія изъ этихъ звѣздъ начнутъ исчезать слишкомъ рано, къ нимъ нужно присоединить такимъ же образомъ новыя звѣзды. Если подобрать 15 — 20 такихъ звѣздъ, то въ теченіе цѣлаго года можно будетъ ежедневно наблюдать въ удобное для этого время, по крайней мѣрѣ, по одной звѣздѣ.

Замѣтимъ, между прочимъ, что исчезновеніе яркихъ звѣздъ за земными предметами даетъ намъ возможность наипростѣйшимъ способомъ отыскивать звѣзды днемъ. Для этого нужно только незадолго до того момента звѣзднаго времени, когда звѣзда должна исчезнуть, направить трубу на то мѣсто, гдѣ это исчезновеніе происходитъ.

§ 12. **Диплейдоскопъ Дента и пассажная призма Штейнгейля.** Другой, очень простой инструментъ, пригодный для опредѣленія времени во всѣхъ случаяхъ, гдѣ не требуется большой точности, есть диплейдоскопъ, изобрѣтенный знаменитымъ англійскимъ часовымъ мастеромъ Дентомъ. Онъ состоитъ изъ трехъ стеклянныхъ пластинокъ, ограниченныхъ параллельными плоскостями, и образующихъ призму, дающую въ сѣченіи плоскостью, перпендикулярною къ ребрамъ призмы, равнобедренный треугольникъ. Передняя пластинка прозрачная, а двѣ другія съ задней стороны амальгамированы. Та часть лучей, которая отразится непосредственно отъ передней пластинки, даетъ одно изображеніе солнца, а та, которая пройдетъ черезъ пластинку, даетъ, дважды отразившись отъ амальгамированныхъ пластинокъ и пройдя вторично черезъ переднюю, второе изображеніе. Такъ какъ первое изъ нихъ получилось вслѣдствіе простого отраженія, а второе вслѣдствіе двойного, то при движеніи солнца по небу, изображенія эти будутъ двигаться навстрѣчу другъ другу; нетрудно доказать, что они должны совершенно совпасть, когда солнце вступитъ на вертикалъ, совпадающій съ плоскостью той амальгамированной пластинки, къ которой прилежатъ оба равные угла. Это совпаденіе можно замѣтить очень отчетливо, особенно если пользоваться хотя бы самой маленькой зрительной трубой, благодаря тому, что изображенія передвигаются по противоположнымъ направленіямъ, такъ что при помощи этого простого прибора, установивъ его, напримѣръ, на подоконникѣ, можно очень точно пронаблюдать прохожденіе солнца черезъ меридіанъ или любой другой вертикалъ и при нѣкоторомъ стараніи можно опредѣлить время съ точностью до 1^s.

Этотъ инструментъ имѣетъ, однако, то неудобство, что оба изображенія приходится

разсматривать сбоку, и, кромѣ того, наблюдатель обращенъ спиной къ наблюдаемому предмету. Поэтому, согласно предложенію Штейнгейля, удобнѣе употреблять массивную стеклянную призму *abc* (рис. 283), одна изъ стѣнокъ которой *ab* параллельна тому направленію, по которому смотритъ наблюдатель. Призма должна быть отшлифована такимъ образомъ, чтобы остальныя двѣ стѣнки составляли съ первой при *a* и при *b* равные углы. Положимъ сперва, что лучи отъ какого-нибудь отдаленнаго предмета, напримѣръ, отъ звѣзды, идутъ параллельно плоскости *ab*, и пусть *S'd* есть одинъ изъ такихъ лучей, который пересѣкается съ призмой въ точкѣ *d*. Здѣсь онъ претерпѣваетъ преломленіе, идетъ дальше по направленію *de*, встрѣчаетъ плоскость *ab*, отражается отъ нея въ точкѣ *e*, затѣмъ идетъ по линіи *ef* до перссѣченія съ плоскостью *bc*, вторично преломляется и выходитъ изъ призмы по направленію *fO'*, параллельному *S'd*. Дѣйствительно, въ треугольникахъ *ade* и *efb* углы при *a* и при *b*, по предположенію, равны между собою; углы при *e*, т.-е. углы паденія и отраженія, также равны между собою; слѣдовательно, и третьи углы должны быть равны, т.-е. уголъ при *f* равенъ углу при *d*, откуда, принявъ во вниманіе то обстоятельство, что при *d* происходитъ преломленіе изъ воздуха въ стекло, а при *f* обратное явленіе, заключаемъ, что уголъ $O'fb = S'da$, т.-е. если лучъ *S'd* параллеленъ грани *ab*, то и выходящій лучъ *fo'* параллеленъ входящему *S'd*. Если положеніе глаза наблюдателя относительно призмы таково, что въ одну часть зрачка попадаютъ лучи, идущіе непосредственно отъ предмета, а въ другую тѣ, которые прошли черезъ призму, то наблюдатель одновременно видитъ звѣзду и безъ призмы, и сквозь призму; но такъ какъ тѣ и другіе лучи идутъ параллельно, то всѣ они даютъ только одно изображеніе.

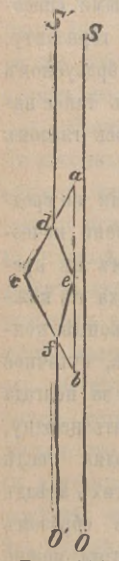


Рис. 283.

Если же направленіе на звѣзду не совпадаетъ строго съ продолженной плоскостью *ab*, а уклоняется, напримѣръ, вправо отъ нея, то два луча *SO* и *S'd* (рис. 284), изъ которыхъ одинъ непосредственно попадаетъ въ глазъ, находящійся въ точкѣ *O*, а другой сначала проходитъ черезъ призму, при вступленіи въ глазъ не будутъ уже параллельными, а будутъ составлять нѣкоторый уголъ, вслѣдствіе чего глазъ увидитъ два изображенія звѣзды: одно по направленію *OS*, другое по направленію *Of*, причемъ эти изображенія будутъ тѣмъ дальше другъ отъ друга, чѣмъ больше уголъ, образуемый падающимъ лучомъ съ плоскостью *ab*.

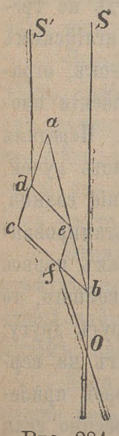


Рис. 284.

Такъ какъ желательно, чтобы оба изображенія были одинаково ярки, то нужно постараться придать глазу опредѣленное положеніе относительно призмы, именно такое, чтобы продолженная плоскость *ab* дѣлила зрачекъ пополамъ. Всего лучше можно этого достигнуть, приладивъ къ призмѣ надлежащимъ образомъ маленькую зрительную трубу. На рис. 285 изображенъ этотъ маленькій инструментъ, извѣстный подъ названіемъ пассажной призмы Штейнгейля въ томъ видѣ, какой ему придалъ Плёссль.

Призма *a* установлена такимъ образомъ, что направленіе ея реберъ приблизительно параллельно направленію оси міра въ среднихъ широтахъ, а отражающая плоскость ея совпадаетъ съ плоскостью того вертикальнаго круга, въ которомъ хотятъ производить наблюденія. Зрительную трубу *b*, увеличивающую въ 3 или 4 раза, при помощи особаго приспособленія *c* можно приближать къ призмѣ или удалять отъ нея. Отражающая плоскость призмы должна быть параллельна столбу *b*, прикрѣпленному перпендикулярно къ верхней плоскости подставки *e*, такъ что приводя плоскость *e* въ горизонтальное положеніе, мы, вмѣстѣ съ тѣмъ, придаемъ призмѣ надлежащее положеніе въ одномъ направленіи (напр., въ направленіи меридіана); съ этой цѣлью ножки *f* инструмента снабжены подъемными винтами.

Чтобы установить, какъ слѣдуетъ, инструментъ по другому направленію, перпендикулярному къ первому (по направленію перваго вертикала), его сначала просто передвигаютъ на ножкахъ f, и если такимъ образомъ инструментъ придетъ случайно въ желаемое положеніе, то оставляютъ его въ этомъ положеніи, установивъ неподвижно его ножки на предназначенномъ для этого пьедесталѣ; въ противномъ же случаѣ опредѣляютъ ошибку установки и производятъ необходимую поправку при помощи винтиковъ g, дѣйствующихъ въ противоположныхъ направленіяхъ на неподвижно связанный съ пьедесталомъ штифтикъ h. При современномъ совершенствѣ зрительныхъ трубъ, изображенія получаются необыкновенно отчетливыя и ихъ соприкосновеніе замѣтить гораздо легче, чѣмъ трудно уловимое покрытіе изображеній, такъ что наблюденія эти отличаются большою точностью.

Для того, чтобы опредѣлить время, нужно установить плоскость ab въ меридіанѣ, что проще всего достигается поворачиваніемъ призмы вокругъ вертикальной оси до тѣхъ поръ, пока въ нее не будетъ видно совпаденіе изображеній солнца какъ-разъ въ моментъ истиннаго полудня, послѣ чего вышеуказаннымъ способомъ неподвижно устанавливаютъ инструментъ въ этомъ положеніи.

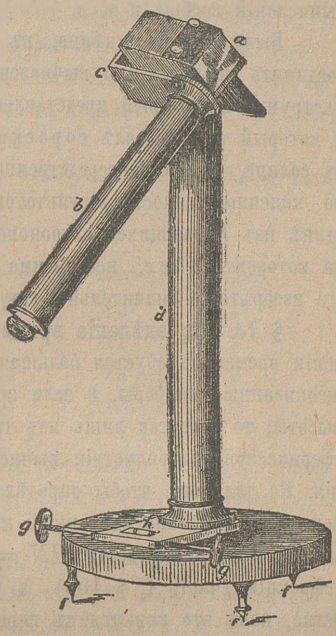


Рис. 285.

§ 13. **Приборъ Эбле для опредѣленія времени.** Всѣ вышеописанныя приспособленія ограничиваютъ опредѣленіе времени какимъ-нибудь однимъ моментомъ, а именно, если желаютъ избѣжать довольно длинныхъ вычисленій, моментомъ истиннаго полудня; исключеніе представляетъ только способъ Ольберса. Для людей, не занимающихся спеціально астрономіей, простѣйшимъ свободнымъ отъ этого ограниченія методомъ опредѣленія времени въ любой моментъ, является тотъ, который даетъ возможность, измѣривъ высоту какого-нибудь свѣтила, находящагося внѣ меридіана, всего лучше высоту солнца, опредѣлить время наблюденія по способу, описанному въ § 11. Наиболѣе подходящій для этой цѣли инструментъ есть отражательный секстантъ (§ 10); наблюденія этимъ инструментомъ для профессіональныхъ астрономовъ не представляютъ, конечно, никакихъ затрудненій, но они требуютъ значительнаго навыка; кромѣ того, дѣло сводится здѣсь къ рѣшенію сферическихъ треугольниковъ, которое не всѣмъ доступно, да и цѣна этого инструмента слишкомъ высока для того, чтобы каждый могъ его пріобрѣсти. Слѣдовательно, задача состоитъ въ томъ, чтобы произвести два упрощенія: во-первыхъ, придумать какой-нибудь простой способъ опредѣленія высоты звѣздъ съ достаточной степенью точности, во-вторыхъ, облегчить по возможности вычисленіе времени изъ этихъ наблюденій.

Чтобы удовлетворить первому требованію, пришлось снова обратиться къ астролябіи древнихъ (§ 3), въ которой, однако, полный кругъ замѣнили круговымъ секторомъ. Надъ усовершенствованіемъ этого инструмента больше всѣхъ потрудился Эбле изъ Эльвангена; онъ же чрезвычайно остроумно видоизмѣнилъ старый и, такъ сказать, отжившій методъ графическаго рѣшенія геометрическихъ задачъ и такъ сумѣлъ воспользоваться имъ для опредѣленія времени, что оказалось возможнымъ обойтись въ этомъ случаѣ почти безъ всякихъ вычисленій. Его астрономическая сѣтка есть нѣчто въ родѣ вычислительной линейки, на которой непосредственно можно прочесть соотвѣтствующій часовой уголъ, такъ что всѣ трудности этой части работы устраняются, и при этомъ получается точность до полуминуты. Ясность прилагаемаго руководства къ употребленію и умѣренная

цѣна инструмента, изобрѣтеннаго Эбле, дѣлаютъ его для всѣхъ доступнымъ, а точность его можетъ быть значительно увеличена, если построить его изъ металла, и если, кромѣ того, увеличить его размѣры.

Этотъ приборъ, которому Эбле далъ названіе прибора для опредѣленія времени, удовлетворяетъ всѣмъ вышеупомянутымъ требованіямъ; но Эбле этимъ не ограничился. Само собой разумѣется, что изобрѣтеніе его представляло огромныя преимущества для разрѣшенія предложенной задачи, такъ какъ описаннымъ аппаратомъ, согласно первоначальной цѣли изобрѣтателя, можно было пользоваться во всѣхъ географическихъ широтахъ; но, кромѣ того, вторая часть этого изобрѣтенія, которую мы назвали астрономической сѣткой, даже для спеціалистовъ представляетъ прекраснее средство для разрѣшенія множества задачъ, основанныхъ на рѣшеніи сферическихъ треугольниковъ. Такимъ образомъ, изобрѣтеніе Эбле имѣетъ неоспоримое значеніе въ чисто научной области: для морской астрономіи, для кристаллографическихъ изслѣдованій, для контрольныхъ вычисленій вообще и т. д.

Было бы, несомнѣнно, въ высшей степени желательнымъ при опредѣленіи времени соединить наблюденія и вычисленія въ одну операцію. Эбле достигъ и этого, построивъ инструментъ, который представляетъ остроумное соединеніе двухъ описанныхъ аппаратовъ, и который онъ назвалъ гороскопомъ; помощью этого инструмента, направивъ діоптры на солнце, можно непосредственно получать соотвѣтственный часовой уголъ этого свѣтила, но, конечно, точность результатовъ при этомъ уменьшилась. Замѣтимъ, что Ламбертъ, одинъ изъ выдающихся астрономовъ, еще въ XVIII-мъ столѣтіи шелъ по тому же пути, на которомъ Эбле, независимо отъ него, достигъ такихъ прекрасныхъ результатовъ; но его изобрѣтеніе значительно уступаетъ въ совершенствѣ изобрѣтенію Эбле.

§ 14. **Опредѣленіе времени по соотвѣтствующимъ высотамъ.** Если при опредѣленіи времени требуется бо́льшая точность, чѣмъ та, которую въ состояніи дать всѣ вышеописанные приборы, и если при этомъ желаютъ ограничиться наблюденіемъ только одной высоты, то остается лишь изъ треугольника NZS' (рис. 282, стр. 802), по формуламъ сферической тригонометріи вычислить часовой уголъ свѣтила ZNS' въ моментъ наблюденія. Но для того, чтобы опредѣлить высоту съ достаточной точностью, необходимо имѣть хорошій, тщательно сдѣланный инструментъ, и, кромѣ того, точно знать не только высоту полюса мѣста наблюденія $HN = 90^0 - ZN$ и полярное разстояніе звѣзды NS', но и рефракцію (часть I, § 105), а удовлетворить этимъ требованіямъ далеко не всегда такъ легко, какъ это кажется съ перваго взгляда.

Однако, всѣ эти препятствія и трудности можно обойти; стоитъ только вспомнить, что каждая звѣзда, находясь вправо и влѣво отъ меридіана, будетъ имѣть одну и ту же высоту надъ горизонтомъ, когда разстоянія ея отъ меридіана будутъ одинаковы, т.-е., когда она по обѣ стороны меридіана будетъ имѣть одинъ и тотъ же часовой уголъ. Высота солнца за 3 часа до полудня, т.-е. въ 9 часовъ утра по истинному времени, будетъ та же самая, какъ въ 3 часа вечера по истинному времени, если предположить, что склоненіе солнца за этотъ промежутокъ времени не измѣнилось. Относительно неподвижныхъ звѣздъ это справедливо; склоненія же солнца, луны и планетъ на самомъ дѣлѣ мѣняются, но измѣненіе это, вообще говоря, очень незначительно; притомъ же при вычисленіяхъ его легко принять во вниманіе, на чемъ мы, однако, здѣсь останавливаться не будемъ.

Итакъ, если пронаблюдать солнце два раза въ одинъ и тотъ же день, вблизи перваго вертикала, такъ, чтобы высота его оба раза была одна и та же, т.-е., чтобы въ моменты наблюденія часовые углы солнца были одинаковы, или, другими словами, чтобы первое наблюденіе было сдѣлано за столько же времени до истиннаго полудня, черезъ сколько второе послѣ него, то искомый моментъ истиннаго полудня будетъ лежать какъ-разъ посрединѣ между этими двумя моментами.

Очевидно, что въ этомъ случаѣ для опредѣленія времени полудня не нужно знать ни широты мѣста наблюденія, ни склоненія свѣтила, ни даже абсолютной высоты его и соотвѣтствующей рефракціи; нужно только быть увѣреннымъ въ томъ, что обѣ высоты были одинаковы, и что ходъ часовъ совершенно равномѣренъ, такъ что при такомъ наблюденіи соотвѣтствующихъ высотъ, какъ обыкновенно называютъ этотъ способъ, нѣтъ надобности ни въ сложныхъ вычисленіяхъ, ни въ хорошемъ инструментѣ. Въ самомъ дѣлѣ, если даже дѣленія на инструментѣ нанесены ошибочно, на наблюденія это нисколько не повліяетъ, такъ какъ и до, и послѣ полудня мы имѣемъ дѣло все съ тѣмъ же штрихомъ, и намъ не важно, на какихъ высотахъ наблюдалось свѣтило, лишь бы высоты эти были одинаковы. Что касается остальныхъ ошибокъ инструмента, то почти всѣ онѣ, безъ исключенія, не могутъ оказать вліянія на искомый результатъ, такъ какъ для данной точки раздѣленнаго круга онѣ имѣютъ постоянное значеніе. Для того же, чтобы уменьшить по возможности вліяніе ошибокъ наблюденія, т.-е. такихъ, причиною которыхъ является несовершенство нашихъ чувствъ, наблюдаютъ по обѣ стороны меридіана не одну, а нѣсколько высотъ солнца, и затѣмъ, получивъ изъ каждой пары соотвѣтствующихъ высотъ моментъ полудня, берутъ среднее ариѳметическое изъ этихъ моментовъ, которое какъ результатъ всѣхъ наблюденныхъ высотъ, очевидно, ближе будетъ подходить къ истинѣ, чѣмъ результатъ, полученный изъ наблюденія одной только пары.

Чтобы пояснить это на примѣрѣ, положимъ, что въ нижеуказанные моменты были наблюдены такія соотвѣтствующія высоты солнца:

Наблюденная высота.	Время наблюденія: до полудня.	послѣ полудня.	Моментъ полудня.
$43^0\ 15'$	$9^h\ 14^m\ 52{,}0^s$	$2^h\ 49^m\ 40{,}2^s$	$12^h\ 2^m\ 16{,}1^s$
43 20	9 20 43,3	2 43 50,1	12 2 16,7
43 25	9 26 54,8	2 37 37,6	12 2 16,2
43 30	9 33 19,3	2 31 13,5	12 2 16,4

Въ наблюденіяхъ, сдѣланныхъ послѣ полудня, слѣдовало бы собственно вмѣсто 2^h писать 14^h, чтобы показанія часовъ шли непрерывно. Сумма моментовъ, въ которые наблюдалась первая высота $43^0\ 15'$, будетъ $24^h\ 4^m\ 32{,}2^s$; половина ея $12^h\ 2^m\ 16{,}1^s$ дастъ искомый моментъ полудня, соотвѣтствующій первой высотѣ. Моменты полудня, соотвѣтствующіе четыремъ сдѣланнымъ наблюденіямъ, помѣщены въ послѣднемъ столбцѣ. Ихъ ариѳметическое среднее, т.-е. время, выведенное изъ всей совокупности наблюденій, будетъ $12^h\ 2^m\ 16{,}35^s$; это показываетъ, что въ день наблюденія въ моментъ истиннаго полудня, часы на $2^m\ 16{,}3^s$ опередили истинное солнечное время.

Если же хотятъ получить не истинное солнечное время, какъ это дѣлали прежніе астрономы, а среднее солнечное время, какъ дѣлается теперь, то нужно только прибавить разность между истиннымъ и среднимъ временемъ или такъ называемое уравненіе времени (часть I, § 96), которое дается въ астрономическихъ эфемеридахъ для полудня каждаго дня. Положимъ, что въ день наблюденія уравненіе времени было $+8^m\ 32{,}7^s$; это значитъ, что вѣрно идущіе средніе часы въ моментъ истиннаго полудня должны были въ этотъ день показывать $12^h\ 8^m\ 32{,}7^s$. Наши же часы въ этотъ моментъ показывали только $12^h\ 2^m\ 16{,}3^s$, слѣдовательно, они на $6^m\ 16{,}4^s$ отставали отъ средняго времени.

Пусть, наконецъ, звѣздное время въ истинный полдень этого дня (часть I, § 97), которое также можно найти въ эфемеридахъ, равно $5^h\ 14^m\ 25{,}6^s$; такъ какъ наши часы въ этотъ моментъ показывали $12^h\ 2^m\ 16{,}3^s$, то, значитъ, они были на $6^h\ 47^m\ 50{,}7^s$ впереди сравнительно съ звѣзднымъ временемъ и т. д.

На парижской обсерваторіи способъ соотвѣтствующихъ высотъ примѣняли уже въ 1666 году, какъ это видно изъ мемуаровъ французской академіи по поводу затмѣнія, слу-

чившагося 22 іюля этого года, причемъ Гюйгенсъ, Роберваль и Озу опредѣляли время по этому способу. Въ XVIII-мъ столѣтіи наблюденія соотвѣтствующихъ высотъ предпринимались, кромѣ того, и съ цѣлью опредѣленія прямого восхожденія звѣздъ. Дѣйствительно, какъ, зная прямое восхожденіе наблюдаемой звѣзды, можно найти изъ этихъ наблюденій поправку часовъ, такъ и обратно, опредѣливъ заранѣе поправку часовъ, можно получить прямое восхожденіе. Въ самомъ дѣлѣ, какъ извѣстно, прямое восхожденіе звѣзды равно звѣздному времени въ моментъ ея кульминаціи; поэтому получивъ изъ наблюденій соотвѣтствующихъ высотъ среднее время кульминаціи, и придавъ къ нему извѣстную уже поправку для приведенія къ звѣздному времени, сейчасъ же получаемъ звѣздное время въ моментъ кульминаціи, или, что то же, прямое восхожденіе звѣзды. Этотъ способъ Лакайль, одинъ изъ лучшихъ и старательнѣйшихъ астрономовъ XVIII-го столѣтія, еще въ 1755 году употреблялъ для опредѣленія многочисленныхъ прямыхъ восхожденій неподвижныхъ звѣздъ и планетъ.

§ 15. **Кронодейкъ.** Важнѣйшее неудобство метода соотвѣтствующихъ высотъ заключается въ томъ, что онъ отнимаетъ очень много времени и подверженъ многимъ случайностямъ, которыхъ наблюдатель предотвратить не можетъ. Въ самомъ дѣлѣ, чѣмъ больше мы возьмемъ высотъ до и послѣ полудня, тѣмъ больше потратимъ времени, которое можетъ пропасть совершенно непроизводительно, если послѣ полудня свѣтило ко времени наблюденія закроется облаками. Ниже мы увидимъ (§ 26), что при помощи пассажнаго инструмента современные астрономы имѣютъ возможность опредѣлять время не только очень быстро и удобно, но и чрезвычайно точно, и потому на обсерваторіяхъ соотвѣтвѣтственными высотами для этой цѣли теперь не пользуются; для неспеціалистовъ же этотъ способъ, несмотря на вышеуказанные недостатки, и до сихъ поръ является простѣйшимъ средствомъ точно опредѣлить поправку своихъ часовъ. Это побудило американскаго астронома Чендлера лѣтъ 20 тому назадъ изобрѣсти инструментъ, названный имъ кронодейкомъ, конструкція котораго была значительно измѣнена механиками Гартманомъ и Брауномъ въ Боксенгеймѣ близъ Франкфурта, а затѣмъ механикъ Рессель въ Вѣнѣ осуществилъ еще другія измѣненія, предложенныя І. Пализа, и придалъ ему форму, изображенную на рис. 286.

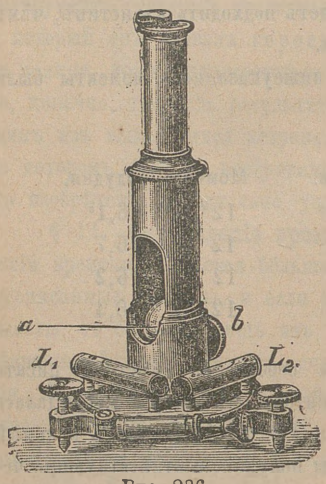


Рис. 286.

Въ этой послѣдней формѣ кронодейкъ состоитъ изъ круглой горизонтальной пластинки, на которой лежитъ второй кружокъ, вращающійся вокругъ оси, проходящей черезъ его центръ. Надъ кружкомъ находится трубка съ довольно большимъ боковымъ отверстіемъ; въ верхнюю часть ея вставлена небольшая вертикальная зрительная труба, направленная внизъ. Въ трубкѣ подъ объективомъ зрительной трубы находится маленькое зеркало a, которое посредствомъ винта b можно вращать вокругъ горизонтальной оси. На подвижномъ кружкѣ помѣщаются 2 уровня L_1 и L_2, помощью которыхъ посредствомъ 3-хъ винтовыхъ ножекъ можно придать кружку горизонтальное положеніе, между тѣмъ какъ ось вращенія его станетъ вертикальной. Въ фокусѣ зрительной трубы находится сѣтка, состоящая изъ нѣсколькихъ (обыкновенно изъ 3-хъ) горизонтальныхъ и изъ одной вертикальной нити.

Вращая зеркало и подвижной кружокъ, можно достигнуть того, что солнечные лучи, попадающіе черезъ отверстіе трубки въ зеркало, отразившись отъ него, попадутъ въ зрительную трубу, въ которой, такимъ образомъ, появится изображеніе солнца. До полудня,

когда солнце поднимается, замѣчаютъ моменты, когда верхній и нижній края солнца касаются горизонтальныхъ нитей, причемъ медленно поворачиваютъ всю трубку вправо, чтобы солнце вступало на горизонтальныя нити всегда въ томъ мѣстѣ, гдѣ онѣ пересѣкаются съ вертикальной. Послѣ полудня такимъ же точно образомъ наблюдаютъ опускающееся солнце, попрежнему поворачивая трубку, чтобы можно было слѣдить за его движеніемъ. При этомъ нужно строго наблюдать, чтобы винтъ, связанный съ зеркаломъ, сохранялъ одно и то же положеніе все время, пока не будутъ окончены всѣ наблюденія; иначе высоты, взятыя до и послѣ полудня, не будутъ равны между собою.

Положимъ, что при помощи кронодейка было произведено опредѣленіе времени, причемъ вступленіе краевъ солнца на нити оцѣнивалось съ точностью только до полусекунды. Необходимыя при этомъ записи, вмѣстѣ съ относящимися сюда простыми вычисленіями, для облегченія которыхъ вечернія наблюденія слѣдуетъ записывать въ обратномъ порядкѣ, нужно вести слѣдующимъ образомъ:

		Время наблюденія:		
Края солнца:	Нити.	до полудня.	послѣ полудня.	Моментъ полудня.
верхній . . .	1	$9^h\ 8^m\ 9{,}5^s$	$2^h\ 53^m\ 31{,}5^s$	$12^h\ 0^m\ 50{,}5^s$
	2	9 17,0	52 24,0	50,5
	3	10 29,0	51 13,5	51,3
нижній . . .	1	11 48,5	49 52,0	50,3
	2	12 56,0	48 45,5	50,8
	3	9 14 7,0	2 47 33,5	50,3

Въ среднемъ: $12^h\ 0^m\ 50{,}6^s$

Слѣдовательно, въ полдень этого дня часы были на $0^m\ 50{,}6^s$ впереди истиннаго солнечнаго времени.

§ 16. **О солнечныхъ часахъ вообще.** Обстоятельно изложивъ важный вопросъ объ опредѣленіи времени, мы, по логической связи, перейдемъ теперь къ описанію инструментовъ, съ помощью которыхъ можно раздѣлять сутки на маленькіе промежутки времени и сдѣлать эти промежутки видимыми, хотя, какъ было уже упомянуто, впослѣдствіи мы еще разъ возвратимся къ вопросу объ опредѣленіи времени. Инструменты эти называютъ обыкновенно часами; простѣйшіе и древнѣйшіе изъ нихъ, солнечные часы, которые и теперь еще являются самымъ популярнымъ и распространеннымъ приборомъ для опредѣленія времени, были уже за 530 лѣтъ до Р. Хр. изобрѣтены Анаксименомъ Милетскимъ.

Въ теченіе звѣздныхъ сутокъ (часть I, § 93) земля наша совершаетъ полный оборотъ вокругъ своей оси по направленію съ запада на востокъ, причемъ скорость вращенія, какъ мы видѣли, остается неизмѣнной. Но мы уже указывали раньше, что происходящія отъ этого явленія могутъ быть вполнѣ объяснены, если предположить, что земля остается въ покоѣ, а все небо движется вокругъ нея въ обратномъ направленіи, съ востока на западъ. Будемъ считать справедливымъ послѣднее объясненіе какъ наиболѣе простое и очевидное; тогда всѣ неподвижныя звѣзды, а также и солнце, если предположимъ, что положеніе его на небесномъ сводѣ не мѣняется, въ теченіе звѣздныхъ сутокъ должны описывать вокругъ неподвижной земной оси полныя окружности. Вообразимъ себѣ теперь, что за землею, въ сторонѣ, противоположной солнцу, находится какая угодно плоская или кривая поверхность, которая все время должна оставаться неподвижной и неизмѣнной; если предположить, что земная ось есть нѣчто вещественное, то, освѣщенная солнцемъ, она отброситъ на эту поверхность тѣнь, и въ то время, какъ солнце, вмѣстѣ со всѣмъ небеснымъ сводомъ, будетъ совершать свое суточное движеніе вокругъ неподвижной земли, тѣнь также будетъ передвигаться по этой поверхности. Когда въ слѣдующіе дни солнце придетъ въ то же самое положеніе относительно даннаго меридіана, т.-е., когда часовой

уголъ солнца относительно этого меридіана приметъ прежнее значеніе, тѣнь земной оси также займетъ прежнее положеніе на поверхности, такъ что если мы одинъ разъ замѣтимъ какое положеніе она имѣла въ 1, 2, 3,... часа, то въ послѣдующіе дни, обратно, по положенію тѣни можно найти соотвѣтствующее время.

Мы предполагали при этомъ, что солнце, подобно неподвижной звѣздѣ, все время занимаетъ на небѣ одно и то же мѣсто, напримѣръ, точку весенняго равноденствія (введеніе, § 11). Положимъ, что въ точкѣ весенняго равноденствія находится не солнце, а какая-нибудь неподвижная звѣзда одинаковой съ нимъ яркости; тогда, наблюдая за размѣщеніемъ тѣни по нашей поверхности, мы будемъ опредѣлять соотвѣтствующій часъ звѣздныхъ сутокъ. Но истинное солнце не сохраняетъ неизмѣннаго положенія относительно остальныхъ небесныхъ свѣтилъ; оно ежедневно передвигается среди звѣздъ приблизительно на 1^0 къ востоку. Однако, дѣло отъ этого мало мѣняется. Тѣнь земной оси, освѣщаемой истиннымъ солнцемъ, попрежнему будетъ проходить свой ежедневный путь по поверхности и попрежнему будетъ принимать то же положеніе, какъ только солнце придетъ въ прежнее положеніе относительно меридіана наблюдателя, т.-е. какъ только оно будетъ имѣть тотъ же часовой уголъ. Такимъ образомъ, тѣнь, отбрасываемая земною осью на поверхность, покажетъ не часовой уголъ точки весенняго равноденствія, т.-е. не звѣздное время, а часовой уголъ солнца, или истинное солнечное время.

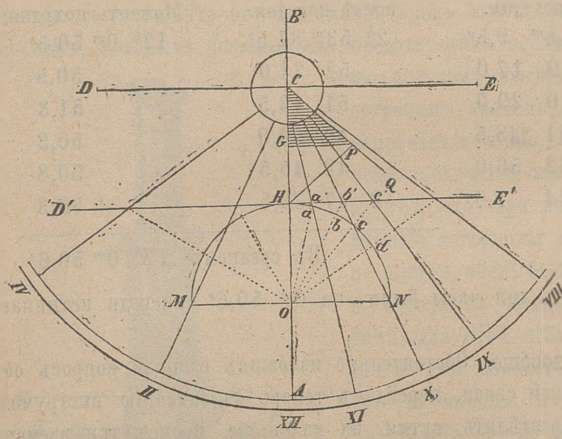


Рис. 287.

Это были бы простѣйшіе и вѣрнѣйшіе солнечные часы, и, отмѣтивъ на этой поверхности положенія тѣни земной оси для различныхъ часовъ, минутъ и секундъ истинныхъ сутокъ, мы имѣли бы возможность опредѣлять истинное время безъ всякихъ инструментовъ, безъ вычисленій, просто посмотрѣвъ, какое положеніе занимаетъ въ этотъ моментъ тѣнь на поверхности.

Такъ какъ размѣры земли очень незначительны въ сравненіи съ разстояніемъ ея отъ солнца, то мы не сдѣлаемъ большой ошибки, если примемъ, что солнечные лучи падаютъ на всѣ точки земной поверхности по параллельнымъ направленіямъ, такъ что для нашей цѣли безразлично, въ какой точкѣ земной поверхности мы помѣстимъ ось часовъ, лишь бы она была вполнѣ параллельна истинной земной оси; поэтому мы можемъ взять простой стержень, поставить его параллельно земной оси, и цѣль наша будетъ достигнута: по тѣни, отбрасываемой этимъ стержнемъ на помѣщенную за нимъ плоскую или кривую поверхность, можно будетъ опредѣлять истинное время въ каждый данный моментъ.

§ 17. **Горизонтальные часы.** Такимъ образомъ, задача наша сводится къ слѣдующимъ двумъ вопросамъ: 1) какъ установить прямолинейный стержень параллельно земной оси и 2) какъ на находящейся за этимъ стержнемъ поверхности отмѣтить положеніе его тѣни для каждаго момента истиннаго времени.

Чтобы не усложнять отвѣты на эти вопросы, предположимъ сначала, что поверхность эта—горизонтальная плоскость, напримѣръ, параллельная горизонту доска стола. Въ этомъ случаѣ очень легко установить на столѣ стержень въ требуемомъ положеніи. Въ самомъ дѣлѣ, земная ось составляетъ съ горизонтомъ каждой точки земной поверхности уголъ, равный высотѣ полюса, или, что то же самое, географической широтѣ этой точки, которую можно опредѣлить, имѣя подъ руками хорошую карту. Пусть $ABDE$ (рис. 287)

будетъ упомянутая горизонтальная доска. Черезъ любою точку C этой доски проводятъ двѣ взаимноперпендикулярныя прямыя AB и DE и укрѣпляютъ затѣмъ въ точкѣ C ихъ пересѣченія прямолинейный стержень такимъ образомъ, чтобы онъ лежалъ въ плоскости, проходящей черезъ прямую AB и перпендикулярной къ плоскости стола, и составлялъ съ прямою AB уголъ, равный высотѣ полюса. Тогда стоитъ только установить горизонтальную доску такъ, чтобы линія CA была направлена прямо на сѣверъ, CD на востокъ, CE на западъ и, наконецъ, CB на югъ, т.-е., чтобы линія ACB изображала полуденную линію въ данномъ мѣстѣ (введеніе, § 7),—и стержень приметъ положеніе, параллельное земной оси.

Чтобы придать стержню надлежащій наклонъ, проще всего поступить такъ: изъ картона или изъ листового металла вырѣзывается треугольникъ CGP, прямоугольный при G, такъ, чтобы уголъ при C равнялся высотѣ полюса даннаго мѣста, и этотъ треугольникъ ставится перпендикулярно къ плоскости доски такъ, чтобы вершина C совпала съ точкой C доски, а сторона CG пошла по линіи CA. Тогда бо́льшая сторона треугольника CP, противолежащая углу G, приметъ какъ-разъ то направленіе, которое долженъ имѣть стержень, такъ что останется только придать стержню такое же направленіе и въ этомъ положеніи прикрѣпить его къ доскѣ.

Итакъ, первый нашъ вопросъ рѣшенъ. Для опредѣленія же положенія тѣхъ линій, съ которыми должна совпадать тѣнь стержня, когда наступятъ 1, 2, 3,... часа истиннаго времени, проводятъ въ плоскости доски линію CQ такимъ образомъ, чтобы уголъ, образуемый ею съ прямой CA равнялся какъ-разъ высотѣ полюса даннаго мѣста. Затѣмъ берутъ на этой линіи произвольную точку P и въ этой точкѣ возстановляютъ къ CQ перпендикуляръ, пересѣкающій прямую AC въ точкѣ H. Черезъ точку H проводятъ прямую $D'E'$, перпендикулярную къ AC и, слѣдовательно, параллельную DE. Далѣе, на прямой AC отъ точки H откладываютъ отрѣзокъ HO, равный длинѣ перпендикуляра HP, и изъ полученной такимъ образомъ точки O, какъ изъ центра, радіусомъ OH описываютъ полуокружность MHN. Обѣ половины этой полуокружности вправо и влѣво отъ точки H дѣлятъ на 6 равныхъ частей, черезъ точки дѣленія a, b, c,... проводятъ радіусы Oa, Ob, Oc,... и продолжаютъ ихъ до пересѣченія съ прямой $D'E'$ въ точкахъ a', b', c',... Если теперь полученныя точки a', b', c',..., соединить съ точкой C прямыми $Ca'XI$, $Cb'X$, $Cc'IX$,..., то эти прямыя и будутъ тѣми, съ которыми должна совпадать тѣнь стержня, прикрѣпленнаго вышеописаннымъ образомъ къ доскѣ, въ 11, 10, 9,... часовъ утра истиннаго времени. Совершенно также по другую сторону AC получимъ линіи, соотвѣтствующія 1, 2, 3,... часамъ дня, а если полуокружность MHN раздѣлить не на 12, а на 24 или 48 равныхъ частей, то между линіями, соотвѣтствующими цѣлымъ часамъ, можно будетъ провести линіи для получасовъ и четвертей. Если же доска довольно велика, то можно съ достаточной точностью нанести на нее еще болѣе мелкія дѣленія. Если при помощи уровня установить доску вполнѣ горизонтально, а линію AC совмѣстить съ полуденной линіей, такъ, чтобы точка C лежала къ югу, то какъ только солнце освѣтитъ стержень CP или CQ, тѣнь стержня на доскѣ дастъ намъ истинное время. Такіе солнечные часы называются горизонтальными часами.

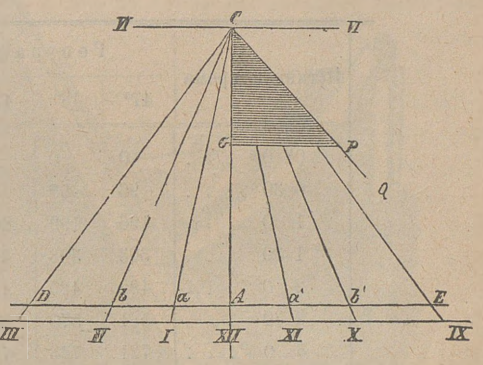


Рис. 288.

Хотя по сдѣланному описанію каждый легко можетъ построить горизонтальные часы, но для этого есть еще болѣе простой способъ; какъ и первый, онъ основанъ на рѣшеніи двухъ плоскихъ треугольниковъ. Но такъ какъ, согласно назначенію нашей книги, мы не можемъ предполагать, что рѣшеніе это извѣстно нашимъ читателямъ, то мы приводимъ здѣсь заранѣе составленную таблицу, которая дѣлаетъ всякія вычисленія излишними.

Пусть попрежнему CDE (рис. 288) будетъ вышеупомянутая горизонтальная доска, на которой мы черезъ произвольно выбранную точку C проводимъ прямую CA, а перпендикулярно къ ней черезъ точку A прямую DAE. По линіи CA перпендикулярно къ доскѣ устанавливаемъ треугольникъ GCP, въ которомъ уголъ при C равенъ высотѣ полюса и затѣмъ въ точкѣ C укрѣпляемъ стержень CQ, направленіе котораго совпадаетъ съ направленіемъ стороны CP. Наконецъ, дѣлимъ прямую CA на 1000 равныхъ частей и на линіи DAE, по обѣ стороны точки A, откладываемъ столько такихъ частей, сколько указано въ прилагаемой таблицѣ для каждаго часового угла. Такимъ образомъ, получаемъ точки a, b, c,..., a', b', c',... и, соединивъ ихъ съ точкой C, находимъ искомыя линіи Ca, Ca', Cb, Cb',... горизонтальныхъ часовъ.

Только-что упомянутую таблицу мы, для краткости, составили только для средней Европы:

Истинное время	Географическая широта						
	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°
0ʰ 0ᵐ . .	0	0	0	0	0	0	0
0 30 . . .	96	98	99	101	102	104	105
1 0 . . .	196	199	202	205	208	211	214
1 30 . . .	303	308	313	317	322	326	331
2 0 . . .	422	429	436	442	449	455	461
2 30 . . .	551	570	579	588	596	605	613
3 0 . . .	731	743	755	766	777	788	799
3 30 .	953	968	984	998	1013	1027	1041
4 0 . . .	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383
4 30 . . .	1766	1794	1822	1849	1876	1902	1928
5 0 . . .	2729	2773	2817	2859	2900	2941	2981
5 30 . . .	5555	5645	5733	5819	5903	5985	6066

Положимъ, что нужно устроить такіе часы, напримѣръ, для Веймара; географическая широта этого города очень близко подходитъ къ 51°, поэтому, раздѣливъ линію AC на 1000 равныхъ частей и отложивъ по 208 такихъ частей отъ A до a и a', получимъ линіи для перваго часа до и послѣ полудня. Взявъ затѣмъ отрѣзки $Ab = Ab' = 449$ такимъ частямъ, получимъ линіи для 10 час. утра и 2 час. дня; точно также получимъ линіи и для всѣхъ остальныхъ часовъ и подраздѣленій ихъ. Для 6 час. утра или вечера разстояніе точки пересѣченія соотвѣтственной линіи съ линіей DAE отъ точки A будетъ безконечно велико, т.-е. линія тѣни совпадетъ съ линіей VI, VI, проведенной черезъ точку C параллельно прямой DE. Если хотятъ нанести на доску линіи для болѣе раннихъ утреннихъ или болѣе позднихъ вечернихъ часовъ, то нужно только продолжить полученныя уже линіи тѣни по другую сторону точки C. Такъ, напримѣръ, если линія $C\,IX$ соотвѣтствуетъ 9ʰ утра, то продолженіе ея за точкой C дастъ линію тѣни для 9 час. вечера; точно также, продолживъ линію $CIII$, получимъ линію тѣни для 3 час. утра; при этомъ, очевидно, нужно принять во вниманіе наибольшую долготу дня въ данномъ мѣстѣ, которая

была дана выше (часть I, § 35) въ особой таблицѣ, и наносить линіи только для тѣхъ часовъ, которые не выходятъ за указанныя въ этой таблицѣ границы *).

§ 18. **Экваторіальные часы.** Еще проще устроить такъ называемые экваторіальные часы, гдѣ плоскость, на которую нужно наносить часовыя линіи, должна быть перпендикулярна къ стержню, а слѣдовательно, параллельна экватору. Изъ точки пересѣченія стержня съ плоскостью, какъ изъ центра, нужно описать въ плоскости кругъ, окружность этого круга раздѣлить на 24 равныя части и точки дѣленія соединить съ центромъ прямыми, а затѣмъ, наблюдая, чтобы стержень все время оставался параллельнымъ оси міра, вращать вокругъ него плоскость до тѣхъ поръ, пока для какого-нибудь цѣлаго часа, напримѣръ, для 1 часа истиннаго времени, тѣнь стержня не совпадетъ съ одной изъ полученныхъ прямыхъ. Эту линію обозначаютъ цифрой 1, точки дѣленія, лежащія отъ нея къ востоку, обозначаютъ послѣдовательно числами 2, 3, 4, ..., а къ западу—12, 11, 10, ...;

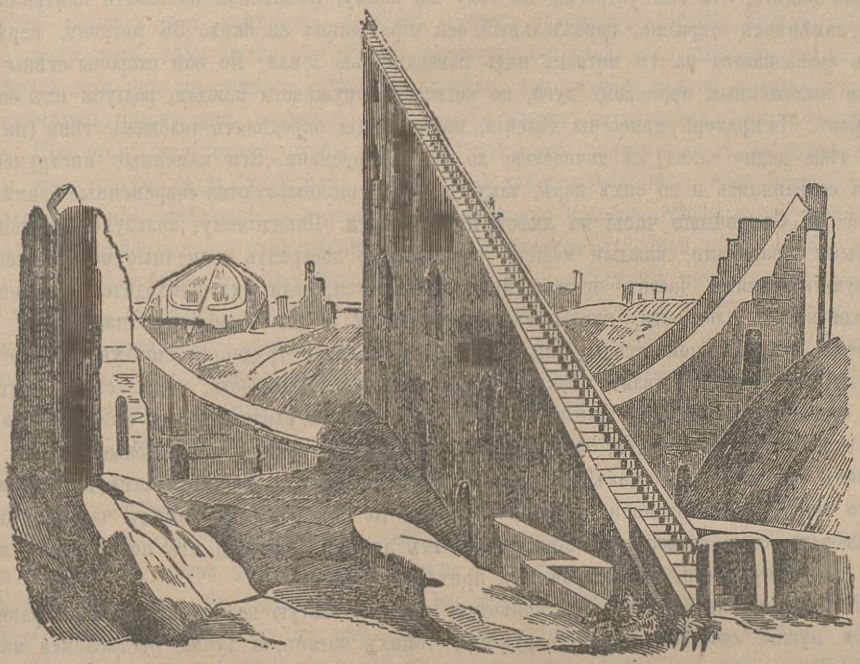


Рис. 289.

числа эти указываютъ истинное время для тѣхъ моментовъ, въ которые тѣнь совпадаетъ съ соотвѣтствующими прямыми. Такъ какъ въ дни равноденствій солнце находится на экваторѣ, и потому въ плоскости экватора не можетъ получиться отчетливой тѣни отъ стержня, то будетъ гораздо цѣлесообразнѣе вмѣсто кружка, который представляетъ экваторъ и на обѣихъ сторонахъ котораго начерчены линіи тѣни—сверху для лѣтняго, снизу для зимняго полугодія,—взять ободокъ, соотвѣтствующій окружности этого круга; такимъ образомъ, получается приборъ, имѣющій сходство съ армиллярной сферой и представляющій тѣ преимущества, что его можно перенести съ мѣста на мѣсто и установить надлежащимъ образомъ въ любой точкѣ земной поверхности.

Необыкновенно точные экваторіальные солнечные часы были устроены Германомъ

*) Въ виду того, что авторомъ изложены два способа устройства горизонтальныхъ солнечныхъ часовъ, не считаемъ нужнымъ продолжать приведенную въ текстѣ таблицу для широтъ, превосходящихъ 53°.

Переводчикъ.

и Пфистеромъ въ Бернѣ. Вмѣсто тѣни стержня здѣсь наблюдалось маленькое изображеніе солнца, сконцентрированное при помощи чечевицы, благодаря чему можно было опредѣлить время съ точностью до нѣсколькихъ секундъ.

Знаменитый индостанскій астрономъ Іайясина думалъ, что неточность древнихъ астрономическихъ наблюденій происходила оттого, что металлическіе инструменты, съ которыми обыкновенно наблюдали, были слишкомъ малы и подвержены различнымъ измѣненіямъ. Поэтому въ началѣ XVIII-го столѣтія, онъ воздвигъ въ Дели, Бенаресѣ и другихъ мѣстахъ гигантскіе астрономическіе инструменты изъ камня и каменныхъ стѣнъ; между прочимъ, строилъ онъ и экваторіальные часы, которымъ далъ названіе «князей надъ солнечными часами», желая тѣмъ указать на ихъ многочисленныя преимущества; эти величественныя сооруженія по размѣрамъ подходили къ гигантскимъ квадрантамъ и гномонамъ древнихъ. На рис. 289 изображены такіе солнечные часы, построенные въ Дели; нетрудно видѣть, что они устроены по тому же плану. Наклонная плоскость центральной стѣны замѣняетъ стержень, параллельный оси міра, длина ея около 36 метровъ, верхній конецъ возвышается на 18 метровъ надъ поверхностью земли. По обѣ стороны стѣны находятся выложенныя мраморомъ дуги, по четверти окружности каждая; радіусъ ихъ болѣе 6 метровъ. На мраморѣ нанесены дѣленія, позволяющія опредѣлять положеніе тѣни (на рисункѣ тѣнь видна слѣва) съ точностью до минуты времени. Эти каменные инструменты частью сохранились и до сихъ поръ, такъ что ими еще пользуются современные брамины.

§ 19. **Солнечные часы на любой поверхности.** Повидимому, пользуясь вышеприведенными правилами, каждый можетъ очень легко построить солнечные часы; однако, конструкція такихъ часовъ чрезвычайно усложняется, если ихъ приходится устраивать на какой-нибудь плоскости, наклонной къ горизонту и къ меридіану, напримѣръ, на плоскости вертикальной стѣны или наклонной крыши, и трудности еще увеличиваются, если вмѣсто плоскости взять какую-нибудь кривую поверхность, напр., стѣну круглой башни или круглый куполъ зданія. Всѣ эти часы будутъ сходны между собой только въ томъ отношеніи, что шестъ, тѣнь котораго указываетъ время, всегда долженъ быть параллеленъ оси міра, такъ какъ это условіе, какъ мы видѣли выше, лежитъ въ основаніи всякаго опредѣленія времени по этому способу. Но для каждыхъ такихъ часовъ будетъ существовать свой способъ проведенія часовыхъ линій, зависящій отъ положенія и кривизны той поверхности, на которой ихъ приходится чертить.

Мы однако, не будемъ здѣсь приводить тѣхъ, зачастую весьма сложныхъ, правилъ, которыя нужно соблюдать при сооруженіи такихъ часовъ, а лучше постараемся найти способъ переносить или, такъ сказать, проэктировать на любую плоскую или кривую поверхность горизонтальные часы, которые мы, на основаніи предыдущаго, можемъ считать уже построенными и притомъ весьма тщательно.

Для этого ставятъ уже готовые и, для большей точности, выполненные въ значительныхъ размѣрахъ горизонтальные часы на крѣпкій столъ, находящійся непосредственно передъ тою поверхностью, на которой хотятъ нарисовать новые часы. Доску горизонтальныхъ часовъ устанавливаютъ на этомъ столѣ, при помощи уровня, горизонтально, а линію CA (рис. 287 и 288) совмѣщаютъ съ полуденной линіей такъ, чтобы точка C была обращена къ югу, а точка A къ сѣверу. Если нѣтъ точныхъ карманныхъ или стѣнныхъ часовъ, на показанія которыхъ можно было бы положиться, то достичь этого проще всего можно слѣдующимъ образомъ: при помощи гномона опредѣляютъ приблизительно положеніе полуденной линіи на столѣ и затѣмъ передвигаютъ солнечные часы до тѣхъ поръ, пока линія CA не совпадаетъ съ этой линіей.

Когда всѣ эти условія выполнены и, слѣдовательно, горизонтальные часы вполнѣ оріентированы на столѣ, то при помощи туго натянутой нити продолжаютъ стержень CQ горизонтальныхъ часовъ до тѣхъ поръ, пока не опредѣлится точка R пересѣченія стержня

съ той стѣною, на которой нужно нарисовать новые солнечные часы, и въ этой точкѣ вбиваютъ въ стѣну другой стержень, напримѣръ, желѣзный прутъ, такъ, чтобы направленіе его было вполнѣ параллельно натянутой нити. Стержень будетъ тогда параллеленъ оси міра и можетъ служить стержнемъ новыхъ часовъ.

Совершенно такимъ же образомъ продолжаютъ и часовыя линіи горизонтальныхъ часовъ до пересѣченія со стѣною и, соединивъ полученныя точки съ основаніемъ стержня новыхъ часовъ, получаютъ линіи, соотвѣтствующія различнымъ часамъ дня.

Впрочемъ, часовыя линіи можно получить и иначе. Укрѣпивъ въ стѣнѣ стержень новыхъ часовъ, въ одинъ изъ ближайшихъ ясныхъ дней отмѣчаютъ на стѣнѣ тѣни стержня въ тѣ моменты, когда горизонтальные часы показываютъ 1, 2, 3, ... часа. Этотъ способъ можно примѣнять и въ томъ случаѣ, когда нужно нарисовать солнечные часы на кривой поверхности; тогда часовыя линіи будутъ уже не прямыми, а кривыми.

§ 20. **Опредѣленіе поправки и хода часовъ.** Всякая послѣдовательность событій можетъ служить для измѣренія времени, и чѣмъ правильнѣе событія будутъ слѣдовать одно за другимъ, тѣмъ болѣе они будутъ пригодны для этой цѣли. Поэтому время можно измѣрять при помощи всякаго движущагося тѣла, при помощи каждой машины, водяныхъ и песочныхъ часовъ или, наконецъ, при помощи нашихъ настоящихъ, механическихъ часовъ. При этомъ необходимо, чтобы ходъ измѣрительнаго аппарата былъ равномѣренъ, потому что только тогда, зная путь, пройденный движущимся предметомъ, можно сдѣлать непосредственное заключеніе о протекшемъ промежуткѣ времени. Чтобы имѣть возможность провѣрить равномѣрность хода такой машины, необходимо въ самой природѣ найти строго-равномѣрное движеніе, и такое движеніе мы имѣемъ во вращеніи земли вокругъ оси, или въ видимомъ суточномъ движеніи небесныхъ свѣтилъ (часть III, § 27). Поэтому такъ называемое опредѣленіе времени сводится, въ сущности, къ тому, чтобы опредѣлить состояніе часовъ, т.-е. ошибку ихъ въ моментъ наблюденія, относительно истиннаго солнечнаго, средняго или звѣзднаго времени, какъ это показано въ примѣрахъ въ §§ 14 и 15.

Однако, опредѣленіемъ состоянія часовъ нельзя ограничиться; не менѣе важно знать и ходъ часовъ. Согласно вышесказанному, состояніе часовъ опредѣляется той величиною, на которую они въ данный моментъ уклоняются отъ того, что должны были бы показывать на самомъ дѣлѣ; ходъ же есть измѣненіе состоянія часовъ за извѣстный промежутокъ времени, и, смотря по продолжительности этого промежутка, различаютъ ходъ суточный, часовой и т. д. По состоянію часовъ мы узнаемъ, показываютъ ли они больше или меньше, чѣмъ слѣдуетъ; ходъ же ихъ даетъ намъ возможность сказать, отстаютъ ли часы (запаздываютъ, ходъ положительный), или идутъ впередъ (спѣшатъ, ходъ отрицательный). Если часы показываютъ больше, чѣмъ слѣдуетъ, то говорятъ, что поправка ихъ отрицательна, потому что въ этомъ случаѣ отъ показанія ихъ нужно отнять нѣкоторую величину, чтобы получить точное время, и, обратно, поправку называютъ положительной, если часы показываютъ меньше, чѣмъ слѣдуетъ. Такъ, напримѣръ, если про часы говорятъ, что въ 6 час. 18 мин. ихъ поправка была + 5 мин. 56 сек., это значитъ, что въ тотъ моментъ, когда на часахъ было 6 час. 18 мин., они показывали на 5 мин. 56 сек. меньше, чѣмъ слѣдуетъ, или, другими словами, что въ этотъ моментъ они должны были показывать 6 час. 23 мин. 56 сек.

Ходъ часовъ опредѣляется изъ простой пропорціи между двумя поправками и тѣми временами, для которыхъ были найдены эти поправки. Поэтому журналы астрономическихъ часовъ имѣютъ обыкновенно такой видъ.

Число	Показаніе часовъ	Поправка	Суточный ходъ
января 23	$6^h\ 18^m$	$+5^m\ 55{,}82^s$	$+1{,}16^s$
» 26	10 15	+5 59,50	+1,11
» 27	10 49	+6 0,64	+0,73
» 28	9 42	+6 1,34	+0,84
» 30	15 17	+6 3,21	+0,97
февраля 2	17 35	+6 6,21	

По этому образцу долженъ вести журналъ всякій заботливый владѣлецъ точныхъ часовъ.

Первые два столбца даютъ время, которое показывали часы въ тѣ моменты, для которыхъ найдены поправки, помѣщенныя въ третьемъ столбцѣ. Четвертый столбецъ получимъ, если рѣшимъ пропорціи между величинами, данными въ первыхъ двухъ и въ третьемъ столбцахъ, напримѣръ:

23 янв., когда часы показывали $6^h\ 18^m$, поправка ихъ была $+\ 5^m\ 55{,}82^s$
26 » » » » 10 15 , » » » $+\ 5\ 59{,}50$

Такимъ образомъ, положительная поправка часовъ за 3 дня 3 часа 57 минутъ возросла на $3{,}68^s$, или ежедневно она возростала на $1{,}16^s$, т.-е. часы ежедневно запаздывали на $1{,}16^s$; это число и помѣщено въ четвертомъ столбцѣ.

Для тѣхъ читателей, которые не желаютъ производить этихъ несложныхъ вычисленій, мы замѣтимъ, что послѣднія значительно сокращаются, если опредѣлять поправку часовъ постоянно въ одно и то же время сутокъ. Въ Вѣнѣ, напримѣръ, для этой цѣли пользуются сигналомъ, даваемымъ въ полдень съ обсерваторіи. * Въ Петербургѣ для той же цѣли служитъ пушечный выстрѣлъ, производимый съ крѣпости въ полдень. * Положимъ, что такимъ образомъ найдено:

День.	Поправка.	Суточный ходъ.
мая 7 въ полдень	$+\ 2^m\ 35^s$	$-\ 1^m\ 20^s$
» 8 »	+ 1 15	— 1 30
» 11 »	— 3 15	— 1 25
» 13 »	— 6 5	

Отсюда непосредственно опредѣляются суточные ходы этихъ часовъ; отъ 7 до 8 мая поправка ихъ измѣнилась на $1^m\ 20^s$, при этомъ положительная поправка уменьшилась, т.-е. часы ушли впередъ на $1^m\ 20^s$; отъ 8 до 11 мая поправка измѣнилась на $4^m\ 30^s$, потому что 8 мая часы отставали на $1^m\ 15^s$, а 11 мая они были впереди на $3^m\ 15^s$, такъ что поправка изъ положительной стала отрицательной; такимъ образомъ, за 3 дня часы ушли впередъ на $4^m\ 30^s$, а за 1 день на $1^m\ 30^s$ и т. д.

Изъ вышесказаннаго видно, что, зная поправку и ходъ часовъ, можно узнать вѣрное время въ любой моментъ. Положимъ, что въ предыдущемъ примѣрѣ мы хотимъ это сдѣлать для 9 мая, для того момента, когда часы показывали $6^h\ 3^m\ 15^s$. Такъ какъ ближайшее предыдущее сравненіе (8 мая, въ полдень) было сдѣлано приблизительно за $1\frac{1}{4}$ сутокъ до даннаго момента, а часы между 8 и 11 мая ежедневно уходили впередъ на $1^m\ 30^s$, то отъ поправки, соотвѣтствующей полудню 8 мая ($+\ 1^m\ 15^s$), нужно отнять $1^m\ 52^s{,}5$, чтобы получить поправку въ данный моментъ. Слѣдовательно, искомая поправка будетъ $-\ 37{,}5^s$, т.-е. 9 мая, въ 6^h вечера, часы показывали на $37{,}5^s$ больше, чѣмъ слѣдуетъ. Значитъ, въ тотъ моментъ, когда часы показывали $6^h\ 3^m\ 15^s$, на самомъ дѣлѣ было $6^h\ 2^m\ 37{,}5^s$.

Но этотъ способъ можно примѣнять только въ томъ случаѣ, если ходъ часовъ при-

близительно равномѣренъ. Поэтому для астронома годятся только тѣ часы, ходъ которыхъ остается постояннымъ; зато это единственное условіе, которому они должны удовлетворять; поправка при этомъ можетъ быть какая угодно, величина хода тоже можетъ быть очень значительна. Напримѣръ, первые часы, о которыхъ говорится на стр. 818, слѣдуетъ признать очень хорошими, потому что ходъ ихъ не только все время остается положительнымъ, но и сохраняетъ свою величину въ предѣлахъ одной секунды, тогда какъ вторыми часами съ успѣхомъ можно пользоваться только какъ карманными.

Чтобы составить основательное сужденіе о часахъ, нужно долго и часто сравнивать ихъ съ небомъ или съ другими, уже хорошо вывѣренными, такъ называемыми нормальными часами. Только тотъ, кто не понимаетъ сути дѣла, можетъ заключить, что часы хороши, получивъ первую хорошую поправку, или признать ихъ негодными, если поправка ихъ или суточный ходъ имѣютъ значительную величину. Было бы, конечно, непростительнымъ промахомъ, если бы мы, имѣя часы, идущіе по звѣздному времени, и видя, что они ежедневно упреждаютъ среднее время на $3^m\ 56{,}6^s$, т.-е. что суточный ходъ ихъ относительно этого времени равенъ $3^m\ 55{,}6^s$, заключили, что часы эти никуда не годятся. Если ходъ часовъ равномѣренъ, то они въ совершенствѣ могутъ выполнять свое назначеніе, такъ какъ тогда, произведя весьма несложныя вычисленія, можно найти вѣрное время для любого момента, и, слѣдовательно, часы хороши; а величина хода ихъ не имѣетъ здѣсь никакого значенія. Но, конечно, будетъ неудобно, если ходъ часовъ относительно того времени, съ которымъ ихъ хотятъ сравнивать, будетъ очень великъ, и потому стараются при помощи особыхъ приспособленій, о которыхъ мы уже упоминали (часть I, § 97) и которыя подробно опишемъ въ слѣдующемъ параграфѣ, урегулировать часы, т.-е. по возможности уменьшить ихъ ходъ. Но если даже суточный ходъ ихъ будетъ такъ малъ, что, напримѣръ, въ сутки они будутъ уходить впередъ на 1^s, то все же за 2 мѣсяца это составитъ цѣлую минуту, а за годъ 6^m. Однако, изъ-за этого вовсе не слѣдуетъ часто переставлять стрѣлку, какъ многіе дѣлаютъ съ своими карманными часами, когда слышатъ полуденный выстрѣлъ пушки.

Такая насильственная перестановка стрѣлки только возмущаетъ правильность хода этого чувствительнаго механизма, и астрономъ долженъ тщательно оберегать свои часы отъ подобныхъ внѣшнихъ возмущеній. Поэтому, къ удивленію большой публики, на лучшихъ обсерваторіяхъ часы часто на нѣсколько минутъ уклоняются отъ вѣрнаго времени, между тѣмъ какъ, повидимому, слѣдовало бы ожидать, что часы эти всегда строго согласуются съ небомъ. Астрономъ вполнѣ удовлетворяется тѣмъ, что часы идутъ равномѣрно, т.-е. что они ежедневно отстаютъ или уходятъ впередъ на одну и ту же величину. Онъ ежедневно тщательно опредѣляетъ ходъ своихъ часовъ и, зная его, въ каждый данный моментъ можетъ точно вычислить ошибку часовъ и принять ее во вниманіе при наблюденіяхъ.

Для удобства и простоты рекомендуется состояніе часовъ, идущихъ по звѣздному времени, опредѣлять непосредственно изъ наблюденій надъ звѣздами, хотя, какъ показано въ § 14, для этой цѣли можно воспользоваться и наблюденіемъ надъ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, если пронаблюдать соотвѣтствующія высоты какой-нибудь звѣзды, то, сравнивая полученный такимъ образомъ моментъ кульминаціи звѣзды съ извѣстнымъ уже прямымъ восхожденіемъ, непосредственно находимъ поправку часовъ относительно звѣзднаго времени, такъ какъ извѣстно, что прямое восхожденіе звѣзды равно звѣздному времени въ моментъ ея кульминаціи (введеніе, § 23). Положимъ, напримѣръ, что для звѣзды, прямое восхожденіе которой равно $5^h\ 30^m\ 24^s$, изъ наблюденій соотвѣтствующихъ высотъ найдено, что время ея кульминаціи равно $5^h\ 31^m\ 10^s$; отсюда мы немедленно заключаемъ, что въ моментъ этой кульминаціи часы были на 46^s впереди звѣзднаго времени, или, другими словами, поправка ихъ относительно звѣзднаго времени была $-0^m\ 46^s$.

Число	Показаніе часовъ	Поправка	Суточный ходъ
января 23	$6^h\ 18^m$	$+5^m\ 55{,}82^s$	$+1{,}16^s$
» 26	10 15	+5 59,50	+1,11
» 27	10 49	+6 0,64	+0,73
» 28	9 42	+6 1,34	+0,84
» 30	15 17	+6 3,21	+0,97
февраля 2	17 35	+6 6,21	

По этому образцу долженъ вести журналъ всякій заботливый владѣлецъ точныхъ часовъ.

Первые два столбца даютъ время, которое показывали часы въ тѣ моменты, для которыхъ найдены поправки, помѣщенныя въ третьемъ столбцѣ. Четвертый столбецъ получимъ, если рѣщимъ пропорціи между величинами, данными въ первыхъ двухъ и въ третьемъ столбцахъ, напримѣръ:

23 янв., когда часы показывали $6^h\ 18^m$, поправка ихъ была $+\ 5^m\ 55{,}82^s$
26 » » » » 10 15 , » » » $+\ 5\ 59{,}50$

Такимъ образомъ, положительная поправка часовъ за 3 дня 3 часа 57 минутъ возросла на $3{,}68^s$, или ежедневно она возростала на $1{,}16^s$, т.-е. часы ежедневно запаздывали на $1{,}16^s$; это число и помѣщено въ четвертомъ столбцѣ.

Для тѣхъ читателей, которые не желаютъ производить этихъ несложныхъ вычисленій, мы замѣтимъ, что послѣднія значительно сокращаются, если опредѣлять поправку часовъ постоянно въ одно и то же время сутокъ. Въ Вѣнѣ, напримѣръ, для этой цѣли пользуются сигналомъ, даваемымъ въ полдень съ обсерваторіи. * Въ Петербургѣ для той же цѣли служитъ пушечный выстрѣлъ, производимый съ крѣпости въ полдень. * Положимъ, что такимъ образомъ найдено:

	День.	Поправка.	Суточный ходъ.
мая	7 въ полдень	$+\ 2^m\ 35^s$	$-\ 1^m\ 20^s$
»	8 »	$+\ 1\ 15$	$-\ 1\ 30$
»	11 »	$-\ 3\ 15$	$-\ 1\ 25$
»	13 »	$-\ 6\ 5$	

Отсюда непосредственно опредѣляются суточные ходы этихъ часовъ; отъ 7 до 8 мая поправка ихъ измѣнилась на $1^m\ 20^s$, при этомъ положительная поправка уменьшилась, т.-е. часы ушли впередъ на $1^m\ 20^s$; отъ 8 до 11 мая поправка измѣнилась на $4^m\ 30^s$, потому что 8 мая часы отставали на $1^m\ 15^s$, а 11 мая они были впереди на $3^m\ 15^s$, такъ что поправка изъ положительной стала отрицательной; такимъ образомъ, за 3 дня часы ушли впередъ на $4^m\ 30^s$, а за 1 день на $1^m\ 30^s$ и т. д.

Изъ вышесказаннаго видно, что, зная поправку и ходъ часовъ, можно узнать вѣрное время въ любой моментъ. Положимъ, что въ предыдущемъ примѣрѣ мы хотимъ это сдѣлать для 9 мая, для того момента, когда часы показывали $6^h\ 3^m\ 15^s$. Такъ какъ ближайшее предыдущее сравненіе (8 мая, въ полдень) было сдѣлано приблизительно за $1^1/_4$ сутокъ до даннаго момента, а часы между 8 и 11 мая ежедневно уходили впередъ на $1^m\ 30^s$, то отъ поправки, соотвѣтствующей полудню 8 мая ($+\ 1^m\ 15^s$), нужно отнять $1^m\ 52^s{,}5$, чтобы получить поправку въ данный моментъ. Слѣдовательно, искомая поправка будетъ $-\ 37{,}5^s$, т.-е. 9 мая, въ 6^h вечера, часы показывали на $37{,}5^s$ больше, чѣмъ слѣдуетъ. Значитъ, въ тотъ моментъ, когда часы показывали $6^h\ 3^m\ 15^s$, на самомъ дѣлѣ было $6^h\ 2^m\ 37{,}5^s$.

Но этотъ способъ можно примѣнять только въ томъ случаѣ, если ходъ часовъ при-

близительно равномѣренъ. Поэтому для астронома годятся только тѣ часы, ходъ которыхъ остается постояннымъ; зато это единственное условіе, которому они должны удовлетворять; поправка при этомъ можетъ быть какая угодно, величина хода тоже можетъ быть очень значительна. Напримѣръ, первые часы, о которыхъ говорится на стр. 818, слѣдуетъ признать очень хорошими, потому что ходъ ихъ не только все время остается положительнымъ, но и сохраняетъ свою величину въ предѣлахъ одной секунды, тогда какъ вторыми часами съ успѣхомъ можно пользоваться только какъ карманными.

Чтобы составить основательное сужденіе о часахъ, нужно долго и часто сравнивать ихъ съ небомъ или съ другими, уже хорошо вывѣренными, такъ называемыми нормальными часами. Только тотъ, кто не понимаетъ сути дѣла, можетъ заключить, что часы хороши, получивъ первую хорошую поправку, или признать ихъ негодными, если поправка ихъ или суточный ходъ имѣютъ значительную величину. Было бы, конечно, непростительнымъ промахомъ, если бы мы, имѣя часы, идущіе по звѣздному времени, и видя, что они ежедневно упреждаютъ среднее время на $3^m\ 56{,}6^s$, т.-е. что суточный ходъ ихъ относительно этого времени равенъ $3^m\ 55{,}6^s$, заключили, что часы эти никуда не годятся. Если ходъ часовъ равномѣренъ, то они въ совершенствѣ могутъ выполнять свое назначеніе, такъ какъ тогда, произведя весьма несложныя вычисленія, можно найти вѣрное время для любого момента, и, слѣдовательно, часы хороши; а величина хода ихъ не имѣетъ здѣсь никакого значенія. Но, конечно, будетъ неудобно, если ходъ часовъ относительно того времени, съ которымъ ихъ хотятъ сравнивать, будетъ очень великъ, и потому стараются при помощи особыхъ приспособленій, о которыхъ мы уже упоминали (часть I, § 97) и которыя подробно опишемъ въ слѣдующемъ параграфѣ, урегулировать часы, т.-е. по возможности уменьшить ихъ ходъ. Но если даже суточный ходъ ихъ будетъ такъ малъ, что, напримѣръ, въ сутки они будутъ уходить впередъ на 1^s, то все же за 2 мѣсяца это составитъ цѣлую минуту, а за годъ 6^m. Однако, изъ-за этого вовсе не слѣдуетъ часто переставлять стрѣлку, какъ многіе дѣлаютъ съ своими карманными часами, когда слышатъ полуденный выстрѣлъ пушки.

Такая насильственная перестановка стрѣлки только возмущаетъ правильность хода этого чувствительнаго механизма, и астрономъ долженъ тщательно оберегать свои часы отъ подобныхъ внѣшнихъ возмущеній. Поэтому, къ удивленію большой публики, на лучшихъ обсерваторіяхъ часы часто на нѣсколько минутъ уклоняются отъ вѣрнаго времени, между тѣмъ какъ, повидимому, слѣдовало бы ожидать, что часы эти всегда строго согласуются съ небомъ. Астрономъ вполнѣ удовлетворяется тѣмъ, что часы идутъ равномѣрно, т.-е. что они ежедневно отстаютъ или уходятъ впередъ на одну и ту же величину. Онъ ежедневно тщательно опредѣляетъ ходъ своихъ часовъ и, зная его, въ каждый данный моментъ можетъ точно вычислить ошибку часовъ и принять ее во вниманіе при наблюденіяхъ.

Для удобства и простоты рекомендуется состояніе часовъ, идущихъ по звѣздному времени, опредѣлять непосредственно изъ наблюденій надъ звѣздами, хотя, какъ показано въ § 14, для этой цѣли можно воспользоваться и наблюденіемъ надъ солнцемъ. Въ самомъ дѣлѣ, если понаблюдать соотвѣтствующія высоты какой-нибудь звѣзды, то, сравнивая полученный такимъ образомъ моментъ кульминаціи звѣзды съ извѣстнымъ уже прямымъ восхожденіемъ, непосредственно находимъ поправку часовъ относительно звѣзднаго времени, такъ какъ извѣстно, что прямое восхожденіе звѣзды равно звѣздному времени въ моментъ ея кульминаціи (введеніе, § 23). Положимъ, напримѣръ, что для звѣзды, прямое восхожденіе которой равно $5^h\ 30^m\ 24^s$, изъ наблюденій соотвѣтствующихъ высотъ найдено, что время ея кульминаціи равно $5^h\ 31^m\ 10^s$; отсюда мы немедленно заключаемъ, что въ моментъ этой кульминаціи часы были на 46^s впереди звѣзднаго времени, или, другими словами, поправка ихъ относительно звѣзднаго времени была $-0^m\ 46^s$.

§ 21. **Устройство часовъ.** Въ каждыхъ механическихъ часахъ, какъ извѣстно, слѣдуетъ различать три основныя части: собственно движущую силу, регуляторъ и тормозъ. Двигателемъ служитъ или грузъ, который, разматывая съ вала зубчатаго колеса поддерживающій его шнуръ, приводитъ въ движеніе весь механизмъ, или спиральная пружина, помѣщенная внутри цилиндрической, съ внѣшней стороны зубчатой, коробки, называемой барабаномъ, и свернутая такимъ образомъ, что внутренній конецъ ея прикрѣпляется къ оси барабана, а внѣшній къ внутренней стѣнкѣ барабана. Когда механизмъ въ дѣйствіи, валъ колеса часовъ съ гирями или ось барабана пружинныхъ часовъ могутъ повернуться только вмѣстѣ со связаннымъ съ ними зубчатымъ колесомъ и, такимъ образомъ, приводятъ весь механизмъ въ движеніе. Въ противоположномъ же направленіи, наоборотъ, и валъ, и ось барабана можно вращать отдѣльно; при этомъ шнурокъ, къ которому привѣшенъ грузъ, снова наматывается, а пружина натягивается, т.-е. часы заводятся.

Если бы двигатель предоставить самому себѣ, то часы все ускоряли бы свой ходъ, такъ какъ движущая сила въ обоихъ случаяхъ съ каждымъ моментомъ возрастаетъ. Для того, чтобы придать движенію равномѣрность, являющуюся необходимымъ условіемъ для аппарата, измѣряющаго время, предназначается регуляторъ. Регуляторомъ служитъ или маятникъ, или тонкая спиральная пружина; свое назначеніе онъ выполняетъ, заставляя часовой механизмъ въ первомъ случаѣ — постоянно приводить въ движеніе маятникъ, во второмъ — скручивать и раскручивать спираль. Чтобы предохранить колебанія спирали отъ внѣшнихъ возмущеній, къ ней прикрѣпляется маховое коромысло, или такъ называемый шатунъ. Чѣмъ короче маятникъ или спираль, или, наконецъ, маховое коромысло, тѣмъ быстрѣе идутъ часы, и обратно. Чтобы производить такое укорачиваніе или удлиненіе, маятникъ обыкновенныхъ часовъ, какъ извѣстно, оканчивается гибкой нитью, которую можно наматывать на стержень и сматывать съ него, и, такимъ образомъ, измѣнять длину маятника; спираль же колеблется между двумя штифтиками; сдвигая ихъ, можно заставить колебаться бо́льшую или меньшую часть спирали. Въ точныхъ же часахъ чечевицеобразный грузъ на нижнемъ концѣ маятника можетъ передвигаться, а такъ какъ подъ длиной маятника подразумѣвается разстояніе центра его тяжести отъ точки привѣса, то желаемый результатъ достигается передвиженіемъ чечевицы; спирали же въ точныхъ часахъ на концахъ коромысла шатуна снабжены винтиками съ тяжелыми головками; переставляя эти винтики, вывинчивая или глубже ввинчивая ихъ въ коромысло, можно добиться того же результата.

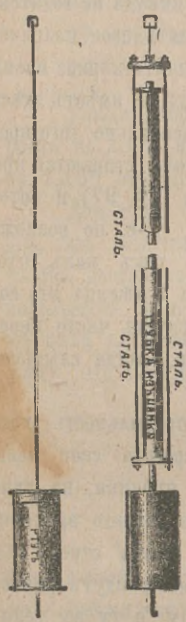


Рис. 290.

Чтобы устранить вліяніе температуры, благодаря которому регуляторы будутъ то удлиняться, то укорачиваться, вслѣдствіе чего ходъ часовъ будетъ непрерывно мѣняться, маятники или шатуны въ точныхъ часахъ компенсируются, т.-е. устраиваются такимъ образомъ, что всякое повышеніе или пониженіе температуры, оказывая извѣстное дѣйствіе на ходъ часовъ, вызываетъ въ то же время равное по величинѣ противодѣйствіе. Въ часахъ съ маятникомъ, стержень котораго сдѣланъ изъ стали, измѣненіе температуры на 20^0 по шкалѣ Цельзія вызываетъ измѣненіе суточнаго хода на 12 сек.; чтобы устранить это возмущеніе, всего проще замѣнить чечевицеобразный грузъ сосудомъ, наполненнымъ ртутью (рис. 290). Тогда подъ вліяніемъ температуры будетъ измѣняться объемъ ртути, и центръ тяжести маятника будетъ повышаться или понижаться, между тѣмъ какъ самъ сосудъ, обратно, будетъ опускаться или подниматься вслѣдствіе измѣненія длины стержня маятника, и достаточно небольшого числа опытовъ, чтобы опредѣлить, при какомъ количествѣ ртути оба эти вліянія будутъ взаимно уничтожаться, т.-е. разстояніе центра тя-

жести отъ точки привѣса будетъ оставаться всегда однимъ и тѣмъ же. * Впрочемъ, компенсаціи въ часахъ съ маятникомъ можно достичь также устройствомъ маятника изъ нѣсколькихъ стержней, сдѣланныхъ изъ различныхъ металловъ, какъ это показано на рис. 290 справа. Мы видимъ, что средній стержень сдѣланъ изъ цинка, а крайніе изъ стали. При этомъ толщину стержней можно подобрать такъ, что при повышеніи температуры центръ тяжести маятника отъ расширенія стальныхъ стержней понизится на столько же, на сколько онъ повысится отъ расширенія цинковаго стержня. * Въ часахъ же съ шатуномъ, гдѣ измѣненіе температуры на 20° по шкалѣ Цельзія вызываетъ возмущеніе въ суточномъ ходѣ на 6 минутъ, компенсація достигается тѣмъ, что къ обоимъ концамъ махового коромысла въ плоскости колебанія спирали прикрѣпляются дуги, состоящія изъ двухъ спаянныхъ между собою полосокъ стали и латуни. На второй изъ этихъ металловъ температура вліяетъ гораздо сильнѣе, чѣмъ на первый; но такъ какъ полоски спаяны, то измѣненіе температуры сказывается въ измѣненіи кривизны дугъ, а именно, если внѣшнюю полоску сдѣлать изъ латуни, а внутреннюю изъ стали, обѣ дуги съ повышеніемъ температуры будутъ сильнѣе искривляться, а съ пониженіемъ выпрямляться. Дуги можно разсматривать какъ части махового коромысла; слѣдовательно, въ первомъ случаѣ масса коромысла будетъ, такъ сказать, стягиваться къ центру, т.-е. коромысло будетъ укорачиваться, во второмъ же случаѣ произойдетъ обратное явленіе. Но такъ какъ въ первомъ случаѣ спираль удлиняется, а во второмъ укорачивается, то и здѣсь всякое температурное измѣненіе оказываетъ двойное вліяніе на ходъ часовъ въ направленіяхъ, взаимно противоположныхъ; нетрудно добиться того, чтобы эти два вліянія совершенно уничтожали другъ друга. Для этого въ различныхъ точкахъ дугъ продѣлываются отверстія съ винтовыми нарѣзками, въ которыя можно ввинтить винтики съ тяжелыми головками въ различныхъ разстояніяхъ отъ коромысла и, такимъ образомъ, по желанію усилить или ослабить компенсаціонное дѣйствіе дугъ.

Приспособленіе, при помощи котораго регуляторъ связывается съ движущей силой, является третьей характерной частью механизма, которую очень мѣтко называютъ тормозомъ, потому что при каждомъ размахѣ регулятора тормозъ на мгновеніе задѣваетъ за колеса часовъ, благодаря чему часы идутъ равномѣрно. При этомъ возникаетъ противодѣйствіе, приводящее въ движеніе регуляторъ. Было бы слишкомъ долго описывать здѣсь подробно различные тормозы, которые были изобрѣтены спеціально для часовъ къ числу которыхъ относится грахамовскій тормозъ для часовъ съ маятникомъ и веретенообразный, цилиндрическій, якорный и двойной тормозы для пружинныхъ часовъ; обстоятельное изложеніе этого и другихъ затронутыхъ здѣсь вопросовъ можно найти въ иныхъ мѣстахъ, напримѣръ, въ «Исторіи часовъ» Г. Герца (Берлинъ, 1851 г.).

Гири и маятникъ, по самой природѣ своей, пригодны только для часовъ съ постоянной установкой. Въ переносныхъ же часахъ двигателемъ служитъ всегда пружина, а регуляторомъ шатунъ. Но часы съ гирями и маятникомъ, основанные на свойствахъ силы тяжести, подвержены гораздо менѣе сильнымъ возмущеніямъ, чѣмъ пружинные часы, гдѣ приходится принимать въ соображеніе дѣйствія упругости. Поэтому точные переносные часы, которымъ преимущественно присвоено названіе хронометровъ, сдѣлать несравненно труднѣе, чѣмъ столь же точные часы съ маятникомъ. На постоянныхъ обсерваторіяхъ и теперь пользуются преимущественно часами съ маятникомъ; послѣ того, какъ они были изобрѣтены Гюйгенсомъ и впервые примѣнены къ научнымъ цѣлямъ Фламстидомъ, къ концу XVII столѣтія они оказали уже астрономіи безчисленныя услуги. Однако, важное значеніе хронометровъ для астрономическихъ опредѣленій въ путешествіяхъ и особенно на морѣ вызвало такое соревнованіе въ изготовленіи этихъ инструментовъ (первый годный къ употребленію хронометръ былъ сдѣланъ въ 1765 г. Гаррисономъ, которому англійскій парламентъ выдалъ за это премію въ 20000 фунтовъ стерлинговъ), что теперь

совсѣмъ не рѣдкость встрѣтить хронометры, которые по точности почти равняются астрономическимъ часамъ съ маятникомъ. Чтобы показать, до чего современная механика довела совершенство этого прибора, являющагося величайшимъ ея тріумфомъ, приведемъ здѣсь ходъ, обнаруженный въ теченіе года находящимся на гринвичской обсерваторіи хронометромъ работы Е. І. Дента; при этомъ не принималось никакихъ особенныхъ предосторожностей для предохраненія хронометра отъ измѣненій температуры. Подъ «среднимъ» ходомъ здѣсь слѣдуетъ понимать средній суточный ходъ въ теченіе мѣсяца.

Хронометръ Дента № 114.

		Средній суточн. ходъ.	Наибольшее измѣненіе хода.			Средній суточн. ходъ.	Наибольшее измѣненіе хода.
1828	августъ . .	+3,43^s	0,7^s	1829	февраль .	+3,59^s	1,1^s
	септябрь .	+3,85	1,7		мартъ . .	+3,74	1,6
	октябрь .	+3,73	0,8		апрѣль . .	+3,60	1,1
	ноябрь . .	+3,87	0,9		май . .	+3,58	1,2
	декабрь. .	+3,93	1,2		іюнь. . .	+3,77	0,8
1829	январь . .	+3,59	1,4		іюль . . .	+3,97	1,6

Мы видимъ отсюда, что въ продолженіе года измѣненіе средняго суточнаго хода не выходило изъ предѣловъ полусекунды, такъ какъ за все это время часы, въ среднемъ, отставали за сутки не меньше, какъ на 3,43^s и, не больше, какъ на 3,97^s.

Замѣчательно, что истинный изобрѣтатель механическихъ часовъ, безъ которыхъ мы теперь ни минуты не можемъ обойтись, въ точности не извѣстенъ.

§ 22. **Испытаніе хронометровъ.** Въ настоящемъ параграфѣ съ цѣлью доставить нашимъ читателямъ возможность получить ясное представленіе о томъ, какія требованія можно предъявлять теперь къ хорошимъ часамъ, мы приведемъ выдержки изъ собранія правилъ, примѣняемыхъ въ женевской обсерваторіи при испытаніи хронометровъ, причемъ сопоставимъ здѣсь важнѣйшее изъ того, на что слѣдуетъ обратить вниманіе, чтобы составить сужденіе о достоинствѣ часовъ. При этомъ, согласно цѣлямъ нашей книги, особенное вниманіе мы обратимъ на правила, относящіяся къ карманнымъ хронометрамъ.

Всякій хронометръ, переданный обсерваторіи для испытанія, одинъ изъ астрономовъ ежедневно сравниваетъ съ главными часами, идущими по звѣздному или по среднему времени, и аккуратно записываетъ въ особый журналъ результаты этого сравненія и выведенный отсюда ходъ хронометра.

Карманные хронометры, смотря по полнотѣ и строгости испытанія, которому они подвергаются, раздѣляются на 3 категоріи, или класса. При отправкѣ хронометра, часовой мастеръ долженъ указать, къ какой изъ этихъ категорій хронометръ слѣдуетъ причислить.

Время испытанія раздѣляется на нѣсколько періодовъ, въ теченіе которыхъ мѣняются и положеніе хронометра, и температура того пространства, въ которомъ онъ хранится; его помѣщаютъ то въ залѣ наблюденій, то въ холодномъ пространствѣ, температура котораго, смотря по времени года, мѣняется отъ 0° до +5° по шкалѣ Цельзія, то въ особый теплый ящикъ съ температурой между +30° и +35° С.

Для каждаго отдѣльнаго періода вычисляютъ особо средній суточный ходъ и разности между этимъ среднимъ ходомъ и тѣми ходами, которые были наблюдены въ каждый отдѣльный день. Эти разности называются уклоненіями хода. Если изъ всѣхъ уклоненій за одинъ какой-нибудь періодъ, не обращая вниманія на знакъ, взять среднее, то величина эта будетъ называться суточнымъ колебаніемъ, а взятое такимъ же образомъ среднее изъ уклоненій хода за нѣсколько или за всѣ періоды называется среднимъ колебаніемъ.

Затѣмъ вычисляютъ средніе суточные ходы для каждаго изъ періодовъ, когда хро-

нометръ находился въ залѣ наблюденій, т.-е. въ обыкновенныхъ температурныхъ условіяхъ. Изъ этихъ среднихъ суточныхъ ходовъ берутъ среднее и вычисляютъ разности между этимъ среднимъ и каждымъ отдѣльнымъ ходомъ. Взявъ, какъ выше указано, среднее изъ полученныхъ разностей, находятъ среднее колебаніе отъ періода до періода.

Ошибку компенсаціи для 1^0 по шкалѣ Цельзія вычисляютъ довольно сложнымъ способомъ, который, въ концѣ концовъ, сводится къ тому, что для тѣхъ двухъ періодовъ, когда хронометръ находился въ холодномъ пространствѣ и въ согрѣвающемъ ящикѣ, вычисляютъ средніе суточные ходы и среднія температуры обоихъ пространствъ и разность среднихъ ходовъ дѣлятъ на разность среднихъ температуръ.

Хронометръ возвращается фабриканту безъ всякаго аттестата, если суточный ходъ его въ какой-нибудь изъ періодовъ сравненія окажется больше $10{,}0^s$ или ошибка компенсаціи для температурнаго измѣненія на 1^0 по шкалѣ Цельзія превыситъ $0{,}40^s$. Остальные же хронометры снабжаются аттестатомъ, выдаваемымъ директоромъ обсерваторіи или его замѣстителемъ. Въ аттестатѣ указывается, какого рода испытаніямъ подвергся хронометръ, а также приводится извлеченіе изъ замѣтокъ о его суточномъ ходѣ.

Для карманныхъ хронометровъ первой категоріи время сравненія продолжается 44 дня. Этотъ промежутокъ времени раздѣляется на 8 періодовъ, въ теченіе которыхъ испытаніе хронометровъ производится поочередно въ различныхъ условіяхъ; порядокъ испытанія такой:

Періодъ.	Продолжительность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	5	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	5	» » направо	»
3	5	» » налѣво	»
4	6	лежачее, циферблатомъ кверху	холоднаго пространства
5	6	» » »	залы
6	6	» » »	согрѣвающаго ящика
7	6	» » книзу	залы
8	5	висячее, кольцомъ кверху	»

Первый день 4-го, 5-го, 6-го и 7-го періодовъ не принимается во вниманіе при вычисленіи хода, и потому эти дни называются промежуточными.

Чтобы получить аттестатъ I класса, хронометръ долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1) суточное колебаніе не должно превышать $1{,}5^s$;

2) среднее колебаніе не должно превышать $0{,}75^s$;

3) разность суточныхъ ходовъ въ любые два изъ періодовъ 1, 2, 3, 5, 7 и 8 не должна превышать $10{,}0^s$;

4) разность между среднимъ суточнымъ ходомъ хронометра въ висячемъ положеніи для періодовъ 1 и 8 и среднимъ суточнымъ ходомъ его въ лежачемъ положеніи для періода 5 не должна превышать $6{,}0^s$;

5) разность среднихъ суточныхъ ходовъ въ періоды 5 и 7 (положеніе горизонтальное) должна быть не больше $6{,}0^s$;

6) разность среднихъ суточныхъ ходовъ перваго и послѣдняго періодовъ (1 и 8) должна быть не больше $5{,}0^s$;

7) среднее колебаніе отъ періода до періода не должно превышать $2{,}5^s$; и

8) ошибки компенсаціи должны быть не больше $0{,}20^s$.

Продолжительность сравненія для хронометровъ II класса равна 29 днямъ; порядокъ испытанія слѣдующій:

Періодъ.	Продолжительность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	9	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	9	лежачее, циферблатомъ кверху	»
3	2	» » »	холоднаго пространства
4	2	» » »	залы
5	2	» » »	согрѣвающаго ящика
6	3	» » книзу	залы
7	2	висячее, кольцомъ кверху	»

Первые дни періодовъ 3, 4, 5 и 6 являются днями промежуточными.

Для полученія аттестата II класса необходимо, чтобы

1) суточное колебаніе для обоихъ первыхъ періодовъ (1 и 2) не превышало $1{,}75^s$;

2) полученное изъ разсмотрѣнія первыхъ двухъ періодовъ среднее колебаніе не превышало $1{,}00^s$;

3) разность среднихъ суточныхъ ходовъ тѣхъ же двухъ первыхъ періодовъ была не больше $7{,}0^s$;

4) разность среднихъ суточныхъ ходовъ второго и шестого періодовъ (положеніе горизонтальное) была не больше $7{,}0^s$;

5) разность среднихъ суточныхъ ходовъ перваго и послѣдняго (1 и 7) періодовъ не превышала $6{,}0^s$; и

6) ошибка компенсаціи была не больше $0{,}30^s$.

Сравненіе карманныхъ хронометровъ III класса продолжается 18 дней и ведется въ такомъ порядкѣ:

Періодъ.	Продолжительность въ дняхъ.	Положеніе	Температура
1	6	висячее, кольцомъ кверху	залы
2	6	лежачее, циферблатомъ кверху	»
3	2	» » »	холоднаго пространства
4	2	» » »	залы
5	2	» » »	согрѣвающаго ящика

Первые дни періодовъ 3, 4 и 5 должны быть промежуточными днями.

Для аттестата III класса требуется, чтобы

1) суточное колебаніе въ каждый изъ первыхъ двухъ періодовъ было не больше $2{,}0^s$;

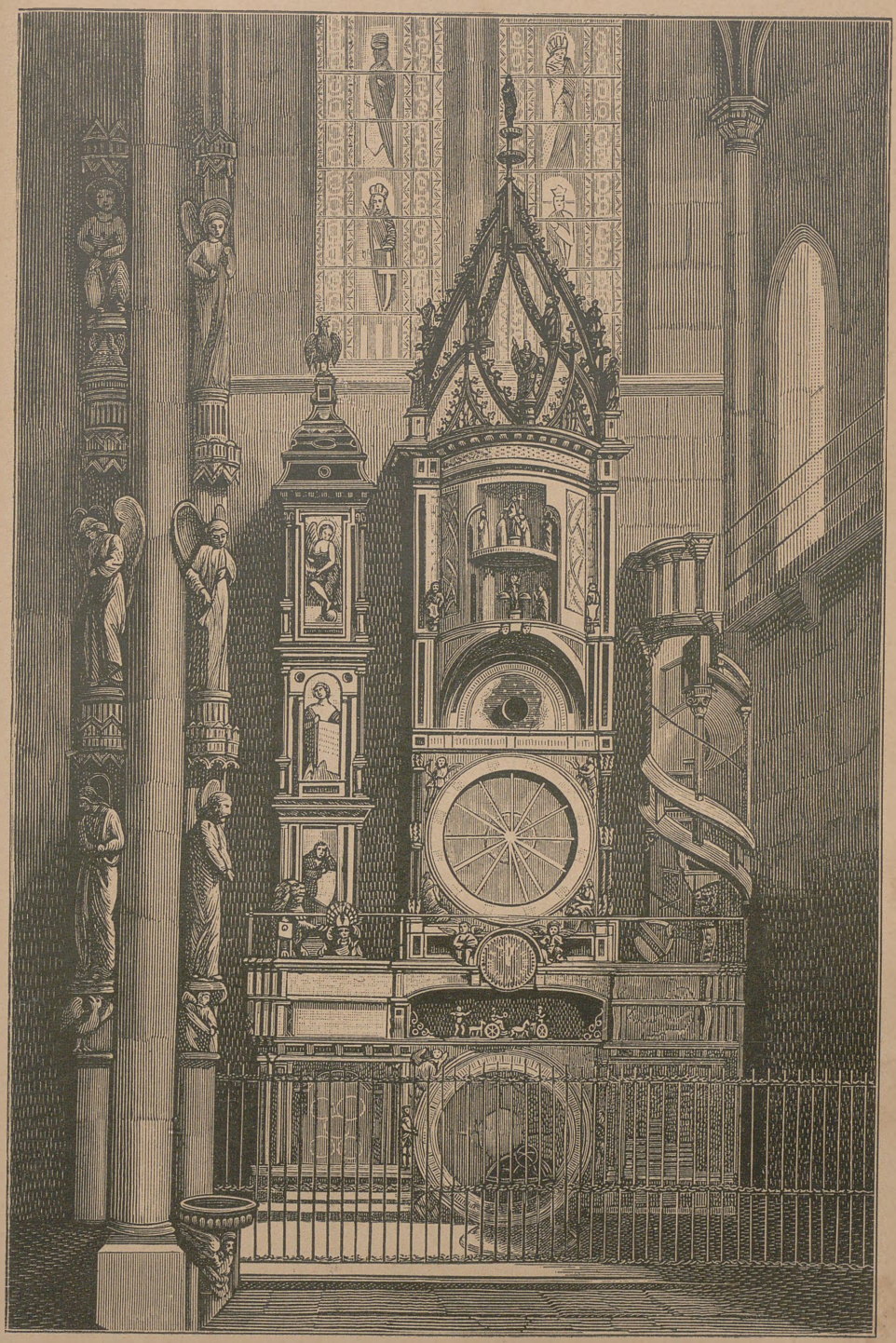
2) среднее колебаніе, вычисленное для первыхъ двухъ періодовъ, не превосходило $1{,}25^s$;

3) разность среднихъ ходовъ для первыхъ двухъ періодовъ была не больше $8{,}0^s$; и

4) ошибки компенсаціи были не больше $0{,}40^s$.

Подобныя же правила соблюдаются и при испытаніи морскихъ хронометровъ; но послѣдніе на классы не раздѣляются. Сравненіе охватываетъ промежутокъ времени въ 64 дня, и требованія здѣсь предъявляются гораздо болѣе высокія. Морской хронометръ только въ томъ случаѣ удостоивается аттестата, если суточное колебаніе не превосходитъ $1{,}0^s$, среднее $0{,}50^s$, среднее колебаніе отъ періода до періода $1{,}00^s$, разность среднихъ суточныхъ ходовъ въ два любые періода $4{,}0^s$, а ошибки компенсаціи $0{,}15^s$.

§ 23. **Уровень или ватерпасъ.** Прежде, чѣмъ снова перейти къ описанію инструментовъ, отъ котораго мы уклонились въ сторону, чтобы сказать нѣсколько словъ объ опредѣленіи состоянія и хода часовъ, мы должны описать одинъ вспомогательный приборъ, при помощи котораго можно придать оси вращенія инструмента положеніе, очень близкое къ горизонтальному, и затѣмъ опредѣлить оставшуюся еще наклонность этой оси къ горизонту. Простѣйшій приборъ, пригодный для этой цѣли, есть уровень, или, какъ его иначе называютъ, ватерпасъ; инструментъ этотъ, по Р. Вольфу, изобрѣтенъ около



Астрономическіе часы Страсбургскаго собора.

половины XVII столѣтія, по всей вѣроятности, механикомъ Шапото и впервые введенъ въ употребленіе въ 1666 г. Тевено. Устройство его такое. Въ пустой металлической трубкѣ $CDC'D'$ (рис. 291) помѣщается стеклянная трубочка AB, почти вся наполненная спиртомъ или эѳиромъ и отшлифованная такимъ образомъ, что верхняя сторона ея имѣетъ круглую форму. На рисункѣ часть стеклянной трубки видна въ вырѣзѣ, сдѣланномъ въ верхней части металлической трубки. Воздушный пузырекъ m, занимающій незаполненное пространство въ стеклянной трубкѣ, гораздо легче жидкости, а потому, по самой природѣ своей, всегда занимаетъ самую верхнюю часть трубки или дуги круга AB. Положимъ, что металлическая трубка снабжена или внизу, въ точкахъ C' и D', подставками, такъ что ее можно поставить, напримѣръ, на столъ, или же сверху, при C и D, крючками, при помощи которыхъ ее можно подвѣсить къ какой-нибудь оси, напримѣръ, къ оси вращенія пассажнаго инструмента (см. ниже, рис. 292); тогда, съ помощью этого уровня, въ первомъ случаѣ можно установить горизонтально столъ, во второмъ ось. Замѣтимъ еще, что одна изъ подставокъ или одинъ изъ крючковъ устраиваются такъ, что ихъ, при помощи особаго винтика, можно нѣсколько удлинить или укоротить, и что въ тщательно сдѣланныхъ уровняхъ верхняя часть стеклянной трубки раздѣляется на нѣсколько равныхъ частей, а точки дѣленія обозначаются цифрами, чтобы такимъ образомъ точнѣе опредѣлить положеніе пузырька.

Если при горизонтальномъ положеніи трубки нижнія части подставокъ или верхнія части крючковъ, служащія точками опоры уровня, также лежатъ въ одной горизонтальной плоскости, то говорятъ, что уровень вѣренъ, т.-е. вполнѣ исправенъ; тогда нужно только поставить его на столъ или подвѣсить къ оси и до тѣхъ поръ поднимать или опускать одинъ конецъ стола или оси, пока воздушный пузырекъ уровня m не займетъ какъ-разъ середину стеклянной трубки. Но обыкновенно и уровень бываетъ неисправенъ, и столъ или ось не вполнѣ горизонтальны. Тогда подвѣшиваютъ уровень CD (рис. 291) къ оси вращенія инструмента и замѣчаютъ, гдѣ находится середина воздушнаго пузырька. Всего точнѣе и вѣрнѣе это можно сдѣлать, отсчитавъ, на какихъ дѣленіяхъ стоятъ оба конца пузырька, и взявъ среднее ариѳметическое этихъ отсчетовъ. Положимъ, что средина стоитъ на какомъ-нибудь дѣленіи a стеклянной трубки. Затѣмъ снимаютъ уровень съ оси и снова подвѣшиваютъ его къ ней, но уже въ обратномъ направленіи такъ, чтобы часть C уровня была приблизительно въ томъ мѣстѣ оси, гдѣ раньше находилась часть D, и наоборотъ, и снова отсчитываютъ положеніе средины пузырька; пусть на этотъ разъ средина приходится противъ дѣленія b. Если a отлично отъ b, то это послужитъ признакомъ, что ось вращенія инструмента не горизонтальна, и, слѣдовательно, положеніе ея нужно исправить. Величина этой поправки получается непосредственно изъ чиселъ a и b. Для этого поступаютъ такъ: оставляя уровень во второмъ положеніи, поднимаютъ или опускаютъ одинъ конецъ оси вращенія до тѣхъ поръ, пока средина воздушнаго пузырька не станетъ какъ-разъ посрединѣ между дѣленіями a и b. Если, напримѣръ, при первомъ положеніи уровня было получено число 8, а при второмъ 12, то передвигаютъ вышеупомянутый конецъ оси вращенія до тѣхъ поръ, пока средина пузырька не остановится на дѣленіи 10; тогда ось вращенія будетъ горизонтальна, и уровень въ обоихъ положеніяхъ покажетъ одно и то же число 10. То, что сказано здѣсь объ установкѣ оси вращенія, можно примѣнить и къ горизонтальной установкѣ стола, только въ послѣднемъ случаѣ указанный пріемъ слѣдуетъ повторить два раза, въ направленіяхъ взаимно перпендикулярныхъ.

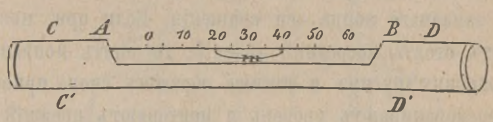


Рис. 291.

Этотъ пріемъ самый простой и въ то же время самый точный, потому что при немъ совсѣмъ не приходится трогать винтовъ, при помощи которыхъ можно удлинять или укора-

чивать ножку или крючекъ уровня, а этого слѣдуетъ по возможности избѣгать, такъ какъ движеніе винтовъ нарушаетъ равновѣсіе отдѣльныхъ частей и производитъ натяженіе металлической оправы, которое часто исчезаетъ только по прошествіи нѣкотораго времени.

Такимъ образомъ, плоскость или ось можно привести въ горизонтальное положеніе, пользуясь неисправленнымъ уровнемъ. Но если неточность уровня, которой нѣтъ надобности знать при вышеописанномъ пріемѣ, слишкомъ велика, то найденное число, равное среднему двухъ отсчетовъ, будетъ отстоять очень далеко отъ средняго дѣленія m, что мы видѣли на нашемъ примѣрѣ, гдѣ полученное среднее, т.-е. 10, на цѣлыхъ 20 дѣленій отстоитъ отъ средняго дѣленія, обозначеннаго числомъ 30 (рис. 291). Этого слѣдуетъ избѣгать, потому что даже въ самыхъ лучшихъ уровняхъ кривизна къ концамъ трубки очень рѣдко бываетъ правильна, и, кромѣ того, точка эта, въ концѣ концовъ, можетъ настолько удалиться отъ средины дѣленій, что одинъ изъ концовъ воздушнаго пузырька спрячется подъ оправу трубки, такъ что его нельзя будетъ видѣть.

Если случится что-либо подобное, то нужно подвѣсить уровень при помощи крючковъ къ оси вращенія. Если при этомъ воздушный пузырекъ не будетъ стоять посреди дѣленій, то, значитъ, или ось не горизонтальна, или уровень неисправенъ, или, наконецъ, что бываетъ чаще всего, имѣетъ мѣсто и то, и другое. Такъ какъ ошибки обоихъ инструментовъ намъ не извѣстны, то естественнѣе всего принять ихъ равными между собою. Поэтому передвигаютъ пузырекъ уровня отъ края къ срединѣ дѣленій сначала при помощи винта, служащаго для передвиженія оси вращенія, а потомъ, когда онъ пройдетъ ровно половину своего пути, при помощи коррекціоннаго винта крючка уровня. Когда это сдѣлано, переворачиваютъ уровень такимъ образомъ, чтобы восточный конецъ его оказался у западнаго конца оси вращенія. Если при новомъ положеніи уровня пузырекъ не будетъ стоять посреди дѣленій, то опять исправляютъ половину ошибки однимъ винтомъ, половину другимъ и такимъ образомъ снова приводятъ пузырекъ на средину. Затѣмъ снова переворачиваютъ уровень и повторяютъ прежній пріемъ до тѣхъ поръ, пока при двухъ различныхъ положеніяхъ уровня пузырекъ не будетъ стоять близко къ срединѣ дѣленій.

Не трудно видѣть, что этотъ способъ даетъ возможность сразу исправить и уровень, и положеніе оси вращенія. Однако, нѣтъ никакой необходимости добиваться того, чтобы средина пузырька какъ-разъ совпадала съ срединой дѣленій, такъ какъ, на основаніи предыдущаго, совершенно достаточно, если эти двѣ точки будутъ только близки другъ къ другу. Если, напримѣръ, средина пузырька въ первомъ положеніи уровня приходится противъ дѣленія 20, и во второмъ противъ 26, то, какъ было сказано выше, достаточно при помощи одного только винта оси вращенія привести пузырекъ на средину этихъ двухъ чиселъ, т.-е. на число 23, чтобы ось вращенія приняла строго-горизонтальное положеніе, хотя самъ уровень и не будетъ еще исправленъ, такъ какъ, согласно нашему рисунку (рис. 291), среднему дѣленію соотвѣтствуетъ число 30, а не 23. Если же хотятъ, кромѣ того, исправить и уровень, то нужно при помощи коррекціоннаго винта до тѣхъ поръ удлинять или укорачивать одинъ изъ крючковъ, пока средина пузырька не передвинется на 7 дѣленій, отъ 23 до 30.

Часто бываетъ желательно и даже необходимо выразить величину одного дѣленія уровня въ секундахъ. Для этой цѣли служитъ особый приборъ, называемый испытателемъ уровней; за неимѣніемъ же послѣдняго можно просто приладить уровень къ какому-нибудь инструменту, служащему для измѣренія высотъ, напримѣръ, прикрѣпить его къ зрительной трубѣ квадранта такъ, чтобы онъ былъ ей параллеленъ, и затѣмъ передвигать трубу съ уровнемъ до тѣхъ поръ, пока центръ пузырька не пройдетъ, напримѣръ, 30 дѣленій уровня. Если при этомъ высота трубы измѣнится на 20″, то, значитъ, одному дѣленію уровня соотвѣтствуетъ 0,67″. Слѣдовательно, если при установкѣ зрительной трубы ока-

жется, что ось ея нужно поднять, напримѣръ, на 12 дѣленій уровня, то это поднятіе будетъ соотвѣтствовать $8''_{,}$.

§ 24. **Полуденная труба.** Возвратимся теперь къ описанію нынѣ употребительныхъ астрономическихъ инструментовъ и начнемъ это описаніе съ полуденной трубы, или пассажнаго инструмента.

Полуденная труба по справедливости считается теперь самымъ подходящимъ инструментомъ для опредѣленія прохожденія звѣздъ черезъ меридіанъ съ наибольшею точностью, которой можно достигнуть. Этотъ инструментъ былъ изобрѣтенъ еще знаменитымъ датскимъ астрономомъ О. Рёмеромъ, но только въ XIX столѣтіи былъ оцѣненъ по достоинству, такъ какъ въ простѣйшемъ своемъ видѣ онъ можетъ дать только прямыя восхожденія звѣздъ, что не опредѣляетъ вполнѣ ихъ положенія, а усовершенствованная его разновидность—меридіанный кругъ (§ 27) въ прежнее время не могъ быть построенъ съ такою точностью, которая позволила бы ему конкурировать со стѣннымъ квадрантомъ (§4).

Полуденная труба (рис. 292) состоитъ изъ горизонтальной металлической оси, чрезъ средину которой проходитъ перпендикулярная къ ней зрительная труба; сама же ось своими внѣшними цилиндрическими конусами, вокругъ которыхъ она можетъ вращаться, опирается на крѣпкіе каменные столбы. Если ось вращенія строго горизонтальна и имѣетъ направленіе съ востока на западъ, то труба будетъ направлена съ юга на сѣверъ и, вращаясь около оси, будетъ двигаться въ плоскости меридіана, такъ что достаточно только замѣтить по часамъ моментъ прохожденія звѣзды черезъ центръ поля зрѣнія трубы, чтобы получить моментъ прохожденія ея чрезъ меридіанъ, т.-е. время ея кульминаціи.

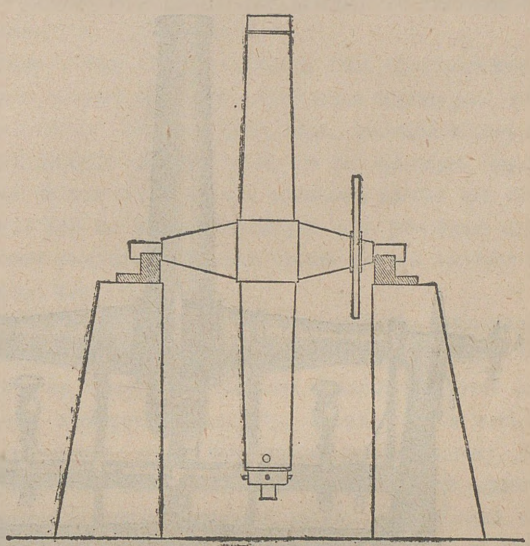


Рис. 292.

Чтобы можно было установить трубу по высотѣ, на одномъ изъ концовъ оси вращенія находится перпендикулярный къ этой оси кругъ съ дѣленіями, прикрѣпленный къ самой оси. Концентрично съ этимъ кругомъ, къ столбу прикрѣпленъ параллельный трубѣ указатель, или алидада, на концѣ которой проведена тонкая черта. Эта алидада будетъ, такимъ образомъ, при вращеніи трубы вмѣстѣ съ кругомъ вокругъ оси инструмента, показывать на кругѣ высоту наблюдаемой звѣзды съ точностью до цѣлыхъ минутъ; этой точности совершенно достаточно, чтобы привести звѣзду въ поле зрѣнія трубы.

Оба конца оси лежатъ на двойныхъ толстыхъ металлическихъ пластинкахъ. Одна часть каждой пластинки неподвижно прикрѣплена къ столбу; другая же, на которую собственно и опирается конецъ оси, можетъ при помощи винтовъ перемѣщаться относительно первой, а именно: на одномъ столбѣ такая часть можетъ двигаться по вертикальному направленію вверхъ и внизъ, а на другомъ—по горизонтальному, впередъ и назадъ. Послѣднее движеніе даетъ намъ возможность точно установить ось вращенія въ направленіи съ востока на западъ, а первое служитъ для того, чтобы можно было опускать или приподнимать соотвѣтственный конецъ оси до тѣхъ поръ, пока ось не приметъ строго горизонтальнаго положенія.

Чтобы во время точныхъ наблюденій можно было освѣщать внутренность зрительной трубы, на столбѣ противъ оси помѣщается лампа, свѣтъ которой, проходя сквозь пустую внутри ось вращенія, падаетъ на маленькое зеркальце, помѣщенное внутри зрительной трубы вблизи куба, и затѣмъ, отразившись отъ этого зеркала, направляется къ окуляру зрительной трубы.

Упомянемъ еще, наконецъ, что при помощи такъ называемой ломаной трубы, въ которой лучи свѣта, идущіе отъ объектива, падаютъ на зеркало или на призму и, отразившись по направленію, перпендикулярному къ оси трубы, попадаютъ въ окуляръ, можно половину или даже всю зрительную трубу совмѣстить съ горизонтальной осью вращенія инструмента, смотря по тому, поставить ли призму въ центрѣ или въ концѣ оси; окуляръ же помѣщается на другомъ концѣ. Благодаря этому пассажный инструментъ получаетъ чрезвычайно удобную форму, позволяющую легко переносить его съ мѣста на мѣсто, вслѣдствіе чего такіе переносные пассажные инструменты особенно пригодны для временныхъ и частныхъ обсерваторій и даже могутъ быть безъ большихъ затрудненій взяты въ путешествіе. Писторъ и Мартинсъ придали этимъ инструментамъ чрезвычайно изящную и особенно удобную для употребленія форму, изображенную на прилагаемомъ рис. 293. Кромѣ удивительной устойчивости, важнѣйшія преимущества этой конструкціи слѣдующія: при всякомъ положеніи инструмента окуляръ A имѣетъ одно и то же положеніе; уровень BB' все время остается подвѣшеннымъ, такъ что въ каждый данный моментъ, взглянувъ на него, можно видѣть, измѣнилось ли положеніе оси вращенія, или нѣтъ; наконецъ, при опредѣленіи коллимаціонной ошибки (§ 25), чтобы вынуть инструментъ изъ лагеровъ и перевернуть его, нужно только повернуть рукоятку CD на 180°, т.-е. привести ее въ положеніе DC'.

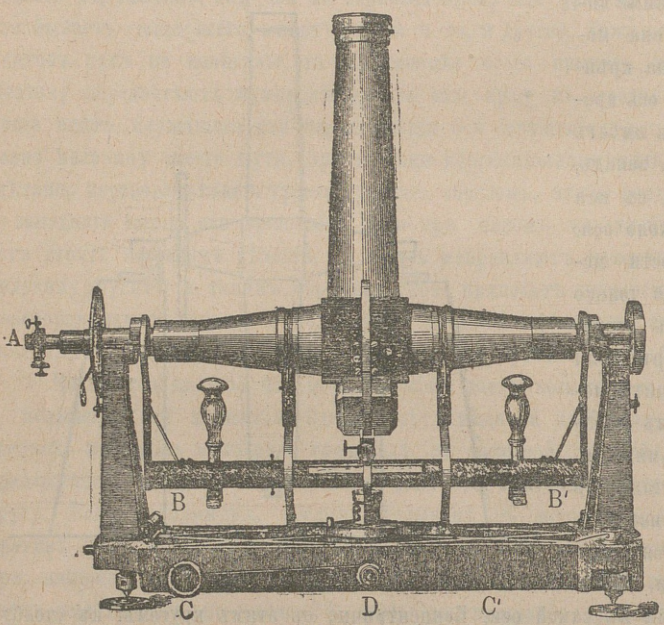


Рис 293.

§ 25. **Повѣрка полуденной трубы.** Въ § 9 мы уже имѣли случай указать, что прежде, чѣмъ наблюдать какимъ-нибудь инструментомъ, нужно повѣрить всѣ его части. Важнѣйшія изъ тѣхъ операцій, которыя приходится для этого производить съ полуденной трубой, мы опишемъ здѣсь нѣсколько подробнѣе, такъ какъ большую часть изъ нихъ почти безъ всякаго измѣненія можно примѣнить и къ другимъ инструментамъ, о которыхъ мы будемъ говорить ниже.

Прежде всего замѣтимъ, что коллимаціонная линія, какъ обыкновенно называютъ общую ось обѣихъ чечевицъ (объектива и окуляра, § 5), перпендикулярная къ оси вращенія, только въ томъ случаѣ будетъ описывать вертикальный кругъ, совпадающій съ меридіаномъ, если ось вращенія будетъ строго горизонтальна.

Въ § 23 было уже подробно объяснено, какъ при помощи уровня установить гори-

зонтально ось вращенія зрительной трубы, или, если наклонность ея къ горизонту незначительна, опредѣлить величину ея; поэтому въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ только ссылаться на этотъ параграфъ.

Замѣтимъ далѣе, что в фокусѣ зрительной трубы, перпендикулярно къ оси обѣихъ чечевицъ (§ 5), натянута въ вертикальномъ направленіи нить. Если инструментъ стоитъ правильно, то нить эта изображаетъ ту часть меридіана, на которую направлена зрительная труба, и моментъ, когда звѣзда скроется за нитью, будетъ, такимъ образомъ, моментомъ кульминаціи этой звѣзды.

Чтобы нити можно было придать указанное положеніе, въ которомъ она, во-первыхъ, должна быть перпендикулярна къ оси обѣихъ чечевицъ, во-вторыхъ, должна проходить какъ-разъ черезъ фокусъ и, въ-третьихъ, должна лежать въ вертикальной плоскости, нить эта внутри трубы прикрѣпляется къ тонкому кольцу, которое при помощи особыхъ винтовъ можетъ перемѣщаться по всѣмъ направленіямъ. Мастеръ, дѣлая инструментъ, устанавливаетъ это кольцо перпендикулярно къ оси обѣихъ чечевицъ, а если бы при этомъ и вкралась маленькая ошибка, то она не могла бы оказать замѣтнаго вліянія, потому что прохожденіе звѣзды всегда наблюдается близко къ срединѣ нити; поэтому въ большинствѣ случаевъ можно считать первое требованіе уже выполненнымъ.

Но нельзя этого сказать про второе условіе, а именно, чтобы нить проходила какъ-разъ черезъ фокусъ трубы. Изслѣдованіе, которое при этомъ приходится производить, распадается на двѣ совершенно различныя задачи. Дѣйствительно, нить, стоящая перпендикулярно къ оси чечевицъ, можетъ пересѣкаться съ этой осью, но не проходить черезъ фокусъ, а находиться или впереди, или позади его, т.-е. или слишкомъ далеко отъ объектива, или слишкомъ близко къ нему. Или же можетъ случиться, что разстояніе нити отъ объектива какъ-разъ равно фокусному разстоянію, но нить черезъ фокусъ все-таки не проходитъ, а уклоняется отъ него вправо или влѣво.

Однако, прежде чѣмъ приступать къ исправленію этихъ недостатковъ, наблюдатель долженъ измѣнить разстояніе между чечевицами себѣ по глазамъ. Всѣмъ извѣстно, что близорукій, если желаетъ хорошо видѣть въ театральный бинокль, долженъ укоротить его, т.-е. сблизить чечевицы, а дальнозоркій, наоборотъ, раздвинуть. Кромѣ того, и тотъ, и другой должны нѣсколько измѣнить разстояніе между чечевицами, смотря по тому, хотятъ ли они разсматривать очень близкіе или очень отдаленные предметы. Это остается справедливымъ и по отношенію къ астрономической зрительной трубѣ; но такъ какъ она предназначается преимущественно для наблюденія небесныхъ объектовъ, разстояніе до которыхъ очень велико, то наблюдатель, не обращая вниманія на нить, долженъ прежде всего направить трубу на звѣзду и до тѣхъ поръ передвигать окуляръ, пока звѣзда будетъ ясно видна. Лучше всего пользоваться для этой цѣли двойными звѣздами, на которыя мы уже указывали раньше (часть II, § 192). Когда перемѣщеніемъ окуляра удастся достигнуть того, что двойная звѣзда будетъ видна совершенно ясно и отчетливо, можетъ случиться, что нить будетъ видна очень плохо, въ видѣ сѣрой широкой полосы. Это значитъ, что нить стоитъ или слишкомъ близко, или слишкомъ далеко отъ окуляра, потому что когда она находится на своемъ мѣстѣ, т.-е. въ фокусѣ окуляра, который послѣ установки на звѣзду совпадаетъ съ фокусомъ объектива, то она кажется черной и рѣзко очерченной. Въ этомъ случаѣ нужно при помощи назначеннаго для этого винта до тѣхъ поръ передвигать кольцо съ нитью вдоль трубы, т.-е. до тѣхъ поръ измѣнять разстояніе кольца отъ объектива, пока глазъ не увидитъ нити совершенно отчетливо. Этотъ пріемъ даетъ возможность установить нить очень близко къ фокусу, но нельзя поручиться, что она будетъ проходить какъ-разъ черезъ фокусъ. Для того же, чтобы точно установить нить въ фокусѣ, поступаютъ такъ. Послѣ этой первой грубой установки нити наводятъ трубу на какой-нибудь очень отдаленный и рѣзко очерченный земной предметъ, напримѣръ,

на шпицъ башни, и приводятъ нить въ соприкосновеніе съ этимъ шпицемъ. Затѣмъ передвигаютъ глазъ вправо и влѣво передъ окуляромъ до тѣхъ поръ, пока можно еще видѣть въ трубу нить, и замѣчаютъ, наблюдается ли соприкасаніе нити со шпицемъ въ крайнихъ положеніяхъ глаза. Если случайно окажется, что да, то можно быть увѣреннымъ, что нить если и не проходитъ черезъ самый фокусъ, то лежитъ въ плоскости, проходящей черезъ фокусъ и перпендикулярной къ оси чечевицъ. Если же при передвиженіи глаза нить также будетъ перемѣщаться относительно земного предмета, то это значитъ, что нить не лежитъ въ упомянутой плоскости, а находится впереди или позади нея. Который изъ этихъ двухъ случаевъ имѣетъ мѣсто, рѣшается очень просто: если при перемѣщеніи глаза и нить передвигается въ ту же сторону, напримѣръ, если и глазъ, и нить одновременно передвигаются вправо, то это значитъ, что нить находится слишкомъ близко къ объективу, и ее нужно отъ него отодвинуть; если же глазъ и нить движутся въ противоположныя стороны, напримѣръ, глазъ вправо, а нить влѣво, то нить находится слишкомъ далеко отъ объектива, и ее нужно приблизить къ нему. Собственно, наблюдателю кажется, что не только нить, но также и изображеніе предмета движется, когда глазъ мѣняетъ свое положеніе передъ окуляромъ. Поэтому предыдущее правило можно замѣнить слѣдующимъ: если глазъ и изображеніе земного предмета движутся въ противоположныя стороны, то нить стоитъ слишкомъ близко къ объективу; если же въ одну и ту же сторону, то нить слишкомъ далеко отъ объектива, и ее нужно до тѣхъ поръ придвигать къ нему, пока глазъ при своемъ движеніи не будетъ замѣчать никакихъ измѣненій. Это правило одинаково для близорукихъ и дальнозоркихъ, потому что когда нить приведена въ надлежащее положеніе, то и тому, и другому нужно только переставить окуляръ себѣ по глазамъ, чтобы ясно видѣть и нить, и звѣзду.

Этимъ способомъ можно установить нить въ плоскости, перпендикулярной къ оси чечевицъ и проходящей черезъ фокусъ; однако, нить при этомъ можетъ и не проходить черезъ самый фокусъ, а находиться вправо или влѣво отъ него.

Чтобы исправить эту ошибку, нужно вынуть весь инструментъ изъ лагеровъ и, перевернувъ его, снова вложить въ лагеры такъ, чтобы, напримѣръ, тотъ конецъ оси вращенія, который раньше былъ направленъ къ востоку, лежалъ теперь въ западномъ лагерѣ, послѣ чего труба снова наводится на предметъ. Если средина нити до и послѣ перекладки будетъ касаться одной и той же точки земного предмета, то это покажетъ, что она совпадаетъ съ фокусомъ трубы или, что собственно и требуется, лежитъ на оптической оси ея, перпендикулярной къ оси вращенія инструмента. Если же этого не случится, то послѣ перекладки исправляютъ половину замѣченной ошибки, которую называютъ коллимаціонной ошибкой, при помощи того винтика, который служитъ для передвиженія упомянутаго кольца съ нитью въ ту и другую сторону по горизонтальному направленію. Но такъ какъ не всегда бываетъ легко раздѣлить замѣченную ошибку какъ-разъ пополамъ, особенно если она значительна, то описанный пріемъ нужно повторить нѣсколько разъ; ошибка съ каждымъ разомъ будетъ уменьшаться и, наконецъ, станетъ совершенно незамѣтной.

По окончаніи указанныхъ операцій, будетъ выполнено одно изъ главнѣйшихъ условій правильности наблюденій, производимыхъ полуденной трубой, такъ какъ нить будетъ тогда сохранять опредѣленное положеніе относительно изображенія; что же касается третьей изъ вышеуказанныхъ поправокъ положенія нити, то вспомнимъ, что, если ось вращенія горизонтальна (§ 23), коллимаціонная линія трубы описываетъ вертикальный кругъ. На основаніи этого можно очень легко установить натянутую въ фокусѣ обѣихъ чечевицъ перпендикулярную къ ихъ оси нить строго вертикально, т.-е. перпендикулярно къ горизонту; нужно только, медленно наклоняя и снова поднимая зрительную трубу, заставлять нить скользить вверхъ и внизъ по какой-нибудь хорошо замѣтной точкѣ земного предмета съ

рѣзкими очертаніями. Если при такомъ движеніи трубы нить не будетъ все время проходить какъ-разъ черезъ эту точку предмета, то нужно при помощи назначеннаго для этого винта до тѣхъ поръ поворачивать кольцо въ его собственной плоскости вокругъ его центра, пока не будетъ удовлетворяться указанное требованіе.

Обыкновенно по обѣ стороны средней нити натягиваютъ еще по одной или даже по нѣсколько параллельныхъ ей и равноотстоящихъ другъ отъ друга нитей, чтобы увеличить число наблюденій прохожденія звѣзды и потомъ взять среднее ариѳметическое изъ всѣхъ моментовъ вступленія звѣзды на нити, которое и считаютъ моментомъ наблюденія. Для повѣрки параллельности нитей можно пропустить звѣзду одинъ разъ черезъ верхнія, а другой—черезъ нижнія части нитей и посмотрѣть, будутъ-ли равны между собою промежутки времени, полученные для каждой пары нитей изъ обоихъ наблюденій. Замѣтимъ, наконецъ, что къ этому ряду вертикальныхъ, параллельныхъ между собою нитей, присоединяютъ обыкновенно еще одну нить, перпендикулярную къ нимъ, т.-е. горизонтальную, которая служитъ для того, чтобы можно было пропускать всѣ звѣзды приблизительно черезъ однѣ и тѣ же точки вертикальныхъ нитей, заставляя ихъ проходить вблизи горизонтальной, и такимъ образомъ избѣжать вліянія возможныхъ незначительныхъ уклоненій отъ параллельности. Иногда употребляютъ вмѣсто одной двѣ горизонтальныя нити. Къ вертикальнымъ равноотстоящимъ нитямъ иногда присоединяютъ еще двѣ нити на краяхъ поля зрѣнія. Такая сѣть нитей изображена на рис. 294.

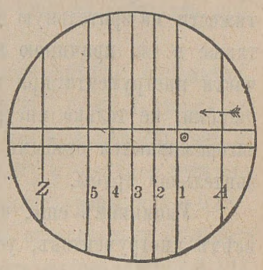


Рис. 294.

Когда, такимъ образомъ, ось вращенія полуденной трубы установлена вполнѣ горизонтально, и сѣтка нитей расположена такъ, что при вращеніи трубы вокругъ оси вертикальныя нити движутся вверхъ и внизъ въ плоскости, перпендикулярной къ горизонту, т.-е. по вертикальному кругу, остается позаботиться о томъ, чтобы этотъ вертикальный кругъ былъ меридіаномъ, въ плоскости котораго и долженъ двигаться инструментъ.

Чтобы приблизительно установить инструментъ въ меридіанѣ, проще всего воспользоваться кульминаціей солнца или другого какого-нибудь свѣтила, прямое восхожденіе котораго извѣстно; для этого однимъ изъ вышеуказанныхъ способовъ опредѣляютъ поправку своихъ часовъ и затѣмъ передвигаютъ въ горизонтальномъ направленіи ось инструмента при помощи винта, находящагося у одного конца оси такъ, чтобы звѣзда проходила черезъ нити какъ-разъ въ моментъ, соотвѣтствующій ея прямому восхожденію.

Вслѣдствіе быстраго движенія звѣздъ, расположенныхъ вблизи экватора, очень трудно установить инструментъ по одной изъ этихъ звѣздъ такимъ образомъ, чтобы какъ-разъ въ опредѣленный моментъ она проходила черезъ главную нить; кромѣ того, въ этомъ случаѣ очень сильно вліяетъ всякая ошибка принятой поправки часовъ. Поэтому, установивъ полуденную трубу вышеуказаннымъ способомъ по одной изъ экваторіальныхъ звѣздъ очень близко къ плоскости меридіана, повторяютъ тотъ-же пріемъ съ близполюсной звѣздой, т.-е. передвигаютъ ось вращенія трубы до тѣхъ поръ, пока звѣзда въ извѣстный заранѣе моментъ своей кульминаціи будетъ стоять какъ-разъ позади главной нити. Вслѣдствіе медленнаго движенія полярныхъ звѣздъ это удается сдѣлать очень точно и удобно; кромѣ того, также благодаря медленному движенію звѣзды, ошибка въ поправкѣ часовъ будетъ вліять гораздо меньше, чѣмъ въ случаѣ экваторіальной звѣзды.

Такимъ образомъ, мы указали важнѣйшія поправки полуденной трубы, которыми можно съ успѣхомъ заняться еще до начала настоящихъ наблюденій этимъ инструментомъ. Но такъ какъ сдѣлать коллимаціонную линію перпендикулярной къ оси вращенія, придать оси вращенія горизонтальное положеніе и, наконецъ, установить зрительную трубу въ плоскости меридіана очень трудно при помощи однихъ механическихъ средствъ (вин-

товъ и т. под.), и такъ какъ неточности въ установкѣ инструмента благодаря внѣшнимъ вліяніямъ на инструментъ быстро мѣняются, то новѣйшіе наблюдатели предпочитаютъ дѣлать эти неточности лишь по возможности малыми, а остающіяся ошибки, или, лучше сказать, вліяніе этихъ ошибокъ на наблюденія вводить въ вычисленія. Этотъ способъ гораздо точнѣе предыдущаго, но мы не излагаемъ его здѣсь, такъ какъ вкратцѣ изложить его очень трудно.

Кромѣ только-что перечисленныхъ главныхъ ошибокъ пассажнаго инструмента, существуетъ еще цѣлый рядъ другихъ; но если инструментъ сдѣланъ хорошо, то эти послѣднія ошибки дѣлаются ощутительными только тогда, когда требуется величайшая точность, и потому мы скажемъ о нихъ только вкратцѣ. Такъ, и безъ нашего указанія, читатель легко пойметъ, что мастеръ, изготовляющій инструментъ, долженъ очень тщательно отдѣлать концы оси вращенія, которыми эта ось лежитъ въ лагерахъ. Эти концы оси представляютъ собою цилиндры съ кругообразными основаніями; если основаніе одного изъ концовъ не есть правильный кругъ, а, напримѣръ, эллипсъ, или если оба они суть круги, но различныхъ діаметровъ, или же, если цилиндры не стоятъ какъ-разъ другъ противъ друга, и т. д., то эти неизбѣжные недостатки механическаго выполненія послужатъ источникомъ ошибокъ, которыя наблюдатель долженъ принять во вниманіе при вычисленіи своихъ наблюденій, такъ какъ ихъ нельзя ни устранить, ни уменьшить, какъ первыя три. Еще труднѣе опредѣлить тѣ ошибки, которыя являются слѣдствіемъ дѣйствія силы тяжести на зрительную трубу въ различныхъ положеніяхъ ея относительно горизонта, а также и тѣ, причиною которыхъ служитъ, напримѣръ, вліяніе температуры на различныя части инструмента при наблюденіяхъ солнца. Чтобы по возможности устранить послѣднія ошибки, не только инструментъ, но и оба столба, на которыхъ покоится инструментъ, загораживаются особыми ширмами, такъ что солнечные лучи падаютъ только на объективъ зрительной трубы.

Упомянемъ еще, что раньше имѣли обыкновеніе какъ для этого, такъ и вообще для всѣхъ инструментовъ, установленныхъ въ меридіанѣ, на разстояніи 3 или 4 километровъ къ сѣверу и къ югу, сооружать особые меридіанные знаки или миры; это колонны или столбы, въ верхней части своей снабженные горизонтальной шкалой, дѣленія которой были хорошо видны въ трубу; съ ихъ помощью можно было не только весьма точно опредѣлять направленіе меридіана, но и приводить трубу въ надлежащее положеніе, если она какъ-нибудь случайно вышла изъ него. Въ новѣйшее время для этой цѣли употребляютъ маленькія зрительныя трубы, укрѣпленныя въ меридіанѣ на столбахъ въ горизонтальномъ положеніи, или такъ называемые коллиматоры, что гораздо удобнѣе, такъ какъ ихъ можно помѣстить или въ томъ-же залѣ, гдѣ производятся наблюденія, или, по крайней мѣрѣ, въ саду обсерваторіи, а потому они находятся подъ постояннымъ контролемъ астрономовъ *).

§ 26. **Наблюденія полуденной трубою.** Тщательно повѣренная полуденная труба представляетъ удобнѣйшее и надежнѣйшее средство для опредѣленія времени; поэтому на постоянныхъ обсерваторіяхъ время, или, что то же, поправку часовъ опредѣляютъ исключительно съ помощью пассажнаго инструмента. Мы уже разъ упоминали (часть I, § 97), что въ обсерваторіяхъ, кромѣ часовъ, идущихъ по среднему времени, всегда есть еще такіе, которые показываютъ звѣздное время, т.-е. ежедневно опережаютъ первые приблизительно на $3^m\,56^s$, и что именно съ этими часами производятся всѣ наблюденія. Нѣтъ нужды еще разъ напоминать, что для астрономическихъ наблюденій нужны хорошіе

*) Замѣтимъ, что, пользуясь особыми вспомогательными объективами, можно и миры устанавливать въ близкомъ отъ инструментовъ разстояніи. Такими мирами, между прочимъ, снабженъ пассажный инструментъ пулковской обсерваторіи.

Переводчикъ.

часы, т.-е. такіе, которые шли бы равномѣрно, иначе говоря, необходимо, чтобы ходъ часовъ (§ 20) былъ почти постояненъ.

Чтобы въ каждый данный моментъ найти, насколько часы уклоняются отъ звѣзднаго времени, устанавливаютъ полуденную трубу (рис. 292) такимъ образомъ, чтобы индексъ показывалъ на раздѣленномъ кругѣ какъ-разъ полуденную высоту какой-нибудь звѣзды, прямое восхожденіе которой точно извѣстно, и ожидаютъ, когда звѣзда эта пройдетъ черезъ нити полуденной трубы. Пусть эта звѣзда есть Альдебаранъ, или α Тельца, прямое восхожденіе которой равно $4^h\ 26^m\ 25{,}3^s$. Положимъ, что въ трубѣ натянуты три вертикальныя нити, равно отстоящія другъ отъ друга, причемъ средняя изъ нихъ находится какъ-разъ въ меридіанѣ, и что въ тѣ моменты, когда звѣзда проходила черезъ нити, на часахъ были замѣчены слѣдующія показанія:

при прохожденіи черезъ первую нить		$4^h\ 26^m\ 54{,}2^s$
» » » среднюю »		4 27 39,3
» » » третью »		4 28 23,8

Взявъ среднее ариѳметическое изъ этихъ трехъ наблюденій, получимъ, что въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ часы показывали $4^h\ 27^m\ 39,\ 1^s$. Но истинное звѣздное время этого момента равно, какъ извѣстно, прямому восхожденію звѣзды, т.-е. $4^h\ 26^m\ 25{,}3^s$; разность этихъ двухъ чиселъ составляетъ $1^m\ 13{,}8^s$; слѣдовательно, въ тотъ моментъ, когда часы показывали $4^h\ 28^m$, они были на $1^m\ 13{,}8^s$ впереди звѣзднаго времени, т.-е. показывали на $1^m\ 13{,}8^s$ больше, чѣмъ слѣдуетъ.

Если бы въ тотъ же день изъ наблюденія какой-нибудь другой звѣзды, напримѣръ, Веги, или α Лиры, прямое восхожденіе которой равно $18^h\ 31^m\ 19{,}2^s$, было найдено, что въ этотъ моментъ часы на $1^m\ 14{,}2^s$ опережали звѣздное время, то оказалось-бы, что за $14^h\ 5^m$ часы ушли впередъ относительно звѣзднаго времени на $0{,}4^s$, т.-е., если ходъ ихъ считать равномѣрнымъ, то въ каждый часъ они опережаютъ звѣздное время на $0{,}028^s$. Чтобы опредѣлить съ желаемой точностью состояніе и ходъ часовъ относительно звѣзднаго времени, нужно сдѣлать нѣсколько такихъ наблюденій и взять изъ нихъ среднее (сравни § 14).

Когда, такимъ образомъ, состояніе часовъ вполнѣ опредѣлено, можно приступить ко второй главной задачѣ полуденной трубы, къ опредѣленію прямыхъ восхожденій тѣхъ свѣтилъ, положеніе которыхъ на небѣ еще неизвѣстно. Для этой цѣли нужно незадолго до кульминаціи свѣтила навести на него трубу и снова замѣтить по часамъ время прохожденія его черезъ три нити. Положимъ, что въ тотъ же самый день, что и выше, наблюдали еще какую-нибудь планету, и пусть

моментъ прохожденія черезъ первую нить равенъ		$10^h\ 43^m\ 16{,}2^s$
» » » среднюю » »		10 44 20,4
» » » третью » »		10 45 24,3

Среднее изъ этихъ трехъ чиселъ, $10^h\ 44^m\ 20{,}3^s$, и будетъ, такимъ образомъ, моментомъ кульминаціи планеты по часамъ. Но часы въ $4^h\ 28^m$ были на $1^m\ 13{,}8^s$ впереди звѣзднаго времени; въ каждый часъ они уходятъ на $0{,}028^s$ впередъ; слѣдовательно, въ моментъ наблюденія они были впереди на $1^m\ 13{,}98^s$, и планета кульминировала на самомъ дѣлѣ въ $10^h\ 43^m\ 6{,}32^s$ звѣзднаго времени; это и будетъ ея искомымъ прямымъ восхожденіемъ.

Не трудно видѣть, что при опредѣленіи по этому способу прямыхъ восхожденій важную роль играетъ достоинство часовъ, т.-е. равномѣрный, постоянный ходъ ихъ. Это условіе тѣмъ болѣе необходимо, что всякая ошибка въ принятой поправкѣ часовъ, будучи переведена въ дуговыя единицы, увеличивается въ 15 разъ, такъ что, напримѣръ, ошибка въ 1^s влечетъ за собой ошибку въ прямомъ восхожденіи въ $15''$, или въ $^1/_4{}'$. Поэтому и въ настоящее время, несмотря на значительныя преимущества современныхъ часовъ, ста-

раются опредѣлять ихъ поправку и прямыя восхожденія неизвѣстныхъ звѣздъ приблизительно одновременно.

Въ наше время полуденная труба пріобрѣла еще бо́льшее значеніе благодаря примѣненію ея къ опредѣленію географическихъ широтъ и т. п., что было предложено еще ея изобрѣтателемъ, О. Рёмеромъ, въ началѣ XVIII столѣтія, но во всеобщее употребленіе вошло только благодаря Бесселю. Въ самомъ дѣлѣ, если установить этотъ инструментъ такимъ образомъ, чтобы ось его лежала въ плоскости меридіана, а труба двигалась въ первомъ вертикалѣ, т.-е. въ плоскости круга высотъ, проходящаго черезъ точки востока и запада, то можно наблюдать прохожденія черезъ этотъ кругъ тѣхъ звѣздъ, которыя для нашего полушарія кульминируютъ къ югу отъ зенита. Промежутокъ времени между прохожденіями одной и той же звѣзды черезъ восточную и западную части перваго вертикала будетъ, опять-таки для нашего полушарія, тѣмъ больше, чѣмъ ближе мѣсто наблюденія къ сѣверному полюсу, и обратно; слѣдовательно, по величинѣ этого промежутка можно судить о высотѣ полюса въ мѣстѣ наблюденія.

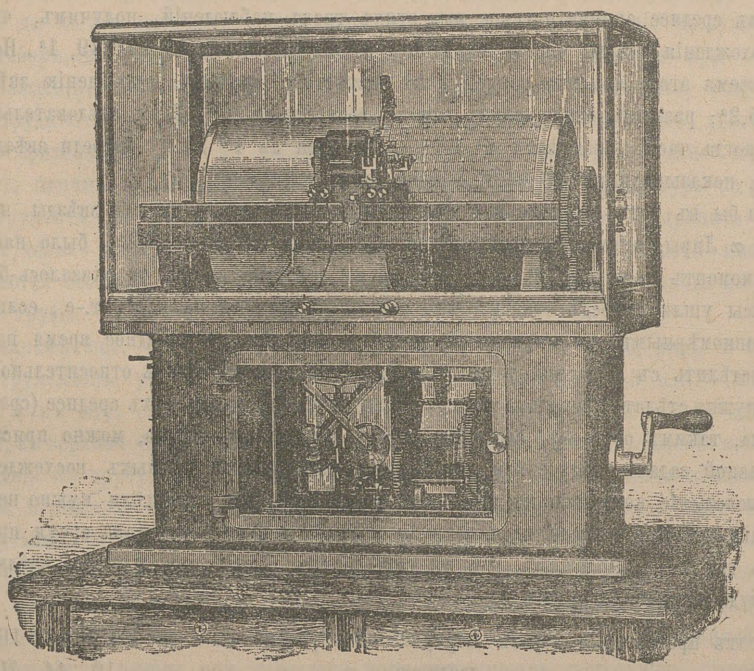


Рис. 295.

То же самое можно сказать и о склоненіи звѣздъ. Промежутокъ времени между прохожденіями звѣзды черезъ восточную и западную части перваго вертикала будетъ тѣмъ короче, чѣмъ ближе къ зениту кульминируетъ звѣзда. Но кульминаціонная высота, какъ извѣстно, связана весьма простымъ соотношеніемъ со склоненіемъ свѣтила (введеніе, § 18); поэтому если извѣстна высота полюса, то по величинѣ вышеназваннаго промежутка можно судить о склоненіи звѣзды. Не имѣя возможности подробно разсматривать здѣсь эти соотношенія, замѣтимъ только, что указанный способъ особенно выгоденъ въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно опредѣлить только разность склоненій двухъ звѣздъ или измѣненіе склоненія звѣзды за извѣстный промежутокъ времени, а потому имъ особенно удобно пользоваться для изученія измѣненій склоненій звѣздъ, производимыхъ аберраціей или нутаціей (часть I, §§ 45, 56), и для опредѣленія значенія этихъ величинъ такъ же,

какъ и для изслѣдованія незначительныхъ періодическихъ колебаній земной оси, о которыхъ мы говорили въ своемъ мѣстѣ (часть III, § 26).

* Чтобы точнѣе опредѣлить моментъ прохожденія звѣзды черезъ любую вертикальную нить, натянутую въ фокусѣ трубы пассажнаго инструмента, обыкновенно пользуются такъ называемымъ хронографомъ. Хронографы бываютъ различныхъ системъ. Одинъ изъ хронографовъ изображенъ на рис. 295. Въ этомъ хронографѣ цилиндръ, обернутый разграфленной бумагой, приводится въ равномѣрное вращательное движеніе, и въ такомъ случаѣ перо, вслѣдствіе особаго его передвиженія относительно цилиндра, вычерчиваетъ на цилиндрѣ винтообразную линію. Если же въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ нить наблюдатель подастъ сигналъ, то на этой линіи получится зубецъ. Благодаря тому, что бумага на цилиндрѣ разграфлена, и цилиндръ вращается равномѣрно, можно точно опредѣлять моментъ, соотвѣтствующій этому зубцу. *

§ 27. **Меридіанный кругъ.** Описаніе полуденной трубы мы начали съ замѣчанія, что этому инструменту долгое время не удѣляли того вниманія, какого онъ заслуживаетъ, потому что имъ можно было опредѣлять только прямыя восхожденія звѣздъ. Хотя еще О. Рёмеръ предлагалъ усовершенствовать этотъ инструментъ такимъ образомъ, чтобы можно было одновременно опредѣлять и склоненія звѣздъ, а именно, онъ предлагалъ связать полуденную трубу съ весьма точно раздѣленнымъ кругомъ, плоскость котораго совпадала бы съ плоскостью меридіана, но осуществленіе этой простой мысли съ надлежащей точностью сопряжено съ такими большими трудностями, что только въ истекшемъ столѣтіи нѣмецкимъ мастерамъ удалось преодолѣть ихъ.

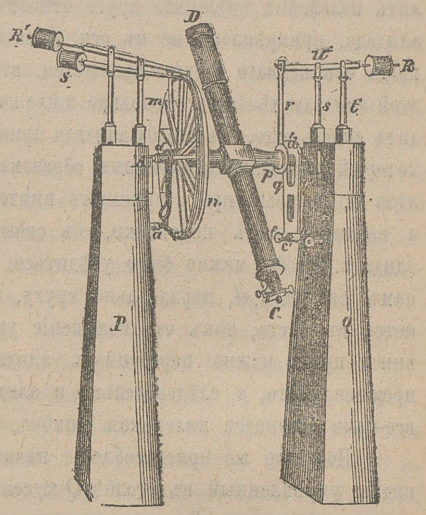


Рис. 296.

Въ самомъ дѣлѣ, представимъ себѣ, что къ столбу полуденной трубы (рис. 292, стр. 827) вмѣсто грубо раздѣленнаго круга, котораго совершенно достаточно для того, чтобы отыскать звѣзду, прикрѣпленъ мелко раздѣленный большой кругъ, съ помощью котораго можно съ величайшей точностью опредѣлить высоту свѣтила въ то время, когда оно проходитъ чрезъ меридіанъ; тогда, если извѣстна высота экватора въ мѣстѣ наблюденія (т.-е. дополненіе высоты полюса или географической широты до 90°), можно сейчасъ же найти склоненіе свѣтила, такъ какъ извѣстно, что если изъ кульминаціонной высоты звѣзды вычесть высоту экватора, то получимъ склоненіе ея (введ., § 18).

Такимъ образомъ явился меридіанный кругъ, изображенный на рис. 296 въ главныхъ чертахъ, въ томъ видѣ, въ какомъ, по свидѣтельству Бесселя, онъ былъ впервые построенъ въ Германіи Рейхенбахомъ.

Здѣсь, какъ и въ полуденной трубѣ, можно замѣтить опирающуюся на два столба P и Q горизонтальную ось вращенія AB, посредине которой укрѣплена перпендикулярная къ ней зрительная труба CD. Оба конца A и B оси вращенія покоятся въ лагерахъ, связанныхъ со столбами при помощи двухъ металлическихъ частей, каждая изъ которыхъ состоитъ изъ двухъ толстыхъ металлическихъ пластинокъ. Первыя, ближайшія къ столбамъ, пластинки прикрѣплены къ нимъ; вторыя, на которыхъ, собственно, и находятся лагеры, поддерживающіе цилиндрическіе концы оси вращенія, можно посредствомъ винтовъ перемѣщать относительно первыхъ пластинокъ, а именно, одну можно двигать вверхъ и внизъ, чтобы съ помощью уровня установить горизонтально ось вращенія, другая же дви-

жется взадъ и впередъ въ плоскости горизонта, чтобы можно было ось вращенія установить перпендикулярно къ меридіану, или трубу CD привести въ плоскость меридіана.

На одномъ изъ концовъ оси вращенія находятся два концентрическихъ перпендикулярныхъ къ ней круга mn. Окружности этихъ лежащихъ въ параллельныхъ плоскостяхъ круговъ такъ близки, что почти касаются другъ друга. На лимбъ бо́льшаго изъ нихъ, или внѣшняго, наложена полоска серебра, раздѣленная на градусы и минуты; онъ неподвижно связанъ съ осью вращенія, такъ что, когда вращается эта ось, вращается вмѣстѣ съ трубою и кругъ. Меньшій или внутренній кругъ, называемый также алидадой, въ четырехъ мѣстахъ лимба снабженъ верньерами, попарно противоположными другъ другу (въ новѣйшее время верньеры замѣняются особыми микроскопами), служащими, какъ увидимъ ниже, для того, чтобы минуты на другомъ кругѣ можно было раздѣлить на болѣе мелкія части, такъ что въ большихъ инструментахъ этого рода можно непосредственно отсчитывать секунды и оцѣнивать дроби секунды. До болѣе подробнаго знакомства съ верньерами, вмѣсто нихъ можно пользоваться просто тонкими прямыми линіями, начерченными на ободкѣ внутренняго круга въ направленіи радіуса, и при помощи этихъ черточекъ можно опредѣлить положеніе внѣшняго круга относительно неподвижнаго внутренняго. Второй кругъ, или алидада, прикрѣпленъ не къ оси вращенія AB, какъ первый, а къ столбу P, и потому, когда ось перваго круга вращается, второй остается неподвижнымъ. Отверстіе въ центрѣ этой алидады дѣлается нѣсколько шире конца A оси вращенія, такъ что ось свободно проходитъ сквозь него. Къ столбу алидада прикрѣпляется прочнымъ металлическимъ скрѣпомъ ad, который устроенъ слѣдующимъ образомъ: въ столбъ плотно вдѣланъ толстый кусокъ желѣза a, который при c крѣпкимъ винтомъ соединяется съ толстой латунной пластинкой d, а верхняя часть пластинки, въ свою очередь, неподвижно прикрѣпляется винтами къ алидадѣ. Чтобы можно было убѣдиться, что положеніе алидады не измѣнилось, къ спицамъ ея надъ d, параллельно кругу, прикрѣпляется уровень. Если алидада слегка сдвинется съ мѣста, такъ что положеніе уровня измѣнится, то съ помощью вышеупомянутаго винта при c можно передвинуть алидаду такъ, чтоы пузырекъ уровня возвратился на прежнее мѣсто, а слѣдовательно и алидада приняла первоначальное положеніе; если же все-таки останется маленькая ошибка, то ее принимаютъ во вниманіе при вычисленіяхъ.

Подобное же приспособленіе находится и на другомъ концѣ B оси вращенія. Здѣсь видны укрѣпленный въ столбѣ Q кусокъ желѣза a' и толстая латунная втулка b'. Верхняя часть этой втулки d' окружаетъ ось вращенія такъ, что послѣдняя безпрепятственно проходитъ сквозь нѣсколько болѣе широкое отверстіе втулки. Внутри втулки по направленію $c'd'$ проходитъ металлическій стержень, вверху оканчивающійся петлей, а внизу маленькимъ кружкомъ съ зубцами по краямъ (онъ виденъ при h), съ помощью котораго можно очень удобно вращать стержень. Если отпустить винтъ h, то верхній конецъ стержня d' опустится, и ось вращенія станетъ свободной, такъ что ее можно будетъ повернуть вмѣстѣ съ зрительной трубой и прикрѣпленнымъ къ ней внѣшнимъ кругомъ и приблизительно наставить трубу на желаемую звѣзду такъ, чтобы звѣзда, по крайней мѣрѣ, появилась въ полѣ зрѣнія трубы. При появленіи звѣзды нужно слегка передвигать зрительную трубу вмѣстѣ съ внѣшнимъ кругомъ до тѣхъ поръ, пока горизонтальная нить, помѣщенная въ фокусѣ трубы, не будетъ проходить какъ-разъ черезъ звѣзду. Чтобы сдѣлать это достаточно точно, сначала ввинчиваютъ стержень при помощи вертикальнаго винта h до тѣхъ поръ, пока верхняя часть его d' не упрется въ ось вращенія, такъ что послѣдняя, вмѣстѣ съ кругомъ и трубою, окажется закрѣпленной. Тогда при помощи другого, горизонтальнаго винта fc' съ мелкой нарѣзкой, зубчатыя головки котораго находятся при f и при a', можно слегка поворачивать пластинку $c'd'$, а слѣдовательно и связанную съ нею ось вращенія до тѣхъ поръ, пока звѣзда не скроется за горизонтальной нитью трубы. Затѣмъ

отсчитываютъ положеніе четырехъ микроскоповъ алидады относительно внѣшняго круга и, взявъ среднее изъ этихъ отсчетовъ, получаютъ искомую высоту наблюдаемой звѣзды.

При описаніи меридіаннаго круга мы, для краткости и простоты, опустили описаніе многихъ мелкихъ приспособленій, служащихъ для того, чтобы увеличить точность и удобство наблюденій. Въ дополненіе къ предыдущему, достаточно будетъ сдѣлать здѣсь слѣдующія два замѣчанія. Во-первыхъ, ось вращенія во всю свою длину такъ же, какъ и столбъ по направленію этой оси пробуравлены, чтобы можно было лампой, находящейся по другую сторону столба, освѣтить внутренность трубы и, такимъ образомъ, сдѣлать тонкія нити, помѣщенныя въ ея фокусѣ, видимыми во время ночныхъ наблюденій. Но объ этомъ приспособленіи мы уже говорили при описаніи полуденной трубы, а потому не видимъ надобности еще разъ повторять все сказанное. Во-вторыхъ, недостаточно того, чтобы инструментъ вышелъ изъ рукъ мастера по возможности совершеннымъ; нужно, чтобы онъ долгое время могъ оставаться въ такомъ состояніи, чтобы онъ не могъ слишкомъ скоро испортиться и сдѣлаться негоднымъ къ употребленію. Поэтому прежде всего нужно позаботиться о томъ, чтобы цилиндрическіе концы A и B оси вращенія не стирались отъ употребленія, вслѣдствіе большого вѣса инструмента, такъ какъ благодаря этому ихъ первоначальная форма можетъ измѣниться, и труба не будетъ уже двигаться въ плоскости меридіана, но будетъ уклоняться отъ него то въ ту, то въ другую сторону, смотря по тому, какая часть истершихся цапфъ (цилиндровъ, находящихся на концахъ оси) будетъ прикасаться къ подставкамъ. Чтобы избѣжать этого, концы оси дѣлаютъ изъ стали, а лагеры, въ которыхъ онѣ лежатъ, изъ колокольной мѣди, такъ какъ опытъ показалъ, что въ этомъ случаѣ прикасающіяся другъ къ другу части стираются гораздо меньше, чѣмъ если онѣ сдѣланы изъ одного матеріала. Для этой же цѣли служитъ металлическій стержень r, находящійся на концѣ B оси вращенія. Нижній конецъ стержня оканчивается кольцомъ, отверстіе котораго значительно больше толщины оси въ этомъ мѣстѣ. На внутреннемъ краѣ этого кольца, въ нижней части его, при p и при q, помѣщаются два маленькихъ блока, которые могутъ вращаться вокругъ своихъ осей; верхнія части ихъ слегка выступаютъ надъ внутренней поверхностью кольца. Въ верхней части этого вертикальнаго стержня r находится отверстіе, въ которое входитъ одинъ изъ концовъ горизонтальнаго стержня u, а на другомъ концѣ послѣдняго помѣщается подвижная гиря R, налитая свинцомъ. Этотъ стержень поддерживается штифтикомъ u, проходящимъ черезъ колонку s, укрѣпленную на столбѣ Q. Такимъ образомъ, оба стержня r и u образуютъ рычагъ, точкой опоры котораго служитъ штифтикъ u; сила, къ нему приложенная, есть вѣсъ гири R; грузомъ является тяжесть обращенной къ нему половины инструмента. Не трудно видѣть, что, придвигая грузъ R къ точкѣ опоры u или отодвигая отъ нея, можно добиться того, что рычагъ придетъ въ положеніе, близкое къ положенію равновѣсія, такъ что давленіе инструмента на лагеръ при B будетъ равно только незначительной части прежняго, и онъ только-что не будетъ висѣть въ воздухѣ. Такое же приспособленіе устроено и на другомъ концѣ оси вращенія A, такъ что при надлежащемъ положеніи обоихъ противовѣсовъ R и R' ось эта будетъ вращаться на четырехъ роликахъ своихъ рычаговъ, какъ на колесахъ, и инструментъ будетъ давить на цилиндрическіе концы ея не всей своей тяжестью, а лишь незначительной частью своего вѣса. Такой же противовѣсъ находится при S; онъ уравновѣшиваетъ тяжесть находящагося съ этой стороны круга. Но инструментъ этотъ, какъ мы скоро покажемъ, иногда приходится перекладывать, такъ что кругъ оказывается то справа, то слѣва, и потому на каждомъ столбѣ находится по два приспособленія, изъ которыхъ одно назначается для того, чтобы уравновѣсить ось, а другое—оба круга.

§ 28. **Опредѣленіе ошибки индекса меридіаннаго круга.** Такъ какъ этотъ инструментъ предназначается для опредѣленія не только прямыхъ восхожденій, но и склоненій свѣтилъ въ моментъ прохожденія ихъ черезъ меридіанъ, то при повѣркѣ его, во-

первыхъ, нужно выполнить всѣ тѣ правила, которыя были уже нами указаны выше для полуденной трубы (§ 25), и которыя, поэтому, нѣтъ нужды здѣсь повторять. Тѣ же изъ добавочныхъ ошибокъ меридіаннаго круга, которыя являются слѣдствіемъ не вполнѣ концентрическаго расположенія алидады и лимба, неточностей въ нанесеніи дѣленій и т. д., при современномъ совершенствѣ этого инструмента настолько незначительны, что ихъ нужно принимать во вниманіе только при самыхъ точныхъ наблюденіяхъ, а потому мы здѣсь о нихъ также говорить не будемъ. О главнѣйшей изъ поправокъ этого рода, зависящей отъ того, что алидада можетъ смѣститься относительно лимба, мы уже упоминали выше, а потому мы можемъ здѣсь ограничиться только описаніемъ способовъ опредѣленія ошибки индекса круга.

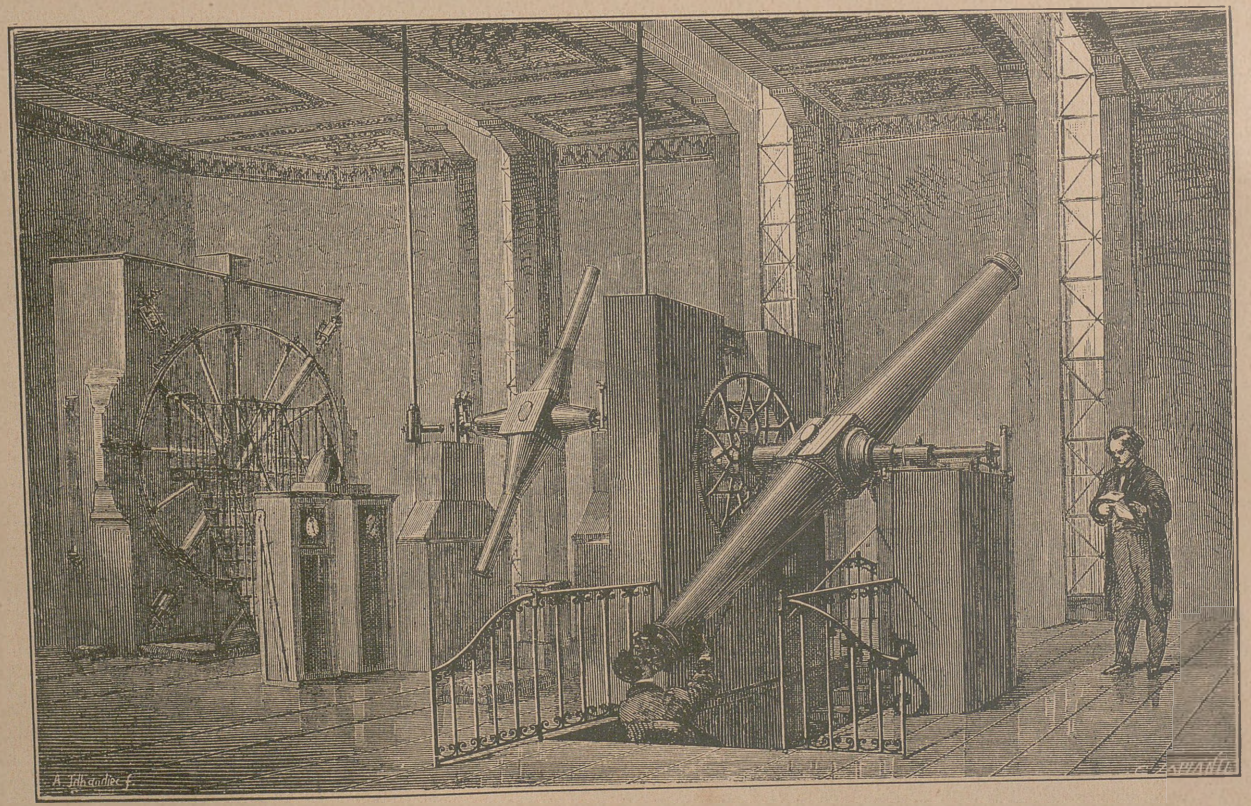
Если бы точка нуля на кругѣ была поставлена мастеромъ какъ-разъ въ той точкѣ окружности, которая соотвѣтствуетъ горизонту, когда кругъ установленъ между столбами, т.-е. если бы діаметръ его, проходящій черезъ точки 0° и 180°, лежалъ въ горизонтѣ, а слѣдовательно діаметръ, проходящій черезъ 90° и 270°, былъ бы перпендикуляренъ къ горизонту, то достаточно было бы навести горизонтальную нить зрительной трубы на проходящую черезъ меридіанъ звѣзду и отсчитать верньеры круга, чтобы тотчасъ же получить искомую высоту звѣзды въ меридіанѣ. Но мастеръ этого сдѣлать не можетъ; точку нуля нужно выбрать произвольно, и затѣмъ уже самому наблюдателю предоставляется опредѣлить, насколько она ошибочна. Эту ошибку называютъ обыкновенно ошибкой индекса инструмента, такъ что, напримѣръ, если истинная горизонтальная точка круга упадетъ не на 0°, а на $0^\circ\,20'\,30''$, то ошибка индекса его будетъ равна этой дугѣ, а потому отъ каждой высоты, измѣренной инструментомъ, нужно отнять эту постоянную ошибку, чтобы получить истинную высоту.

Простѣйшимъ средствомъ для опредѣленія ошибки индекса являются упомянутые въ § 10 искусственные горизонты, т.-е. строго горизонтальныя зеркальныя поверхности. Лучше всего пригодны для этого сосуды, наполненные ртутью, отражательная поверхность которой по своей природѣ горизонтальна.

Въ самомъ дѣлѣ, если сначала непосредственно пронаблюдать свѣтило въ моментъ его кульминаціи, обыкновеннымъ способомъ наводя на него трубу, а затѣмъ пронаблюдать его въ зеркальной поверхности ртутнаго горизонта, направивъ трубу на отраженіе свѣтила въ этой поверхности, то труба пройдетъ по раздѣленному лимбу круга дугу, равную удвоенной высотѣ свѣтила надъ горизонтомъ наблюдателя. Середина этой дуги будетъ искомой точкой нуля на кругѣ, такъ какъ, по извѣстному закону оптики, въ плоскихъ зеркалахъ изображеніе предмета лежитъ на такомъ же разстояніи за отражающей поверхностью (въ данномъ случаѣ подъ горизонтомъ), на какомъ самый предметъ находится передъ этой поверхностью (въ данномъ случаѣ надъ горизонтомъ). Поэтому если мы найдемъ, что непосредственно измѣренная высота звѣзды равна 102°, а отраженная 48°, то истинная высота ея будетъ равна полуразности этихъ чиселъ, т.-е. 27°, а ошибка индекса—полусуммѣ ихъ, или 75°, такъ что отъ каждой непосредственно измѣренной этимъ инструментомъ высоты нужно отнять 75°, чтобы получить истинную высоту свѣтила.

Еще проще, однако, можно найти точку надира, заставляя совпасть изображеніе сѣтки нитей, находящейся въ зрительной трубѣ меридіаннаго круга, отраженное въ ртутномъ горизонтѣ, помѣщенномъ подъ трубою, съ непосредственно видимой сѣткой. Отсчетъ, сдѣланный въ этомъ положеніи инструмента, очевидно, будетъ соотвѣтствовать точкѣ надира, которую, такимъ образомъ, можно опредѣлить безъ помощи звѣздъ.

Ошибку индекса можно опредѣлить и не прибѣгая къ помощи ртутнаго горизонта, если два раза непосредственно пронаблюдать звѣзду при различныхъ положеніяхъ круга. Положимъ, что въ первомъ положеніи инструмента, когда кругъ mn (рис. 296) былъ обращенъ, напримѣръ, къ востоку или къ восточному столбу P, на кругѣ получился отсчетъ $40^\circ 13' 10''$.



Большой меридіанный залъ Парижской обсерваторіи.

Вынувъ инструментъ изъ лагеровъ A и B, устанавливаютъ его въ обратномъ положеніи такъ, чтобы кругъ mn пришелся около западнаго столба Q, и снова наводятъ нить зрительной трубы на ту же звѣзду; положимъ, что полученный отсчетъ будетъ $44^0\,32'\,20''$. Не трудно видѣть, что между этими двумя наблюденіями зрительная труба повернулась на дугу, равную удвоенному зенитному разстоянію свѣтила, а слѣдовательно среднее изъ этихъ чиселъ, $42^0\,22'\,45''$, дастъ намъ истинное зенитное разстояніе звѣзды, а полуразность ихъ $2^0\,9'\,35''$—ошибку индекса. При всѣхъ наблюденіяхъ, сдѣланныхъ, когда кругъ обращенъ къ востоку, эту ошибку нужно прибавлять къ полученному отсчету, а когда кругъ обращенъ къ западу, вычитать, чтобы получить истинное зенитное разстояніе свѣтила.

Такъ какъ при обоихъ наблюденіяхъ звѣзда должна занимать одно и то же мѣсто на небѣ, т.-е. должна находиться въ меридіанѣ, и такъ какъ каждая звѣзда, вслѣдствіе суточнаго движенія небеснаго свода находится въ меридіанѣ только въ теченіе одного мгновенія, то наблюденія эти приходится производить въ два различные дня въ моментъ прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ. Но если достаточно быстро переложить инструментъ такъ, чтобы звѣзда при обоихъ положеніяхъ круга были видна въ зрительную трубу (для этого нужно избрать медленно движущуюся полярную звѣзду), то можно сдѣлать оба наблюденія въ одинъ день и даже въ нѣсколько минутъ. Правда, въ этомъ случаѣ звѣзда оба раза наблюдается не въ меридіанѣ, а внѣ его, такъ что и высоты ея будутъ различны, но такъ какъ вблизи меридіана высота близкихъ къ полюсу звѣздъ мѣняется очень медленно, то это измѣненіе высоты въ промежуткѣ между двумя наблюденіями можно легко и скоро вычислить и принять во вниманіе при выводѣ результата.

Однако, вмѣсто точки зенита предпочитаютъ опредѣлять точку полюса на кругѣ, т.-е. ту точку, которая соотвѣтствуетъ полюсу небеснаго экватора, чтобы можно было относить наблюденія звѣздъ непосредственно къ этой точкѣ и получать такимъ образомъ сразу ихъ полярное разстояніе (введ., § 9); эту точку на кругѣ проще всего можно найти, наблюдая околополярныя звѣзды въ обѣихъ кульминаціяхъ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть h и h' будутъ отсчеты, соотвѣтствующіе верхней и нижней кульминаціи; тогда отсчетъ круга, соотвѣтствующій точкѣ полюса, или точка полюса на инструментѣ будетъ равна полусуммѣ этихъ отсчетовъ, т.-е. $^1/_2\,(h + h')$, причемъ величины h и h' должны быть исправлены за рефракцію.

Впрочемъ, если мы знаемъ на кругѣ точку горизонта (выше мы указывали, какъ опредѣлить ее), то будемъ знать и точку полюса, такъ какъ разстояніе этихъ точекъ другъ отъ друга равно соотвѣтствующей высотѣ полюса.

§ 29. **Историческія замѣчанія о меридіанномъ кругѣ.** Несмотря на очевидныя и всѣми съ самаго начала признанныя преимущества предложенныхъ Рёмеромъ полныхъ круговъ передъ квадрантами, почти до начала XIX столѣтія наблюденія зенитныхъ разстояній звѣздъ производились преимущественно стѣнными квадрантами и подобными имъ инструментами, снабженными секторами, охватывающими только незначительную часть окружности, потому что мастера, какъ было уже упомянуто, долгое время не умѣли приготовлять полныхъ круговъ съ той точностью, которая нужна была наблюдателямъ.

Первые совершенные полные круги значительныхъ размѣровъ были приготовлены Рамсденомъ; однако, сначала они были примѣнены къ инструментамъ, которые могутъ быть установлены не только въ меридіанѣ, но и въ любомъ вертикалѣ, и которые служатъ для измѣренія не только высотъ, но и азимутовъ. Мы возвратимся къ этимъ инструментамъ впослѣдствіи (§ 30), а пока ограничимся замѣчаніемъ, что они временно совершенно вытѣснили постоянные меридіанные инструменты благодаря тому, что къ нимъ раньше были примѣнены полные круги, и въ свое время сослужили большую службу. Такъ, напримѣръ, Піацци всѣ наблюденія для своей знаменитой Storia celeste производилъ съ рамсденовскимъ полнымъ кругомъ.

Въ 1812 г. Траутонъ окончилъ первый такъ называемый стѣнной кругъ (mural circle), который былъ установленъ въ гринвичской обсерваторіи; по образцу его было впослѣдствіи построено много инструментовъ въ Англіи и Франціи, и въ исторіи наблюдательной астрономіи онъ сдѣлалъ эпоху. Этотъ установленный въ меридіанѣ кругъ, какъ и стѣнные квадранты, обратной стороной прилегалъ къ толстому кирпичному столбу, къ которому прикрѣплялись верньеры или микроскопы, служившіе для отсчетовъ на кругѣ. Хотя такой кругъ отличается необычайно прочной установкой, но его нельзя переворачивать, между тѣмъ какъ меридіанные круги переворачиваются очень легко, что представляетъ значительныя удобства для опредѣленія многихъ поправокъ этихъ инструментовъ, которыя для англійскихъ стѣнныхъ круговъ старались опредѣлить при помощи искусственнаго горизонта и коллиматоровъ. Кромѣ того, прикрѣпленный къ стѣнѣ кругъ могъ испытывать натяженія и т. под. Впослѣдствіи въ Англіи также вошли въ употребленіе меридіанные круги, но имъ придали нѣсколько измѣненную форму, изображенную на рис. 297. Здѣсь

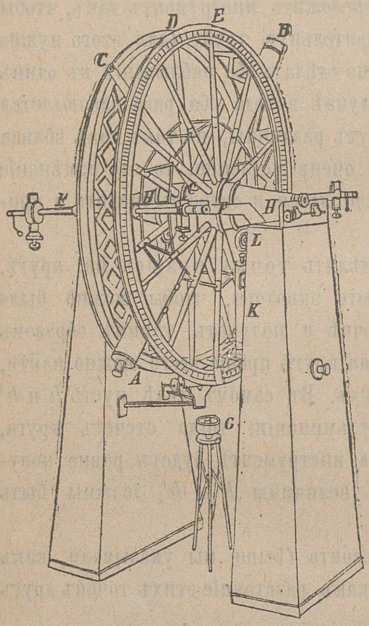
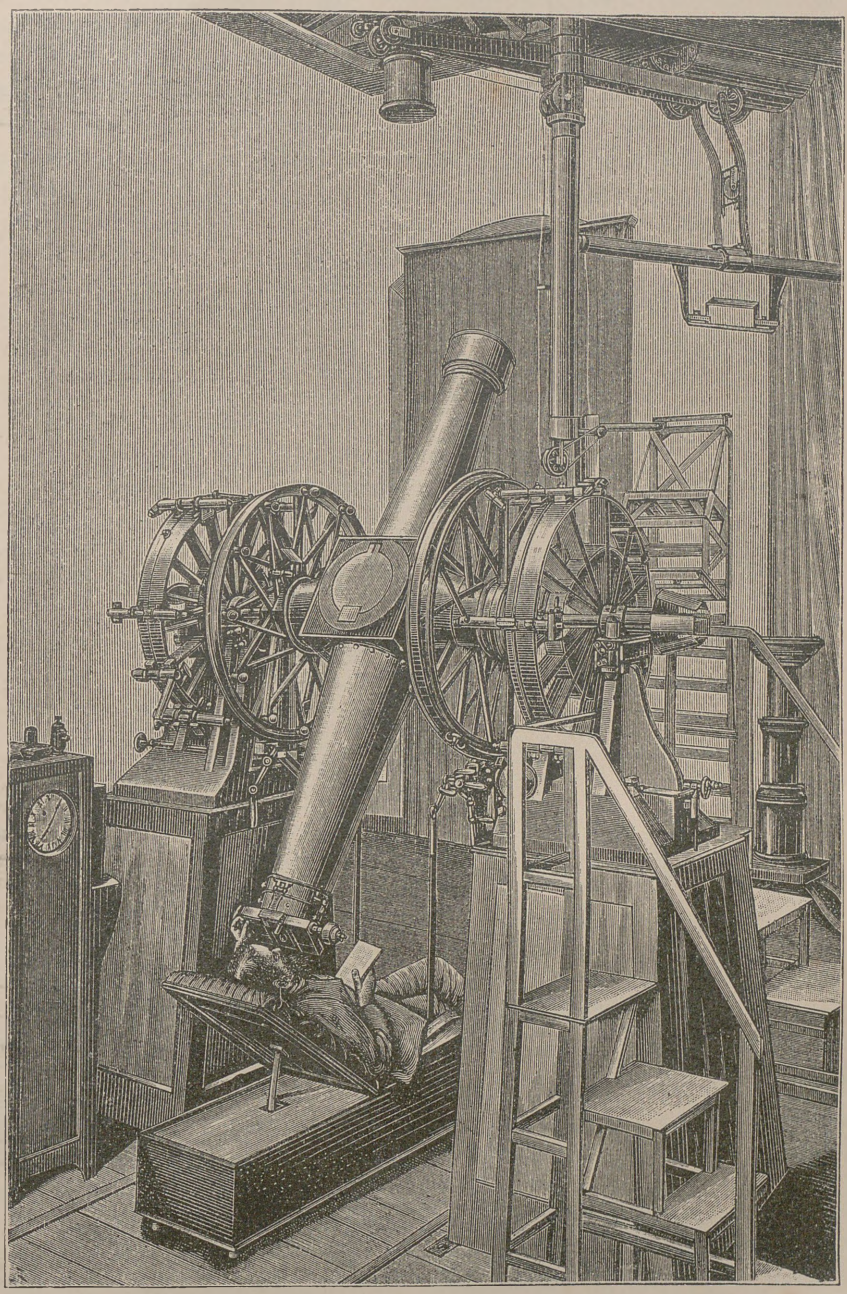


Рис 297.

зрительная труба AB укрѣпляется между двумя параллельными, соединенными между собою кругами D и E. На каждый изъ этихъ круговъ нанесены дѣленія; круги, вмѣстѣ съ зрительной трубой, вращаются вокругъ горизонтальной оси HH. Уголъ поворота отсчитывается при помощи четырехъ микроскоповъ FF, прикрѣпленныхъ къ обоимъ каменнымъ столбамъ, на которыхъ покоится весь инструментъ. Къ серединѣ оси HH прикрѣпляется перпендикулярная къ зрительной трубѣ трубка CC; въ ней находится отвѣсъ, грузъ котораго, при горизонтальномъ положеніи зрительной трубы, погружается въ наполненный водою сосудъ G, что уменьшаетъ его колебанія отъ движенія воздуха и т. п. Уменьшеніе тренія достигается при помощи роликовъ L, лежащихъ на пружинныхъ подставкахъ, заключенныхъ въ прочныхъ футлярахъ K и прикрѣпленныхъ къ столбамъ; этимъ ослабляется давленіе оси HH на лагеры. Но какъ эти инструменты, такъ и вышеупомянутые полные круги, несмотря на всѣ улучшенія, сдѣланныя въ нихъ съ теченіемъ времени, не могли получить широкаго распространенія съ тѣхъ поръ, пока не сдѣлались извѣстными рейхенбаховскіе круги.

Репсольдъ, а затѣмъ Писторъ и Мартинсъ, не измѣняя существенно конструкціи рейхенбаховскихъ меридіанныхъ круговъ, ввели въ нихъ многочисленныя усовершенствованія, имѣвшія главною цѣлью сдѣлать инструментъ по возможности симметричнымъ во всѣхъ его частяхъ, чтобы всѣ измѣненія, сами собой происходящія въ инструментѣ подъ вліяніемъ колебаній температуры и т. д., по возможности равномѣрно дѣйствовали на всѣ его части, и чтобы происходящія отъ этого возмущенія по возможности компенсировались. Для этого на концѣ оси B (рис. 296) былъ помѣщенъ кругъ, совершенно равный тому, который находится на концѣ A; у большинства инструментовъ этого рода онъ отличается отъ послѣдняго лишь тѣмъ, что, для уменьшенія стоимости, бываетъ раздѣленъ только грубо; имъ пользуются для установки, чтобы сберечь точно раздѣленный кругъ. Такъ какъ, благодаря этому, вѣсъ обоихъ концовъ оси совершенно одинаковъ, то инструментъ гораздо легче уравновѣсить, потому что съ каждой стороны необходимо устроить только по одному противовѣсу, притомъ одинаковаго вѣса, что зна-



Меридіанный кругъ обсерваторіи въ Безансонѣ.

чительно облегчаетъ перекладку инструмента, уменьшая тяжесть противовѣсовъ, которая въ большихъ инструментахъ бываетъ очень значительна. Эти и другія, менѣе важныя измѣненія можно видѣть на приложенномъ рис. 298, изображающемъ меридіанный кругъ, построенный Пистоломъ и Мартинсомъ для обсерваторіи Сантъ-Яго-де-Чили. Замѣтимъ только, что тележка A служитъ для перекладки инструмента, и что грузы C, C' представляютъ также родъ противовѣсовъ, уменьшающихъ вѣсъ инструмента, когда онъ, вынутый при помощи рукоятки D изъ лагеровъ, опирается на вилки EE', и облегчаютъ поднятіе или опусканіе этихъ вилокъ. Само собой разумѣется, что прежде, чѣмъ перекладывать инструментъ, т.-е. прежде, чѣмъ вдвинуть подъ него тележку A, нужно отцѣпить уровень.

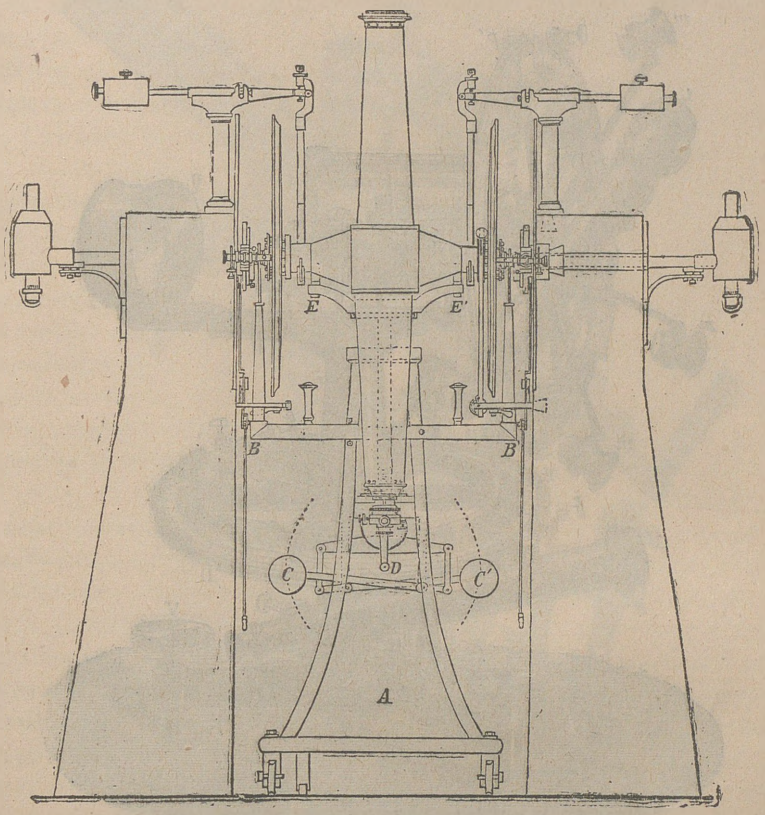


Рис. 298.

Въ наше время, кромѣ того, въ меридіанныхъ кругахъ дѣлаютъ еще одно болѣе существенное измѣненіе, представленное на прилагаемой при семъ таблицѣ. Это измѣненіе было когда-то сдѣлано Репсольдомъ для страсбургскаго меридіаннаго круга. Идея, лежащая въ его основѣ, слѣдующая.

Въ прежнихъ меридіанныхъ кругахъ часть круга закрывалась каменнымъ столбомъ, масса котораго очень значительна, а потому лучеиспусканіе ея было совсѣмъ другое, чѣмъ остальной части круга; вслѣдствіе этого, конечно, температура различныхъ частей круга была неодинакова, и это причиняло натяженіе круга. Чтобы избѣжать этого, ось заставляютъ опираться не на каменные столбы, а на толстыя желѣзныя дуги, къ которымъ, концентрично съ кругами, прикрѣпляются круги съ микроскопами, такъ что противъ раздѣленныхъ круговъ стоятъ не сплошныя каменныя массы, а сквозныя металлическія, которыя также быстро воспринимаютъ измѣненія температуры, какъ и сами круги.

Это преобразованіе было предложено Винлокомъ, который въ концѣ шестидесятыхъ годовъ заказалъ Траутону и Симсу меридіанный кругъ такой конструкціи для обсерваторіи Гарвардскаго Колледжа въ Кэмбриджѣ (Соед. Штаты). Скоро по образцу этого инструмента были построены меридіанные круги для обсерваторіи въ Кэмбриджѣ (Англія) и Полѣ. Въ этихъ меридіанныхъ кругахъ (если мы не ошибаемся, и въ страсбургскомъ) каждый изъ раздѣленныхъ круговъ, вмѣстѣ съ кругами, къ которымъ прикрѣплены микроскопы, окруженъ, кромѣ того, стекляннымъ ящикомъ, изъ котораго выступаютъ только окуляры микроскоповъ, чтобы защитить круги отъ всякихъ движеній воздуха и отъ нагрѣванія, производимаго наблюдателемъ во время отсчетовъ, словомъ, отъ всего, что могло бы вызвать натяженіе и т. под.

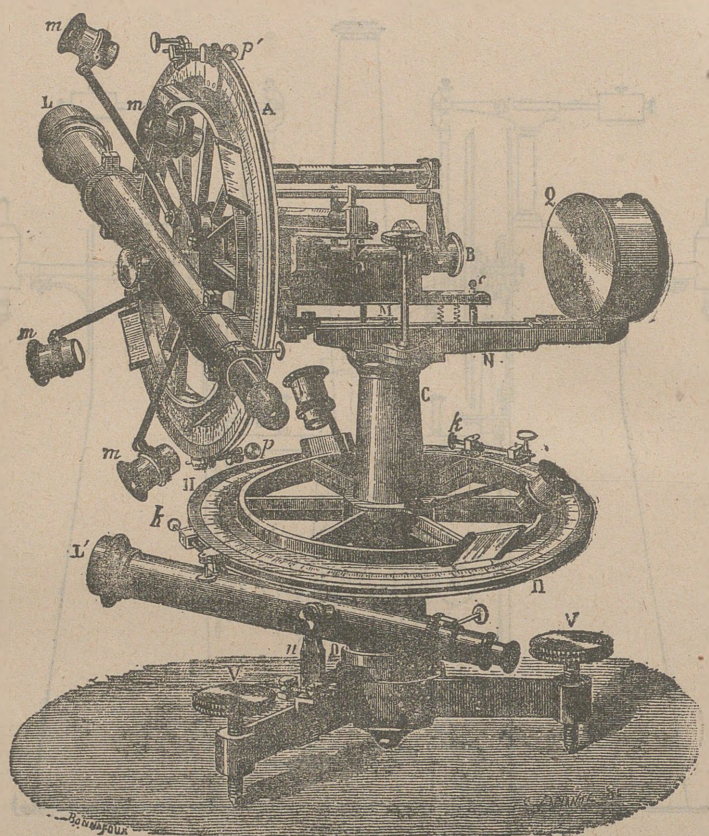


Рис. 299.

§ 30. **Универсальный инструментъ.** Изъ предыдущаго видно, что меридіанные круги, какъ показываетъ и самое ихъ названіе, предназначаются исключительно для наблюденій въ плоскости меридіана. Между тѣмъ, нерѣдко приходится наблюдать также и внѣ меридіана, и тогда этими инструментами пользоваться нельзя. Пробѣлъ этотъ пополняется двумя другими инструментами: универсальнымъ инструментомъ и экваторіаломъ; первымъ изъ нихъ наблюдаютъ преимущественно геодезисты, вторымъ исключительно астрономы. Послѣдній мы подробно разсмотримъ ниже (§§ 33—37); о первомъ же скажемъ здѣсь только нѣсколько словъ, чтобы дать понятіе о немъ.

Универсальнымъ инструментомъ называется инструментъ, снабженный мелко-раздѣленнымъ горизонтальнымъ кругомъ и таковымъ же кругомъ высотъ; имъ можно, слѣдовательно, наблюдать одновременно и азимутъ, и высоту свѣтила.

Общій видъ этого инструмента и расположеніе отдѣльныхъ частей его легко можно видѣть изъ рис. 299.

Первые инструменты этого рода уже въ концѣ XVIII столѣтія изготовлялись англійскими мастерами подъ именемъ «Reversible Circle» или «Altazimuth» и отличались такимъ совершенствомъ, что во многихъ обсерваторіяхъ ими пользовались вмѣсто стѣнныхъ квадрантовъ; ихъ и теперь еще употребляютъ въ Англіи для нѣкоторыхъ наблюденій. На рис. 300 изображенъ такой альтазимутъ небольшихъ размѣровъ работы Траутона и Симса; этотъ рисунокъ особыхъ поясненій не требуетъ.

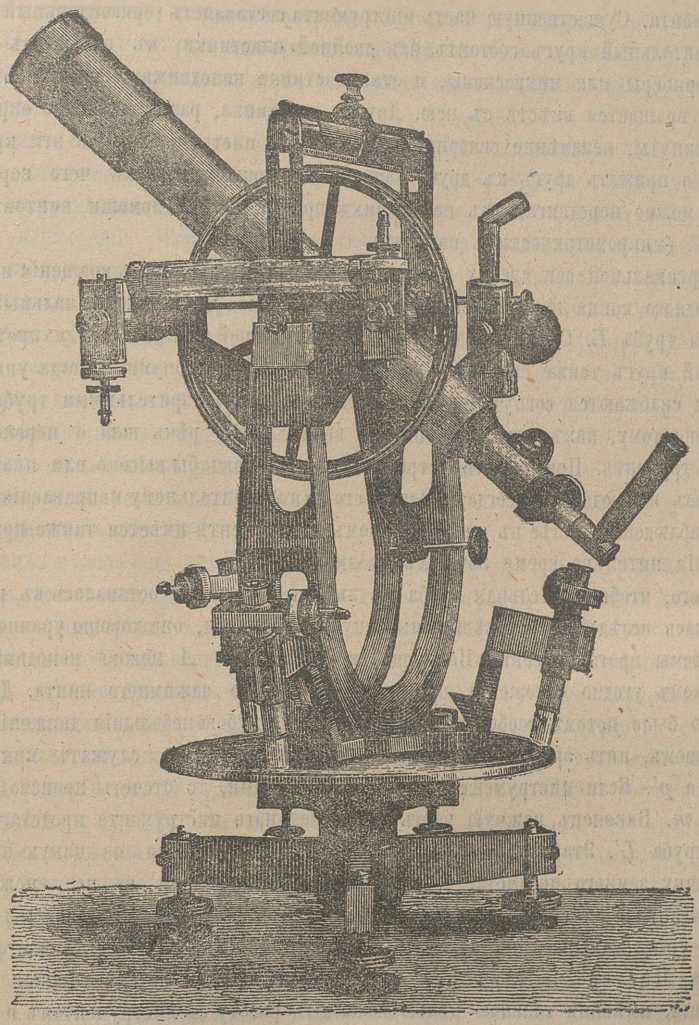


Рис. 300.

Въ Германіи впервые такого рода инструменты были построены Рейхенбахомъ, который далъ имъ названіе универсальныхъ инструментовъ, впослѣдствіи сокращенное въ универсалъ—названіе не совсѣмъ удачное, такъ какъ хотя съ этими инструментами можно производить и очень многія, но все же не всѣ необходимыя для астрономовъ наблюденія.

Переходя къ общему описанію универсальнаго инструмента, замѣтимъ прежде всего, что каждая изъ трехъ ножекъ подставки (рис. 299) на концѣ расщепляется, и въ рас-

щелины входятъ подъемные винты V; сближая расщепленныя половинки при помощи особыхъ боковыхъ винтовъ, можно сжать подъемные винты и такимъ образомъ неподвижно установить ихъ въ требуемомъ положеніи. Подъемные винты снизу оканчиваются коническими стальными остріями, входящими въ такія же коническія углубленія толстыхъ металлическихъ пластинокъ, на рисункѣ не изображенныхъ; каждая изъ этихъ пластинокъ съ нижней стороны снабжена тремя короткими стальными коническими остріями, съ помощью которыхъ она неподвижно опирается на столъ, поддерживающій весь инструментъ.

Въ поломъ цилиндрѣ CD свободно движется вертикальная ось вращенія универсальнаго инструмента. Существенную часть инструмента составляетъ горизонтальный кругъ HH. Этотъ горизонтальный кругъ состоитъ изъ двойной пластинки; къ одной изъ нихъ прикрѣплены верньеры или микроскопы, и эта пластинка неподвижно связана съ осью инструмента и вращается вмѣстѣ съ нею. Другая пластинка, раздѣленная по окружности на градусы и минуты, неизмѣнно связана съ подставкой инструмента. Обѣ эти круглыя пластинки можно прижать другъ къ другу зажимнымъ винтомъ, послѣ чего верньеры или микроскопы можно передвигать въ небольшихъ предѣлахъ при помощи винтовъ k съ мелкой нарѣзкой (микрометрическихъ винтовъ).

Къ вертикальной оси сверху прикрѣплена горизонтальная ось вращенія инструмента, къ оси съ одного конца прикрѣплены перпендикулярные къ ней вертикальный кругъ A и зрительная труба L. Съ другой стороны горизонтальной оси находится противовѣсъ Q. Вертикальный кругъ также снабженъ ноніусами или микроскопами. Иногда универсальные инструменты снабжаются согнутыми подъ прямымъ угломъ зрительными трубами, совершенно подобно тому, какъ это было описано выше, когда рѣчь шла о переносномъ пассажномъ инструментѣ. При такомъ устройствѣ трубы, какъ бы высоко или низко ни стояло свѣтило, глазъ наблюдателя всегда увидитъ его по горизонтальному направленію, что весьма удобно для наблюденій. Далѣе въ универсальномъ инструментѣ имѣется также приспособленіе для освѣщенія нитей во время ночныхъ наблюденій.

Для того, чтобы зрительная труба въ любомъ положеніи оставалась въ равновѣсіи и не наклонялась вслѣдствіе перевѣшиванья окулярной части, она хорошо уравновѣшена при помощи системы противовѣсовъ. Наконецъ, кругъ высотъ A можно неподвижно установить въ какомъ угодно положеніи при помощи особаго зажимного винта. Для того же, чтобы можно было потомъ сообщить оси вмѣстѣ съ трубою небольшія движенія и навести, такимъ образомъ, нить зрительной трубы какъ-разъ на звѣзду, служатъ микрометренные винты p или p'. Если инструментъ снабженъ ноніусами, то отсчеты производятся при помощи лупъ m. Наконецъ, важную часть универсальнаго инструмента представляетъ повѣрительная труба L'. Эта труба во время наблюденія наводится на какую-нибудь неподвижную точку земного предмета, и, смотря время-отъ-времени въ нее, можно судить о томъ, не измѣнилъ ли своего положенія инструментъ во время производства наблюденій.

И въ универсальные инструменты послѣ Рейхенбаха нѣмецкіе мастера Эртель, Репсольдъ, Писторъ и Мартинсъ, Брейтгауптъ и др. внесли важныя улучшенія и преобразованія, имѣвшія главною цѣлью облегчить работу съ инструментомъ и повѣрку его.

§ 31. **Повѣрка универсальнаго инструмента.** Прежде всего нужно позаботиться о томъ, чтобы одна ось инструмента была горизонтальна, а другая вертикальна. Посмотримъ, какъ можно выполнить эти требованія.

Сначала устанавливаютъ вертикальную ось вращенія перпендикулярно къ горизонту; для этого пользуются уровнемъ, ножки котораго ставятся на цилиндрическіе концы горизонтальной оси. Этотъ уровень виденъ на рис. 299, одна его ножка упирается въ горизонтальную ось въ B. При этомъ горизонтальную ось устанавливаютъ такъ, чтобы она была параллельна линіи, проходящей черезъ два винта VV, и затѣмъ, переворачивая нѣсколько разъ кругъ HH на 180^0, ввинчиваютъ или вывинчиваютъ одинъ изъ упомя-

нутыхъ винтовъ и продолжаютъ эту операцію до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ инструмента середина пузырька будетъ стоять на одномъ и томъ же дѣленіи. Пусть, напримѣръ, въ первомъ положеніи инструмента середина пузырька стоитъ на дѣленіи 12, а при второмъ—на 20; тогда передвигаютъ одинъ изъ винтовъ такъ, чтобы середина пузырька остановилась на дѣленіи 16, т.-е. на среднемъ изъ двухъ отсчетовъ. Когда это сдѣлано, горизонтальной оси придаютъ направленіе, перпендикулярное къ первоначальному, послѣ чего, дѣйствуя исключительно третьимъ подъемнымъ винтомъ, снова устанавливаютъ середину пузырька на дѣленіи 16. Тогда при всякомъ положеніи оси уровень будетъ показывать одно и то же дѣленіе; слѣдовательно, ось CD (рис. 299) будетъ вполнѣ вертикальна, а кругъ HH, который мастеръ вытачиваетъ вмѣстѣ съ осью на токарномъ станкѣ такъ, чтобы они были перпендикулярны другъ къ другу, строго горизонталенъ, и первое условіе будетъ выполнено.

Но можетъ случиться, что другая ось инструмента составляетъ съ осью CD нѣкоторый уголъ, отличный отъ прямого, такъ что эта ось не будетъ горизонтальна, и тогда останется невыполненнымъ второе условіе, необходимое для того, чтобы инструментъ былъ годенъ для наблюденій. Чтобы удовлетворить и этому требованію, оставляя въ покоѣ кругъ HH, ставятъ уровень на концы горизонтальной оси сначала въ одномъ, потомъ въ другомъ положеніи, противоположномъ первому, такъ, чтобы одна и та же ножка уровня сначала была повернута къ противовѣсу Q, потомъ къ трубѣ L. Если пузырекъ въ этихъ двухъ положеніяхъ не стоитъ на одномъ и томъ же дѣленіи, то при помощи особыхъ назначенныхъ для этого винтовъ мѣняютъ уголъ между двумя осями инструмента и устанавливаютъ пузырекъ посрединѣ между замѣченными дѣленіями; этотъ пріемъ повторяютъ до тѣхъ поръ, пока въ обоихъ положеніяхъ показаніе уровня не будетъ одно и то же, т.-е. пока горизонтальная ось не сдѣлается параллельной кругу HH, а кругъ A не приметъ положенія, перпендикулярнаго къ горизонту.

Наконецъ, нужно еще установить оптическую ось зрительной трубы параллельно кругу A или, собственно говоря, установить главную вертикальную нить такъ, чтобы она пересѣкалась съ оптической осью, параллельной плоскости круга. Для этого сначала, медленно передвигая трубу по вертикальному направленію, заставляютъ скользить нить вдоль какого-нибудь земного предмета съ рѣзкими очертаніями и помощью спеціально для этого предназначеннаго винта до тѣхъ поръ поворачиваютъ нить (вокругъ ея середины), пока не окажется, что при передвиженіи трубы положеніе нити относительно нѣкоторой опредѣленной точки предмета будетъ оставаться неизмѣннымъ. Тогда горизонтальную ось вмѣстѣ съ трубою и кругомъ высотъ вынимаютъ изъ лагеровъ и, перевернувъ ее такъ, чтобы правый конецъ оси оказался налѣво и наоборотъ, снова вкладываютъ въ лагеры. Затѣмъ трубу снова наводятъ на земной предметъ, и если нить отклонится отъ него, то половину ошибки исправляютъ при помощи особаго винта, который передвигаетъ сѣтку нитей въ горизонтальномъ направленіи.

Когда все это сдѣлано, остается опредѣлить только ошибки индексовъ круговъ.

Ошибку индекса круга высотъ находятъ такъ же, какъ и для меридіаннаго круга (§ 28), т.-е. наводятъ горизонтальную нить на какой-нибудь земной предметъ, затѣмъ поворачиваютъ весь инструментъ на 180° и снова визируютъ на тотъ же предметъ. Полуразность полученныхъ отсчетовъ дастъ зенитное разстояніе или высоту предмета, смотря по тому, въ какомъ порядкѣ идутъ дѣленія на кругѣ, а полусумма—ошибку индекса на кругѣ.

Если при помощи горизонтальнаго круга хотятъ измѣрять только горизонтальные углы, то въ оріентировкѣ его не встрѣчается надобности, такъ какъ эти углы опредѣляются изъ разности двухъ отсчетовъ круга, и положеніе точки нуля не играетъ здѣсь никакой роли. Но если приходится опредѣлять азимутъ даннаго направленія, что очень важно для опредѣленія географическаго положенія мѣста, то необходимо знать ошибку

индекса также на горизонтальномъ кругѣ, т.-е. положеніе точки нуля этого круга относительно меридіана. Проще всего можно опредѣлить эту ошибку, приводя Полярную звѣзду, которая благодаря своему медленному движенію наиболѣе удобна для этой цѣли, на вертикальную нить и замѣчая соотвѣтствующее время. Для даннаго времени наблюденія можно опредѣлить азимутъ звѣзды, предполагая, что положеніе ея и высота полюса мѣста наблюденія извѣстны. Сравнивая этотъ азимутъ съ отсчетомъ круга, непосредственно получимъ ошибку индекса.

§ 32. **Теодолитъ. Вертикальный кругъ.** Изъ предыдущаго очевидно, что универсальный инструментъ, какъ и меридіанный кругъ, собственно, представляетъ собою сочетаніе двухъ инструментовъ, изъ которыхъ однимъ можно измѣрять горизонтальные углы, а другимъ—высоты или зенитныя разстоянія. Въ томъ случаѣ, если инструментъ предназначается исключительно для геодезическихъ цѣлей, т.-е. для измѣренія угловъ въ горизонтѣ, мелко раздѣленный кругъ высотъ можно замѣнить просто кругомъ для установки, и тогда конструкція той части, которая предназначается для измѣренія высотъ, значительно упрощается, благодаря чему и весь инструментъ становится менѣе сложнымъ и дешевле стоитъ. Такой инструментъ, предназначающійся спеціально для измѣренія горизонтальныхъ угловъ, называютъ обыкновенно теодолитомъ.

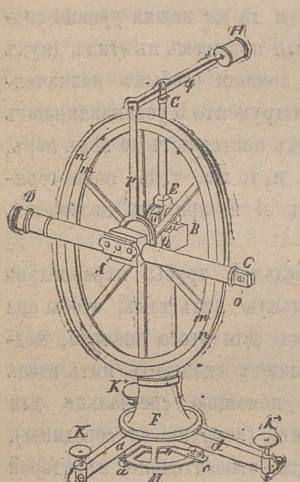


Рис. 301.

Съ другой стороны, можетъ понадобиться—именно, при астрономическихъ изысканіяхъ — наблюдать исключительно высоты свѣтилъ. Въ этомъ случаѣ, наоборотъ, не нуженъ точно раздѣленный кругъ азимутовъ, и потому его можно отбросить со всѣми относящимся къ нему приспособленіями; такимъ образомъ, получается такъ называемый вертикальный кругъ, изображенный на прилагаемомъ рис. 301.

Мы не будемъ говорить о повѣркахъ теодолита и вертикальнаго круга, такъ какъ все, относящееся къ этому вопросу, было уже сказано при описаніи универсальнаго инструмента, и желающимъ остается только обратиться къ § 31. О вертикальномъ кругѣ скажемъ только, что въ томъ случаѣ, когда онъ не снабженъ согнутой трубой, очень затруднительно или даже совершенно невозможно наблюдать звѣзды, находящіяся близко къ зениту, потому что тогда зрительная труба принимаетъ вертикальное направленіе FQ (рис. 301). Поэтому въ окулярѣ устраивается то же приспособленіе, о которомъ говорилось при описаніи ломаной трубы (§ 24), а именно, внутри окуляра при C помѣщается маленькое плоское зеркало, плоскость котораго составляетъ съ оптической осью CD трубы уголъ въ 45^0, такъ что трубка окуляра O должны быть установлена перпендикулярно къ этой оси CD, чтобы лучи, идущіе отъ свѣтила по направленію CD, могли попасть въ глазъ наблюдателя (см. также рис. 300). Такимъ образомъ, окуляру придается положеніе, весьма удобное для наблюденій. Далѣе, чтобы давленіе круга и зрительной трубы на ось AB (рис. 301) не было одностороннимъ, а также чтобы уменьшить треніе этой оси объ ея втулку, на другомъ концѣ оси, при B, находится противовѣсъ, наполненный свинцомъ, и такой же противовѣсъ помѣщается при H; устройство этого послѣдняго такое же, какъ и устройство противовѣсовъ у меридіаннаго круга. Наконецъ, посерединѣ трубы продѣлано снабженное заслонкой отверстіе A, черезъ которое свѣтъ лампы можетъ проникнуть во внутренность трубы, а отсюда, отразившись отъ маленькаго зеркала, попасть въ окуляръ и освѣтить нити.

Замѣтимъ еще, что теодолиту, повидимому, слѣдуетъ приписать англійское происхожденіе, такъ какъ подобные ему инструменты уже въ XVI столѣтіи описывались въ

англійскихъ геометрическихъ сочиненіяхъ. Названіе его истолковываютъ различно. По Моргану, названіе это образовалось изъ испорченнаго арабскаго слова al' idâda (подвижной діоптръ, при помощи котораго отсчитывались дѣленія на кругѣ), которое сначала было преобразовано въ alydeday, потомъ въ athelida, затѣмъ перешло въ athelidated circle и, наконецъ, въ theodolidet circle. Но вмѣсто всей этой этимологической эквилибристики гораздо естественнѣе предположить, слѣдуя Вейганду, что названіе это образовалось просто отъ присоединенія къ вышеупомянутому слову alidada или alidade англійскаго члена the.

§ 33. **Экваторіалъ**. Если вертикальный кругъ, описанный въ предыдущемъ параграфѣ (рис. 301), установить такимъ образомъ, чтобы вертикальная или перпендикулярная къ плоскости горизонта ось вращенія EF приняла положеніе, перпендикулярное къ плоскости экватора, т.-е. составляла съ горизонтомъ уголъ, равный высотѣ полюса, и чтобы она, кромѣ того, лежала въ плоскости меридіана, т.-е. была параллельна оси міра, то мы будемъ имѣть передъ собою инструментъ, называемый экваторіаломъ. Такой экваторіалъ изображенъ на рис. 302; онъ снабженъ штативомъ, очень удобнымъ для трубы среднихъ размѣровъ (діаметръ отверстія отъ 10 до 20 сантиметровъ или отъ 4 до 8 дюймовъ); штативъ сдѣланъ Плёсслемъ; конструкція, въ общихъ чертахъ, принадлежитъ Рейхенбаху, но Плёссль ввелъ въ нее много важныхъ измѣненій, изъ которыхъ мы упомянемъ только объ одномъ, состоящемъ въ томъ, что инструментъ имѣетъ не 5 точекъ опоры, какъ у Рейхенбаха, а только 3, что гораздо цѣлесообразнѣе.

Такимъ образомъ, экваторіалъ существенно отличается отъ вертикальнаго круга только положеніемъ главной оси. У вертикальнаго круга эта ось направлена къ зениту, а у экваторіала къ полюсу экватора, т.-е. въ первомъ случаѣ она перпендикулярна къ плоскости горизонта, а во второмъ—параллельна оси міра; слѣдовательно, въ первомъ инструментѣ перпендикулярный къ этой оси кругъ M (рис. 301) представляетъ собою горизонтъ, между тѣмъ какъ въ экваторіалѣ кругъ AA' (рис. 302) параллеленъ плоскости экватора; наконецъ, въ первомъ случаѣ вертикальный кругъ mn лежитъ постоянно въ плоскости круга высотъ, а во второмъ—кругъ BB', который можно вращать вокругъ параллельной ему оси EF, постоянно совпадаетъ съ плоскостью круга склоненій. Поэтому какъ для вертикальнаго круга можно было по кругу M отсчитывать азимуты, а по кругу mn зенитныя разстоянія звѣздъ, такъ при помощи экваторіала можно по кругу AA', перпендикулярному къ оси вращенія EF, опредѣлять часовые углы, а по параллельному этой оси кругу BB'—полярныя разстоянія свѣтилъ.

Вообразимъ себѣ вертикальный столбъ P, укрѣпленный на столѣ или на полу; на верхній конецъ его опирается цилиндрическій стержень EF, параллельный оси міра и вращающійся вокругъ собственной оси. На нижній конецъ E этого стержня надѣтъ перпендикулярный къ нему и неподвижно связанный съ нимъ кругъ AA'; верхній оканчивается также перпендикулярной къ нему трубкой FG, которая служитъ обоймицей для оси другого круга BB', лежащаго въ плоскости, параллельной оси EF. У G ось выступаетъ изъ обоймицы, а противоположный конецъ ея соединенъ съ трубой CD такимъ образомъ, что труба можетъ вращаться около этой оси и, вращаясь, ведетъ за собою и кругъ BB'; поворачивая же весь инструментъ вокругъ оси EF, мы заставимъ вращаться и кругъ AA'. Къ неподвижнымъ частямъ инструмента, напримѣръ, къ обоймицѣ FG или карнизу An въ точкахъ m, m', n и т. д. прикрѣпляются алидады обоихъ круговъ съ верньерами, служащими для отсчетовъ на этихъ кругахъ. Отъ алидады mm' идетъ металлическая полоса, снабженная зажимнымъ винтомъ B, при помощи котораго можно кругъ соединить съ алидадой и такимъ образомъ закрѣпить. Закрѣпленному кругу BB', а вмѣстѣ съ нимъ и трубѣ можно сообщать небольшія передвиженія при помощи микрометреннаго винта b (§ 27). Кругъ AA' также снабженъ двумя верньерами, одинъ изъ нихъ, какъ сказано

уже, находится при n, другой занимаетъ діаметрально противоположное положеніе, и на рисункѣ его не видно. По всему краю круга AA' сдѣлана полувинтовая нарѣзка; ее можно привести въ соприкосновеніе съ такъ называемымъ безконечнымъ винтомъ, головка котораго видна на рисункѣ при a, если отпустить пружину, нажимающую на этотъ винтъ.

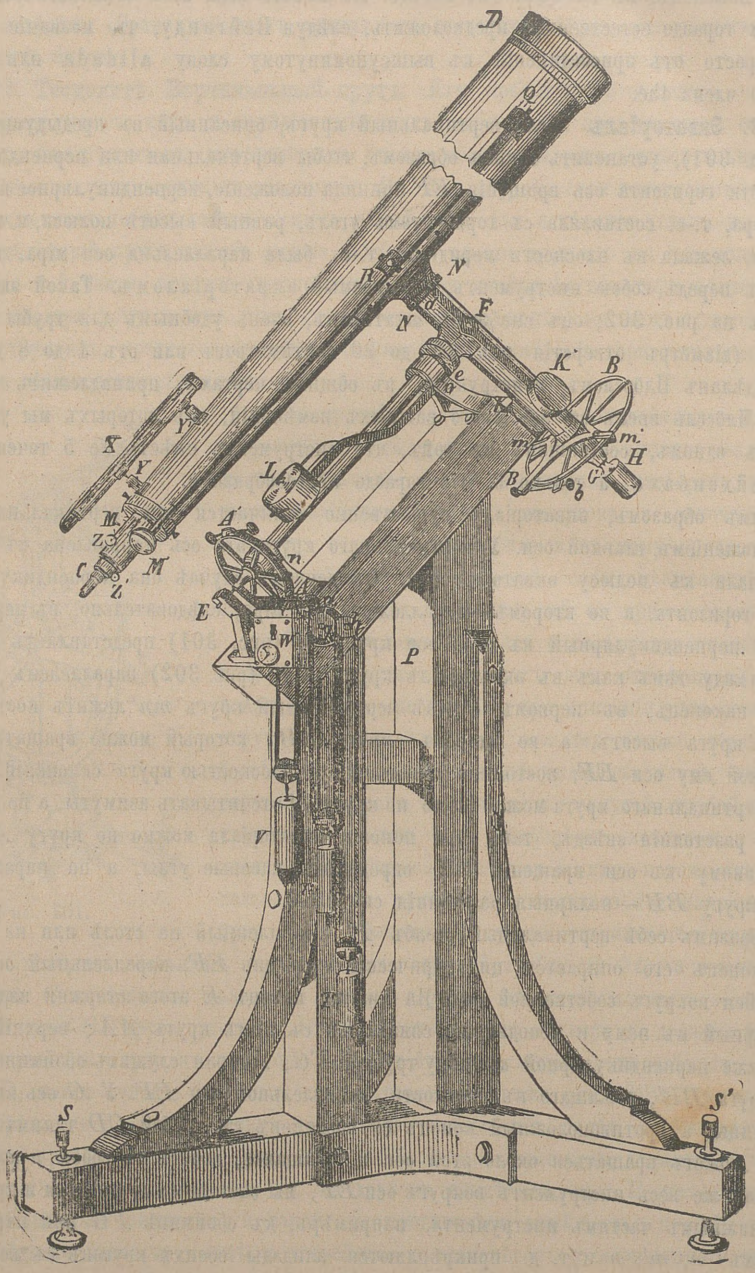


Рис. 302.

Винтъ соединенъ съ подставкой, и потому когда кругъ AA' приведенъ съ нимъ въ соприкосновеніе, онъ закрѣпленъ и можетъ вращаться только при помощи винта, но не только въ небольшихъ предѣлахъ, какъ кругъ BB', а по всей окружности. Если нужно быстро повернуть инструментъ вокругъ оси EF, то откидываютъ пружину, разобщаютъ

безконечный винтъ съ кругомъ AA', и тогда этотъ послѣдній можетъ свободно передвигаться. Противовѣсы H, K, K', L служатъ для того, чтобы по возможности уменьшить давленіе на оси и ихъ обоймицы и равномѣрнѣе распредѣлить его; такъ, напримѣръ, грузы K и K' укрѣплены на концахъ прямолинейныхъ рычаговъ, точки опоры которыхъ видны при F; на другомъ концѣ этихъ рычаговъ находится вѣнчикъ NN'; послѣдній въ нѣсколькихъ мѣстахъ снабженъ валиками, которые захватываютъ находящуюся въ трубкѣ FG ось, что уменьшаетъ ея треніе объ эту трубку. Подобнымъ же образомъ грузъ L, дѣйствуя на ломаный рычагъ LOe, точка опоры котораго находится въ O, удерживаетъ при помощи валиковъ e ось EF на нѣкоторомъ разстояніи отъ ея обоймицы. Чтобы предотвратить гнутіе объективной части телескопа CD, устраиваютъ вдоль всей трубы рычаги MQ съ точкой опоры R, которые при помощи грузовъ M и M' приподнимаютъ верхнюю часть трубы.

Такъ называемый искатель X, всегда имѣющійся при телескопахъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, служитъ для того, чтобы легче было установить большую трубу на желаемый объектъ; для этой цѣли вспомогательными винтами S и S' искатель устанавливается параллельно большой трубѣ, такъ что, если какой-нибудь объектъ находится въ центрѣ поля зрѣнія маленькой трубы, то онъ будетъ виденъ въ то же время въ центрѣ поля зрѣнія большого телескопа. Винтъ a можно вращать не только просто рукой, но также при помощи часового механизма W, благодаря чему труба можетъ слѣдить за свѣтиломъ въ его суточномъ движеніи, и если звѣзда введена въ поле зрѣнія телескопа, то она будетъ оставаться въ немъ до тѣхъ поръ, пока она будетъ находиться надъ горизонтомъ мѣста наблюденія. Ниже (§ 35) мы подробнѣе остановимся на устройствѣ часового механизма.

§ 34. **Вывѣрка экваторіала.** Выше было упомянуто, что экваторіалъ даетъ непосредственно часовой уголъ и полярное разстояніе наблюдаемаго свѣтила, если только всѣ его части тщательно вывѣрены и приведены въ надлежащій порядокъ. При этой вывѣркѣ слѣдуетъ обращать вниманіе, главнымъ образомъ, на слѣдующее.

1. Ось вращенія (рис. 302) инструмента EF должна лежать въ плоскости меридіана.

2. Она должна быть наклонена къ горизонту подъ угломъ, равнымъ высотѣ полюса мѣста наблюденія.

3. Алидады m и n обоихъ круговъ должны быть установлены такимъ образомъ, чтобы верньеръ первой стоялъ какъ-разъ на нулѣ тогда, когда телескопъ направленъ на полюсъ экватора; верньеръ же второй алидады долженъ стоять на нулѣ тогда, когда кругъ BB' или связанная съ нимъ труба CD лежитъ въ плоскости меридіана.

4. Кругъ BB' долженъ быть параллеленъ оси вращенія EF.

5. Оптическая ось трубы CD должна быть параллельна кругу BB.

Послѣднія два требованія всегда выполнены, если инструментъ изготовленъ хоть сколько-нибудь добросовѣстнымъ мастеромъ; поэтому здѣсь не нужно прибѣгать къ особымъ поверкамъ или установкамъ, что потребовало бы много труда и времени.

Для того, чтобы установить ось EF какъ-разъ въ плоскости меридіана и наклонить ее къ горизонту настолько, насколько нужно, то-есть, чтобы выполнить требованія 1 и 2, лучше всего выполнить сначала часть требованія 3, а именно найти ошибку индекса круга склоненія и уничтожить ее. Для этого пользуются слѣдующимъ пріемомъ. Во время верхней кульминаціи звѣзды, когда высота ея мѣняется очень медленно, на нее быстро наводятъ инструментъ въ двухъ различныхъ положеніяхъ: одинъ разъ такъ, чтобы кругъ склоненій BB' находился къ востоку (труба CD, слѣдовательно, къ западу) отъ оси EF; при другомъ положеніи этотъ кругъ долженъ лежать къ западу (а труба къ востоку), причемъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ кругъ склоненій отсчитывается по одному и тому же верньеру. Положимъ, напримѣръ, что для полярнаго разстоянія звѣзды получились такіе отсчеты: $86^0\ 30'\ 15''$ и $86^0\ 19'\ 45''$, тогда при помощи особаго винта передвигаютъ

верньеръ по его алидадѣ настолько, чтобы онъ указывалъ дѣленіе среднее между этими отсчетами, то-есть, 86° 25′ 0″; второй же верньеръ устанавливаютъ такъ, чтобы его показанія отличались отъ показаній перваго ровно на 180°. Такимъ образомъ, ошибка точки нуля будетъ уничтожена.

Положимъ теперь, что кругъ склоненій снова поставленъ на полярное разстояніе звѣзды, находящейся какъ-разъ въ меридіанѣ; тогда при вращеніи трубы около оси EF звѣзда должна проходить черезъ центръ поля зрѣнія, если только эта ось наклонена къ горизонту подъ угломъ, равнымъ высотѣ полюса. Если же звѣзда не проходитъ черезъ средину поля зрѣнія, то при помощи винта S можно поднять или опустить конецъ E оси EF настолько, чтобы такое прохожденіе имѣло мѣсто, и тогда второе изъ предъявленныхъ выше условій будетъ выполнено.

Теперь намъ остается еще установить ось EF въ плоскости меридіана. Для этой цѣли при помощи уровня устанавливаютъ ось FG горизонтально, то-есть приводятъ ее въ такое положеніе, при которомъ труба, вращаясь около этой оси, должна все время оставаться въ плоскости меридіана. Затѣмъ кругъ склоненій телескопа ставятъ на полярное разстояніе какой-нибудь извѣстной, лучше всего полярной звѣзды за нѣсколько минутъ до ея кульминаціи, и при помощи особаго приспособленія передвигаютъ къ востоку или къ западу конецъ E или F оси вращенія EF до тѣхъ поръ, пока выбранная звѣзда въ моментъ ея кульминаціи не будетъ проходить черезъ нити, параллельныя кругу BB', т.-е., черезъ часовыя нити телескопа. Тогда ось вращенія EF будетъ лежать въ плоскости меридіана.

Если у инструмента нѣтъ вспомогательныхъ винтовъ, которыми можно было бы ось EF перемѣстить къ востоку или къ западу, то при установкѣ нужно весь штативъ вращать около ножки S. Но тогда наклонность оси EF къ горизонту опять будетъ, вообще говоря, невѣрна; поэтому описанную выше операцію надо повторить еще одинъ или даже нѣсколько разъ, если первоначальная установка инструмента было слишкомъ неточна.

Когда, наконецъ, ось EF приведена въ плоскость меридіана, то сразу можно опредѣлить ошибку индекса часового круга. Дѣйствительно, экваторіалъ даетъ намъ часовой уголъ; поэтому теперь, когда онъ стоитъ какъ-разъ въ меридіанѣ, одинъ изъ верньеровъ долженъ указывать $0^h\ 0^m\ 0^s$. Если же этого нѣтъ, и дѣленіе, указываемое верньеромъ, отличается отъ нулевого, то сдѣланный отсчетъ непосредственно даетъ намъ поправку индекса. Если, напримѣръ, верньеръ n даетъ отсчетъ $0^h\ 1^m\ 38^s$, то это значитъ, что ошибка индекса на часовомъ кругѣ равна $1^m\ 38^s$. Въ такомъ случаѣ для устраненія этой ошибки можно поступать двоякимъ образомъ. Во-первыхъ, можно особыми, назначенными для этой цѣли винтами, передвинуть верньеръ по его алидадѣ на $1^m\ 38^s$, и ошибка индекса будетъ такимъ образомъ уничтожена. Во-вторыхъ, не измѣняя положенія верньера, можно при каждомъ наблюденіи принимать эту ошибку во вниманіе, уменьшая каждый отсчетъ круга на указанную выше величину.

Точная установка оси FG въ горизонтальное положеніе нерѣдко представляетъ значительныя затрудненія. Поэтому можно пользоваться также слѣдующимъ пріемомъ. Кругъ склоненій ставятъ на полярное разстояніе какой-нибудь извѣстной звѣзды, находящейся ровно на 6^h (90°) къ востоку или къ западу отъ меридіана, и передвигаютъ затѣмъ ось EF назначенными для этого винтами, или вращаютъ весь штативъ около ножки S до тѣхъ поръ, пока звѣзда не будетъ находиться въ серединѣ поля зрѣнія. Какъ только это удастся, ось EF будетъ установлена въ плоскости меридіана. Послѣ этого остается опредѣлить ошибку индекса часового круга; но эта ошибка очень просто опредѣляется установкой трубы на какую-нибудь извѣстную звѣзду. Дѣйствительно, звѣздное время наблюденія безъ прямого восхожденія звѣзды равно часовому углу этой звѣзды; поэтому сравненіе вычисленнаго часового угла съ отсчетомъ на часовомъ кругѣ прямо даетъ искомую поправку индекса.

Когда, наконецъ, инструментъ установленъ только-что описаннымъ способомъ, то и въ этомъ случаѣ, совершенно такъ же, какъ и въ случаѣ меридіаннаго круга, можно устроить себѣ миры, которыя бы позволяли безъ особаго труда снова вывѣрить установку инструмента, если бы онъ былъ, напримѣръ, снятъ или сдвинутъ во время чистки или по какимъ-нибудь другимъ причинамъ. Для этой цѣли наводятъ телескопъ на два земные предмета, изъ которыхъ одинъ находится почти въ меридіанѣ, а другой имѣетъ часовой уголъ, равный почти 90^0, и замѣчаютъ соотвѣтствующія дѣленія, указываемыя верньеромъ круга склоненій. Если, далѣе, кругъ склоненій поставленъ на эти дѣленія, и оба предмета видны какъ-разъ въ центрѣ поля зрѣнія, то-есть на пересѣченіи нитей, то установка инструмента вѣрна.

Такія миры особенно полезны въ томъ случаѣ, когда, какъ это часто бываетъ у любителей астрономіи, инструментъ не все время остается на своемъ мѣстѣ, но выставляется на приготовленную для него платформу только на время наблюденій. Если на платформѣ устроены подставки для винтовъ S, S', S'', такъ что инструментъ каждый разъ можно поставить на одно и то же мѣсто, то при помощи упомянутыхъ выше миръ его установку можно вывѣрить въ нѣсколько минутъ. Для этого пользуются такимъ пріемомъ: ставятъ сначала верньеръ на дѣленіе, соотвѣтствующее предмету, лежащему въ меридіанѣ, и поднимаютъ или опускаютъ винтъ S до тѣхъ поръ, пока этотъ предметъ не появится на пересѣченіи нитей; затѣмъ верньеръ ставятъ на отсчетъ, соотвѣтствующій второму предмету, закрѣпляютъ алидаду и наводятъ телескопъ на этотъ второй предметъ. Если послѣдній не находится въ полѣ зрѣнія, то или при помощи особыхъ винтовъ, или вращая весь инструментъ около его штатива P, достигаютъ того, чтобы и второй предметъ былъ виденъ на пересѣченіи нитей.

Наконецъ, чтобы даже при невѣрной установкѣ экваторіала навести его на искомую звѣзду съ такой точностью, съ какой позволяютъ это сдѣлать дѣленія круговъ, лучше всего будетъ поступить такъ. Сначала вводится въ средину поля зрѣнія какая-нибудь уже извѣстная звѣзда, лежащая недалеко отъ искомой; затѣмъ, отсчитывая дѣленія, указываемыя верньерами m и n, и сравнивая эти отсчеты съ истинными полярнымъ разстояніемъ и часовымъ угломъ звѣзды, наблюдатель находитъ, на сколько слѣдуетъ измѣнить эти величины, чтобъ данная звѣзда появилась какъ-разъ на пересѣченіи нитей, и, принимая во вниманіе эти измѣненія, наводитъ инструментъ на искомую звѣзду.

§ 35. **Часовой механизмъ экваторіала.** Часовой механизмъ при экваторіалѣ употребляется для сообщенія трубѣ этого инструмента вращательнаго движенія вокругъ оси, параллельной оси міра, со скоростью видимаго суточнаго движенія небесныхъ свѣтилъ. Для этой цѣли проще всего вращать при помощи какого-нибудь механизма микрометрическій винтъ a (рис. 302), который служитъ для передвиженія часового круга AA'. Этого можно достигнуть, напримѣръ, при помощи двухъ гирь U и T, которыя дѣйствуютъ на два, захватывающія другъ друга, зубчатыя колеса h и g. Болѣе тяжелый грузъ U, разматывая шнуръ съ валика колеса g, зубцы котораго входятъ въ зубчатую же головку винта a, приводятъ это колесо, а слѣдовательно и винтъ a въ движеніе. Ясно, что дѣйствующей силой является собственно разность двухъ грузовъ T и U. Чтобы завести механизмъ, надо потянуть лѣвый шнуръ груза T; но, чтобы не приходилось заводить этого механизма слишкомъ часто, вмѣсто одной гири употребляются двѣ, соединенныя между собой, какъ показано на рис. 302, при посредствѣ колесъ g и h. Болѣе тяжелый грузъ, кромѣ того, служитъ для преодолѣнія тренія и жесткости шнуровъ и т. д. Однако, однѣ гири вращали бы винтъ a неравномѣрно, а между тѣмъ для экваторіала требуется равномѣрная скорость. Чтобы достигнуть равномѣрнаго движенія, къ задней сторонѣ колеса g прикрѣпляется другое зубчатое колесо, захватывающее нарѣзку горизонтально расположеннаго безконечнаго винта. Этотъ винтъ соединенъ съ

часами W и заставляетъ такимъ образомъ систему колесъ $ghTU$ двигаться именно съ такой скоростью, съ какой идутъ часы. Безконечный винтъ является, слѣдовательно, тормазомъ для упомянутой системы, а часы служатъ для нея регуляторомъ.

Самые часы, приводимые въ движеніе грузомъ U, отличаются отъ другихъ часовъ, главнымъ образомъ, своимъ регуляторомъ. Обыкновенные регуляторы никогда здѣсь не употребляются, потому что всѣ они дѣйствуютъ толчками и, слѣдовательно, толкали бы постоянно телескопъ, что мѣшало бы, конечно, наблюденіямъ. Поэтому нужно было изобрѣсть такой регуляторъ, который дѣйствовалъ бы непрерывно. Либхерръ въ Мюнхенѣ построилъ для этой цѣли центробѣжный маятникъ. Къ оси C одного изъ часовыхъ колесъ (рис. 303) прикрѣпленъ горизонтальный рычагъ AB, совершающій во время хода часовъ маховое движеніе; къ обоимъ концамъ этого рычага прикрѣплены чечевицеобразные грузы D, поддерживаемые стальными пружинами f. Все это заключено въ коническую коробку, стѣнки которой находятся на незначительномъ разстояніи отъ грузовъ D. Если часы приведены въ движеніе, то рычагъ AB начинаетъ вращаться по направленію, указанному стрѣлками; сначала скорость этого вращенія не будетъ равномѣрной до тѣхъ поръ, пока развивающаяся центробѣжная сила, дѣйствующая на грузы D, укрѣпленные на пружинахъ f, не удалитъ эти грузы отъ центра C на столько, что они коснутся стѣнокъ коробки и начнутъ объ нихъ тереться. Это треніе будетъ увеличиваться до тѣхъ поръ, пока вызываемое имъ сопротивленіе движенію не придетъ въ равновѣсіе съ ускореніемъ того же движенія, обусловливаемымъ паденіемъ груза V, а тогда самое движеніе станетъ равномѣрнымъ. Дѣйствительно, какъ только часы начинаютъ идти быстрѣе, рычагъ сильнѣе давитъ на стѣнки конической коробки, вслѣдствіе чего треніе увеличивается; обратное явленіе происходитъ въ томъ случаѣ, если часы замедляютъ свой ходъ.

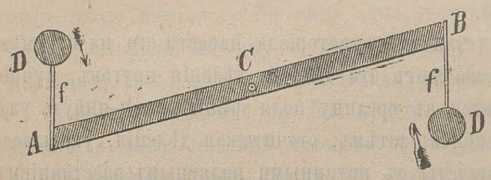


Рис. 303.

Центробѣжный маятникъ въ той или другой формѣ всегда является основной частью регулятора механизма при экваторіалахъ; различные регуляторы отличаются другъ отъ друга только способомъ, посредствомъ, котораго въ нихъ треніе оказываетъ вліяніе на движеніе. Долгое время всѣ приборы этого рода страдали тѣмъ недостаткомъ, что они были слишкомъ легки сообразно съ той массой, которую должны были приводить въ движеніе, а потому даже незначительнымъ случайнымъ возмущеніямъ не могли противопоставить достаточно большой живой силы, чтобы ходъ ихъ оставался постояннымъ. Впослѣдствіи этотъ недостатокъ былъ устраненъ, главнымъ образомъ, послѣ того, какъ астрономы начали заниматься спектральными наблюденіями, для которыхъ хорошій механизмъ важнѣе, чѣмъ для всѣхъ остальныхъ наблюденій; оказалось, однако, что вслѣдствіе повышенныхъ требованій астрономовъ устройство механизма и послѣ того оставляло еще многаго желать. Поэтому Фуко, Бондъ и др. ввели нѣкоторыя дополнительныя приспособленія, имѣвшія цѣлью сдѣлать ходъ болѣе равномѣрнымъ. Описывать ихъ мы не будемъ, такъ какъ подробное ихъ разсмотрѣніе, иногда требующее довольно сложныхъ механическихъ разсужденій, завело бы насъ слишкомъ далеко.

Часовые механизмы примѣняются къ экваторіаламъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда характеръ наблюденій требуетъ, чтобы свѣтило нѣкоторое время занимало неизмѣнное положеніе въ полѣ зрѣнія трубы. Таковы, напр., спектральныя изслѣдованія, измѣренія различнаго рода микрометрами, фотографированіе небесныхъ тѣлъ и т. д.

§ 36. **Историческія замѣчанія объ экваторіалахъ.** Параллактическая установка зрительныхъ трубъ, характерная для экваторіаловъ, была, повидимому, придумана въ серединѣ XVIII столѣтія въ Англіи. Но конструкція, а слѣдовательно и обращеніе съ пер-

выми инструментами этого рода, которые назывались параллактическими машинами, оставляли желать очень многаго, вслѣдствіе чего они не могли получить дальнѣйшаго распространенія. Внезапный переворотъ въ этой области произвелъ Рейхенбахъ. Онъ придалъ экваторіалу форму, которой въ общихъ чертахъ еще и теперь придерживаются нѣмецкіе мастера (по крайней мѣрѣ, при изготовленіи трубъ среднихъ размѣровъ), и которую въ Англіи и до сихъ поръ еще называютъ поэтому German form. Нѣкоторые изъ своихъ экваторіаловъ Рейхенбахъ снабдилъ кругами съ діаметромъ до 1 метра, чтобы сдѣлать ихъ пригодными для абсолютныхъ опредѣленій положеній звѣздъ; однако, этого назначенія

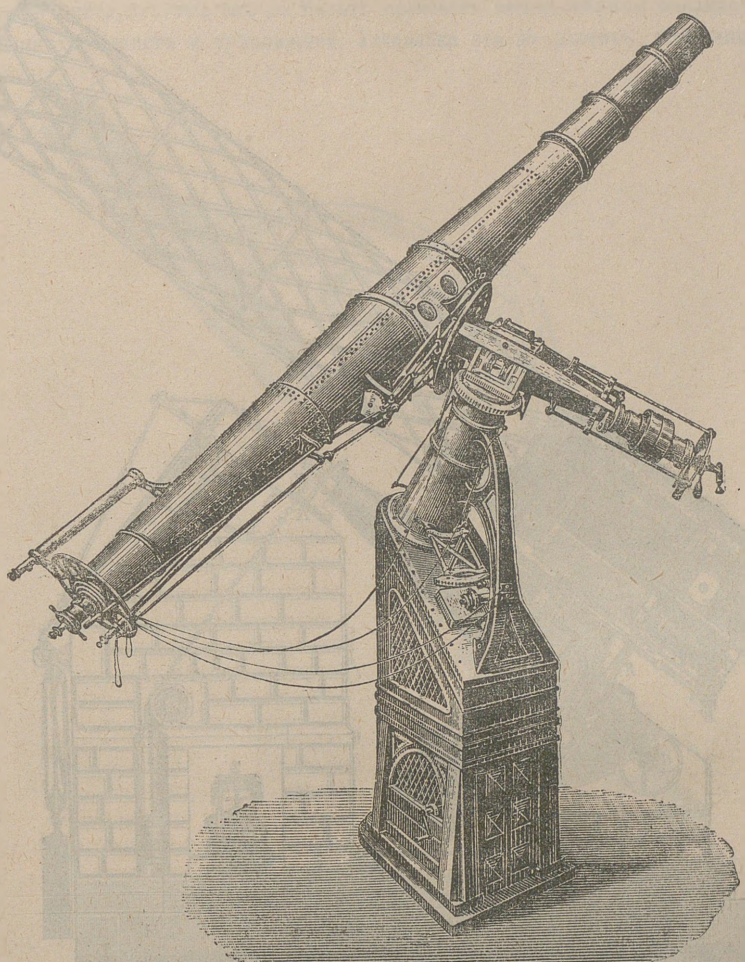


Рис. 304.

они удовлетворительно выполнять не могли (сравни § 37). Но такъ какъ разностныя наблюденія, несмотря на многія неоспоримыя преимущества, имѣютъ и свои недостатки, важнѣйшій изъ которыхъ, не говоря уже о сложности вычисленій, заключается въ томъ, что часто вблизи наблюдаемаго объекта не находится ни одной звѣзды, положеніе которой было бы хорошо извѣстно, то въ наше время снова была поставлена на очередь задача придать экваторіаламъ вполнѣ совершенную конструкцію, и, повидимому, задачу эту удалось разрѣшить знаменитому гамбургскому механику Репсольду, по крайней мѣрѣ, для нѣсколькихъ экваторіаловъ среднихъ размѣровъ, которые онъ построилъ для обсерваторій въ Готѣ, Килѣ, Христіаніи и т. д. Идея этой конструкціи принадлежитъ П. А. Гансену.

Въ новѣйшее время изготовленіе гигантскихъ зрительныхъ трубъ еще болѣе усложнило параллактическую монтировку послѣднихъ, такъ какъ въ трубахъ такихъ размѣровъ необходимо множество дополнительныхъ приспособленій, облегчающихъ трудъ наблюдателя и дающихъ возможность закрѣплять, открѣплять и отсчитывать круги, находясь у окуляра, устанавливать ихъ, стоя на полу, и т. д. Каждая изъ фирмъ, занимающихся монтировкой такихъ колоссальныхъ телескоповъ, устраиваетъ эти приспособленія по-своему, и, такимъ образомъ, мало-по-малу, для каждой фирмы получается, такъ сказать, своя особая форма

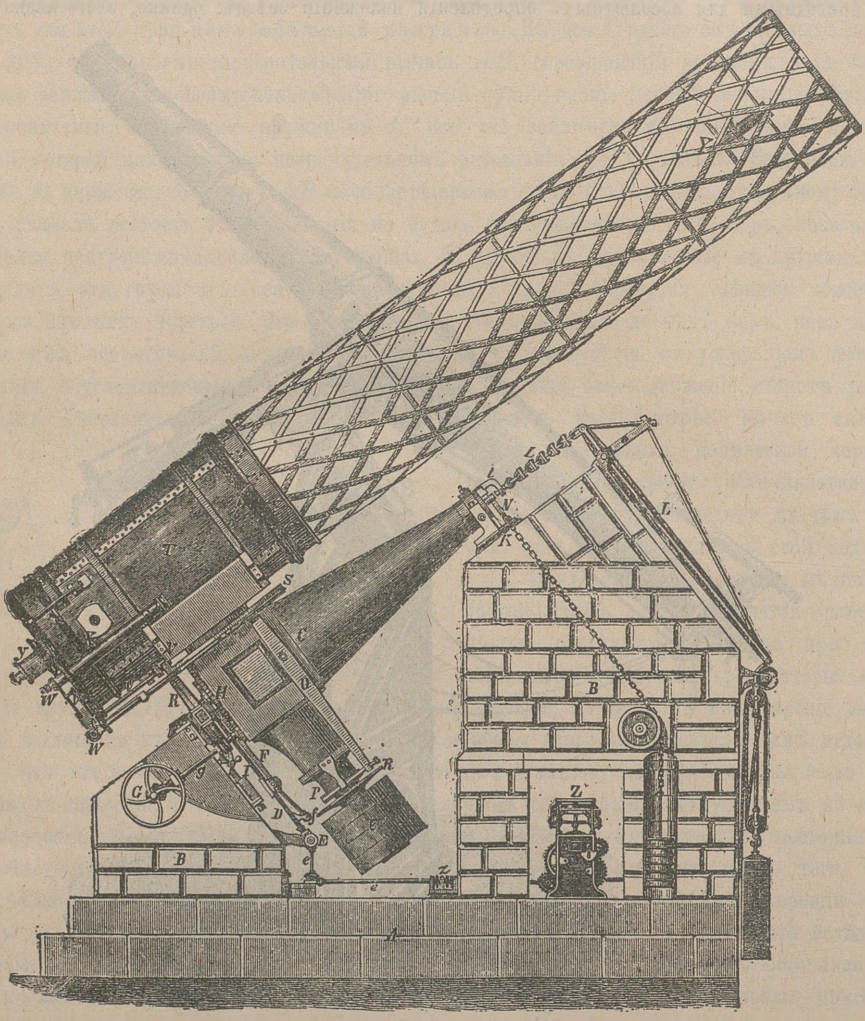


Рис. 305.

установки. Механикъ Г. Груббъ въ Дублинѣ выбралъ форму, значительно отличающуюся отъ всѣхъ ранѣе извѣстныхъ и замѣчательную особенной устойчивостью; на рис. 304 изображенъ большой рефракторъ (экваторіалъ) его работы, построенный для вѣнской обсерваторіи.

Однако, установка большихъ рефлекторовъ представила въ свое время механикамъ еще больше трудностей, чѣмъ установка большихъ рефракторовъ. Поэтому прежде довольствовались тѣмъ, что сообщали этимъ инструментамъ горизонтальное и вертикальное движеніе (какъ въ универсальныхъ инструментахъ), и для этой цѣли устанавливали ихъ между двумя крѣпкими подмостками, какъ видно изъ рис. 221 (стр. 598). Вертикальное пере-

движеніе трубы совершалось при помощи особаго шнурка; по горизонтальному направленію инструментъ вмѣстѣ съ подмостками, перемѣщался на каткахъ по окружности кругообразной горизонтальной подставки, для чего также служили особые шнуры и рукоятка. Инструменты эти помѣщались обыкновенно подъ открытымъ небомъ, тогда какъ экваторіалы всегда устанавливались въ башнѣ съ подвижной крышей, отверстіе которой можно было передвинуть какъ-разъ къ тому мѣсту неба, въ которомъ нужно было производить наблюденія.

Первая параллактическая монтировка большого рефлектора была выполнена Лассе-лемъ, который самъ приготовилъ и зеркало для него, съ отверстіемъ въ 122 см. (4 англ. дюйма); этимъ инструментомъ онъ на Мальтѣ произвелъ весьма цѣнныя наблюденія луны, обѣихъ внѣшнихъ планетъ и туманностей. Установка эта во многихъ отношеніяхъ была

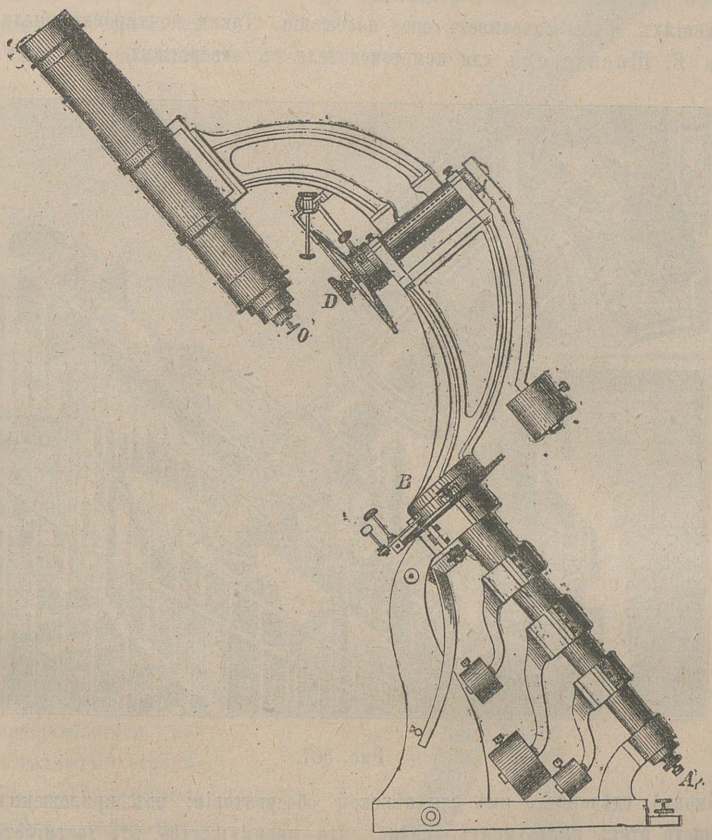


Рис. 306.

сходна съ вышеописанной и отличалась отъ нея только тѣмъ, что главная ось была направлена къ полюсу; повидимому, въ ней было много недостатковъ. Первою вполнѣ удачною установкой рефлектора, отверстіе котораго составляло также 122 см., а фокусное разстояніе было около 9 метровъ, мы обязаны Т. Груббу (отцу вышеупомянутаго Г. Грубба); на рис. 305 со всѣми подробностями изображенъ построенный имъ для мельбурнской обсерваторіи рефлекторъ указанныхъ размѣровъ.

Но насколько очевидны преимущества параллактической установки въ тѣхъ случаяхъ, когда нужно наблюдать свѣтило, положеніе котораго приблизительно извѣстно заранѣе, и когда трубу сразу можно установить такъ, чтобы свѣтило это оказалось въ полѣ зрѣнія, настолько же очевидны его неудобства тамъ, гдѣ нужно изслѣдовать значительную часть неба въ поискахъ за неизвѣстнымъ свѣтиломъ, скажемъ, за кометой. Эта работа особенно

утомительна потому, что при вращеніи трубы вокругъ полярной оси окуляръ, описывая кругъ, поднимается или опускается наклонно къ горизонту. Поэтому такъ называемые кометоискатели очень рѣдко имѣютъ параллактическую установку; въ большинствѣ случаевъ ихъ снабжаютъ штативами, позволяющими передвигать трубу по высотѣ и по азимуту. Но эта установка страдаетъ тѣмъ недостаткомъ, что, когда найденъ искомый объектъ, изъ отсчетовъ круговъ получаются только азимутъ и высота его, а потому, чтобы можно было отыскать его въ другія зрительныя трубы, нужно или замѣнить азимутъ и высоту часовымъ угломъ и склоненіемъ, что требуетъ довольно утомительнаго вычисленія, или же, насколько возможно, точно нанести его на звѣздную карту, но тогда отыскиваніе его другимъ инструментомъ отниметъ довольно много времени. Чтобы устранить это неудобство, І. Виллярсо придумалъ такую параллактическую монтировку, при которой окуляръ при всѣхъ движеніяхъ трубы сохраняетъ свое положеніе. Такая монтировка была выполнена механикомъ Е. Шнейдеромъ для кометоискателя съ отверстіемъ въ 16 см. (6 париж-

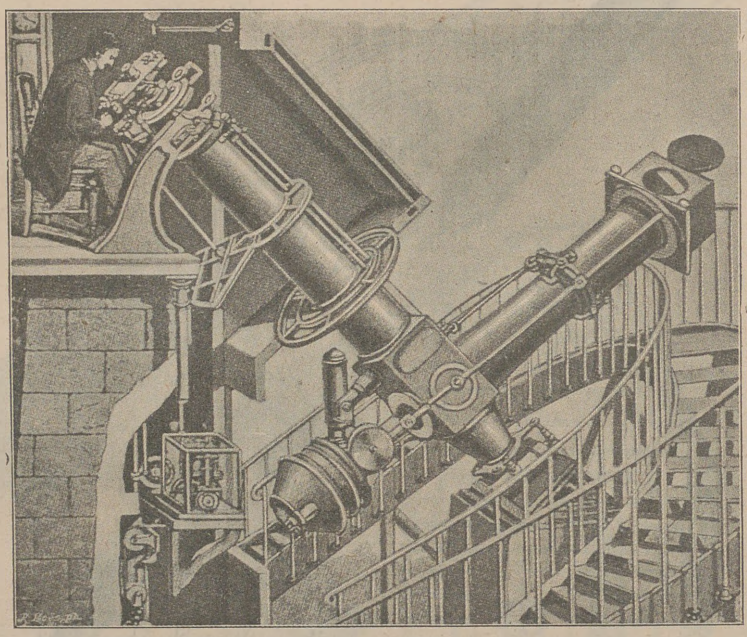


Рис. 307.

скихъ дюймовъ), сдѣланнаго имъ для вѣнской обсерваторіи; изъ приложеннаго рис. 306, изображающаго этотъ инструментъ, видно, что преимущество это достигается тѣмъ, что окуляръ *O* помѣщается въ точкѣ пересѣченія продолженной полярной оси *AB* съ продолженной осью склоненій *CD* и потому не мѣняетъ своего положенія, когда труба вращается около этихъ осей.

Преслѣдуя ту же цѣль, вицедиректоръ, нынѣ директоръ парижской обсерваторіи, М. Лёви, изобрѣлъ такъ называемый équatorial coudé (ломаный экваторіалъ); но здѣсь эта цѣль достигается совсѣмъ инымъ путемъ. Лучъ свѣта, падающій на объективъ (рис. 307), отражается отъ посеребреннаго плоскаго зеркала, помѣщающагося въ томъ же кубѣ, въ который вставленъ объективъ, и идетъ до слѣдующаго куба, находящагося на пересѣченіи двухъ колѣнъ инструмента; затѣмъ, вторично отразившись отъ другого такого же зеркала, находящагося въ этомъ послѣднемъ кубѣ, направляется вдоль второго колѣна трубы, направленнаго на полюсъ міра, и попадаетъ въ глазъ наблюдателя. Металлическій кубъ, заключающій въ себѣ объективъ и первое зеркало, прикрѣпляется къ внутренней трубѣ, кон-

центрической съ внѣшней трубою, видной на рисункѣ. Эту внутреннюю трубу при помощи особой рукоятки наблюдатель можетъ вращать вокругъ ея оси, причемъ объективъ описываетъ на небѣ кругъ склоненія. Кромѣ того, всю зрительную трубу вмѣстѣ съ окулярной трубой, представляющей полярную ось, при помощи другой рукоятки можно передвигать по часовому углу. Кругъ склоненія и часовой кругъ концентричны другъ другу и помѣщаются въ одной и той же плоскости около окуляра, такъ что ихъ можно не только отсчитывать, но и устанавливать отъ окуляра. Часовой механизмъ помѣщается въ ящикѣ, прикрѣпленномъ къ столбу, стоящему къ сѣверу отъ инструмента. Къ первому колѣну трубы ниже второго куба прикрѣплена лампа, свѣтъ которой послѣ двухъ отраженій достигаетъ окуляра и освѣщаетъ нити.

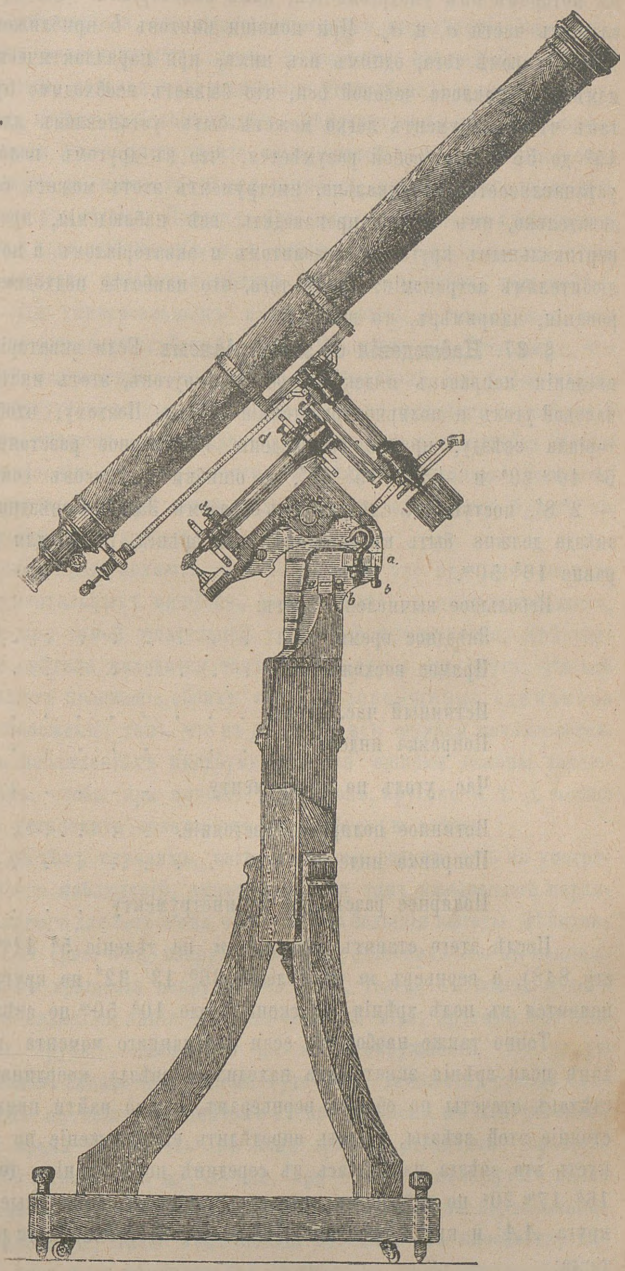


Рис. 308.

Эта конструкція обладаетъ тѣмъ неоцѣненнымъ преимуществомъ, что астрономъ все время сохраняетъ неизмѣнное и очень удобное положеніе, причемъ, какъ видно изъ рисунка, можетъ наблюдать, даже находясь въ закрытомъ пространствѣ; кромѣ того, наблюденія такимъ инструментомъ не требуютъ устройства дорого стоящаго вращающагося купола и позволяютъ ограничиться гораздо болѣе простымъ приспособленемъ, такъ какъ первое подвижное колѣно инструмента, имѣющее съ одной стороны объективъ, а съ другой противовѣсъ, движется исключительно въ плоскости экватора.

Упомянемъ еще, наконецъ, что механики, преимущественно англійскіе, старались соединить параллактическую установку съ установкой по высотѣ и азимуту, давая возможность наблюдателю непосредственно превращать обыкновенную существенную монтировку въ параллактическую при помощи надставки, представляющей существенную часть экваторіала и вставляющейся между зрительной трубою и горизонтальной подставкой; это приспособленіе носитъ названіе универсальнаго штатива.

Подобный же универсальный штативъ, но только во многихъ отношеніяхъ превосходящій англійскіе, былъ изобрѣтенъ Г. Фишеромъ и сдѣланъ по его заказу механикомъ Гартманомъ. Прилагаемый рис. 308 изображаетъ этотъ инструментъ въ томъ положеніи, въ которомъ онъ употребляется, какъ экваторіалъ. Для преобразованія его въ теодолитъ служатъ части $a_{,}$ и $a_{,,}$. При помощи винтовъ b приближенную установку можно сдѣлать точной; кромѣ того, однимъ изъ нихъ, при параллактической установкѣ, пользуются для измѣненія наклона часовой оси, что бываетъ необходимо при перемѣнѣ мѣста наблюденія, такъ что инструментъ легко можетъ быть установленъ для широтъ въ промежуткѣ отъ 45^0 до 55^0. Само собой разумѣется, что въ другомъ положеніи, когда полярная ось dd устанавливается вертикально, инструментъ этотъ можетъ служить полуденной трубою; слѣдовательно, имъ можно производить всѣ наблюденія, производимыя полуденною трубою, вертикальнымъ кругомъ, теодолитомъ и экваторіаломъ, а потому его особенно рекомендуютъ любителямъ астрономіи; кромѣ того, это наиболѣе подходящій инструментъ для демонстрированія, напримѣръ, въ школахъ.

§ 37. **Наблюденія съ экваторіаломъ.** Если экваторіалъ хорошо вывѣренъ, то, послѣ введенія поправокъ индексовъ обоихъ круговъ, этотъ инструментъ непосредственно даетъ часовой уголъ и полярное разстояніе звѣзды. Поэтому, чтобъ отыскать съ помощью экваторіала звѣзду, прямое восхожденіе и полярное разстояніе которой равны, напримѣръ, $5^h\ 40^m\ 20^s$ и $+36^0\ 15'\ 40''$, а ошибки индексовъ соотвѣтственно равны $-1^m\ 38^s$ и $+2'\ 8''$, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. Задаютъ звѣздное время для того момента, когда звѣзда должна быть въ серединѣ поля зрѣнія. Пусть для даннаго случая звѣздное время равно $10^h\ 50^m$.

Небольшое вычисленіе даетъ:

Звѣздное время	10^h	50^m	0^s
Прямое восхожденіе	5	40	20
Истинный час. уголъ	5	9	40
Поправка индекса	+	1	38
Час. уголъ по инструменту	5	11	18
Истинное полярное разстояніе	$+36^0$	$15'$	$40''$
Поправка индекса	—	2	8
Полярное разстояніе по инструменту	+ 36	13	32

Послѣ этого ставятъ верньеръ n на дѣленіе $5^h\ 11^m\ 18^s$ по кругу AA' (рис. 302, стр. 848), а верньеръ m на дѣленіе $36^0\ 13'\ 32''$ по кругу BB', и тогда искомая звѣзда появится въ полѣ зрѣнія телескопа около $10^h\ 50^m$ по звѣздному времени.

Точно также наоборотъ, если для даннаго момента по звѣздному времени въ серединѣ поля зрѣнія экваторіала находилась звѣзда, координаты которой еще не извѣстны, то, сдѣлавъ отсчеты по обоимъ верньерамъ, можно найти прямое восхожденіе и полярное разстояніе этой звѣзды, то-есть опредѣлить ея положеніе на небесномъ сводѣ. Дѣйствительно, пусть эта звѣзда находилась въ серединѣ поля зрѣнія, то-есть на пересѣченіи нитей, въ $16^h\ 17^m\ 20^s$ по звѣздному времени, а отсчеты, сдѣланные по верньерамъ экваторіальнаго круга AA' и круга склоненій BB', соотвѣтственно были равны $4^h\ 11^m\ 28^s$ и $54^0\ 3'\ 20''$, тогда:

Часовой уголъ по инструменту	4^h	11^m	28^s
Ошибка индекса	—	1	38
Истинный часовой уголъ	4	9	50
Звѣздное время	16	17	20
Истинное прямое восхожденіе	12	7	30

Полярное разстояніе на инструментѣ	54° 3′ 20″
Ошибка индекса	+ 2 8
Истинное полярное разстояніе	54 5 28

Однако, такое примѣненіе экваторіала для непосредственнаго опредѣленія положенія неизвѣстнаго свѣтила становится невозможнымъ, когда результатъ наблюденія долженъ отличаться той громадной точностью, которая получается при употребленіи другихъ инструментовъ, и которой, слѣдовательно, можно требовать и здѣсь. Дѣйствительно, при наклонномъ положеніи оси экваторіала поправки этого инструмента оказываются слишкомъ непостоянными, чтобы можно было достигнуть съ нимъ такой же точности, какую можно получить съ другими астрономическими инструментами. Поэтому уже давно перестали производить при помощи экваторіала абсолютныя наблюденія, т.-е. такія, при которыхъ по отсчетамъ круговъ можно непосредственно вывести положеніе свѣтила (какъ, напримѣръ, при наблюденіяхъ меридіаннымъ кругомъ или универсальнымъ инструментомъ), и пользуются имъ только для дифференціальныхъ (разностныхъ) наблюденій. Пояснимъ это. Положимъ, что при помощи особаго приспособленія, называемаго микрометромъ (наиболѣе употребительные изъ этихъ инструментовъ ниже будутъ описаны), мы нашли разности прямыхъ восхожденій и склоненій неизвѣстнаго свѣтила, скажемъ—астероида, и какой-нибудь находящейся вблизи него извѣстной звѣзды; тогда, прибавивъ къ координатамъ послѣдней найденныя разности, мы получимъ координаты астероида; но при этомъ положеніе его опредѣлено будетъ не прямо, а при посредствѣ неподвижной звѣзды.

Дифференціальныя наблюденія представляютъ еще ту выгоду, что при нихъ не надо принимать во вниманіе инструментальныхъ ошибокъ, можетъ-быть, и незначительныхъ, но все же существующихъ даже при самой тщательной установкѣ инструмента. Дѣйствительно, извѣстное и неизвѣстное свѣтила находятся такъ близко другъ отъ друга, что всѣ инструментальныя ошибки измѣняютъ положеніе обоихъ свѣтилъ совершенно одинаково и не вліяютъ на ихъ взаимное положеніе, такъ что въ разности всѣ ошибки исключаются. Поэтому при дифференціальныхъ наблюденіяхъ инструментальныя ошибки должны заключаться лишь въ такихъ предѣлахъ, чтобы при помощи верньеровъ, круговъ и т. д. можно было удобно и достаточно точно установить экваторіалъ на требуемую звѣзду.

Необходимо замѣтить, что въ тѣхъ случаяхъ, когда является возможность не употреблять круговъ для непосредственныхъ наблюденій, экваторіалъ или такъ называемый параллактическій инструментъ представляетъ для астронома чрезвычайно большія выгоды. Дѣйствительно, если, вращая телескопъ CD (рис. 302) вокругъ оси FG, установить его въ какомъ-нибудь положеніи, то, при новомъ вращеніи вокругъ оси EF, телескопъ всегда будетъ описывать конусъ, осью котораго является линія EF, то-есть ось міра; другими словами линія, служащая продолженіемъ трубы, описываетъ на небѣ окружность. Но такую же окружность описываетъ и каждая звѣзда при своемъ суточномъ движеніи; отсюда слѣдуетъ, что если телескопъ наведенъ на звѣзду и винтомъ B прикрѣпленъ къ алидадѣ mm', то для того, чтобъ звѣзда все время находилась въ полѣ зрѣнія, достаточно вращать трубу вокругъ оси EF или просто рукой, или же, лучше, при помощи упомянутаго выше винта a. Совершенно иначе обстоитъ дѣло, если труба имѣетъ только одно вертикальное или только одно горизонтальное движеніе; такъ какъ звѣзда движется въ плоскости, наклонной какъ къ горизонтальной, такъ и къ вертикальной плоскостямъ, то нерѣдко случается, въ особенности при сильномъ увеличеніи, что наблюдатель теряетъ звѣзду изъ поля зрѣнія и долженъ потомъ снова ее отыскивать, что не всегда бываетъ легко, тогда какъ при параллактической установкѣ инструмента въ этомъ отношеніи можно быть совершенно спокойнымъ. Поэтому параллактическій инструментъ является самымъ лучшимъ и самымъ удобнымъ приборомъ какъ для отыскиванія яркихъ звѣздъ днемъ, такъ и для наблюденія ночью

такихъ свѣтилъ, которыя совершенно недоступны невооруженному глазу. При помощи этого инструмента можно отыскивать требуемую звѣзду и вообще производить наблюденія почти безъ всякихъ вычисленій, какъ это мы видѣли на предыдущихъ примѣрахъ. Если наблюдатель пропустилъ тотъ моментъ, для котораго сдѣлана установка, то нужно лишь увеличить часовой уголъ на величину, равную протекшему промежутку времени, такъ какъ изъ двухъ величинъ, опредѣляющихъ установку экваторіала, мѣняется лишь часовой уголъ и притомъ равномѣрно.

§ 38. **Винтовой микрометръ.** Выше уже было упомянуто, что если зрительная труба наведена на какой-нибудь предметъ, то къ плоскости, перпендикулярной къ оси трубы и проходящей черезъ фокусъ послѣдней, получается маленькое очень отчетливое изображеніе этого предмета, и что обыкновенно въ этой плоскости натягиваютъ нѣсколько нитей, раздѣляющихъ поле зрѣнія телескопа на нѣсколько частей. Эти нити служатъ для болѣе точнаго опредѣленія положеній звѣздъ, такъ какъ наблюденія можно производить какъ-разъ въ тотъ моментъ, когда звѣзда покрыта тою или другою нитью.

Выше мы описали лишь наиболѣе простую изъ такихъ сѣтокъ, состоящую изъ нѣсколькихъ вертикальныхъ параллельныхъ между собою нитей, пересѣченныхъ одной или двумя горизонтальными нитями, причемъ вертикальныя нити, напримѣръ, въ пассажномъ инструментѣ, служатъ для опредѣленія прямыхъ восхожденій; если же наблюденія производятся меридіаннымъ кругомъ, то, пользуясь горизонтальной нитью, можно опредѣлить еще и высоту, а слѣдовательно и склоненіе свѣтила. Но если бы сѣтку нитей можно было устроить такъ, чтобъ она служила не только для наблюденія моментовъ прохожденія звѣзды черезъ нити, но и для измѣренія на небѣ по крайней мѣрѣ такихъ интерваловъ, которые бы не превосходили поля зрѣнія трубы, то очевидно, что такое устройство сѣтки было бы очень удобно для наблюденій кометъ и планетъ. Снабженный такой сѣткой телескопъ нужно было бы навести на извѣстную неподвижную звѣзду, находящуюся настолько близко отъ той планеты, надъ которой желаютъ произвести наблюденія, чтобы эта послѣдняя была видима въ полѣ зрѣнія телескопа одновременно со звѣздой; достаточно было бы затѣмъ измѣрить при помощи особой нити взаимное разстояніе этихъ свѣтилъ, чтобы сейчасъ же, зная координаты неподвижной звѣзды, найти положеніе, занимаемое планетой на небесномъ сводѣ.

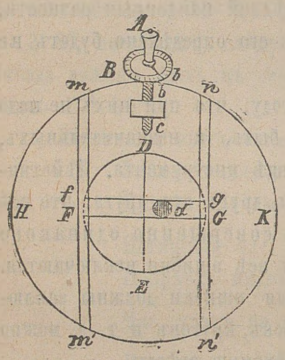


Рис. 309.

Мы имѣемъ нѣсколько видовъ такихъ приспособленій, устроенныхъ на различныхъ принципахъ; они называются микрометрами (μικρός—малый, μέτρον—мѣра) и назначены, какъ показываетъ самое названіе, для измѣренія малыхъ разстояній. Однимъ изъ наиболѣе простыхъ является такъ называемый винтовой микрометръ.

Къ подвижной части окуляра въ плоскости, проходящей черезъ фокусъ трубы и перпендикулярной къ ея оси, прикрѣплена пластинка HK (рис. 309), съ круглымъ отверстіемъ посрединѣ; послѣднее пересѣкается двумя нитями, изъ которыхъ, одна, FG, натянута горизонтально, другая, DE, — вертикально. Къ этой пластинкѣ придѣланы двѣ линеечки mm' и nn', которыя позволяютъ при помощи винта Ac, снабженнаго очень тонкой и вездѣ одинаковой нарѣзкой, передвигать другую пластинку, также съ круглымъ отверстіемъ посрединѣ и параллельную первой. Эта вторая пластинка снабжена горизонтальной нитью fg, которая при передвиженіи плоскости въ ту или другую сторону при помощи винта Ac перемѣщается параллельно нити FG. Къ головкѣ A винта придѣланъ индексъ b, который при вращеніи винта указываетъ дѣленія, нанесенныя на кругѣ B, что позволяетъ отсчитывать, напримѣръ, сотыя части полнаго оборота винта.

Если извѣстна въ секундахъ дуги величина одного оборота винта, то съ описаннымъ микрометромъ можно слѣдующимъ образомъ опредѣлить разности прямыхъ восхожденій и склоненій двухъ близкихъ другъ къ другу звѣздъ.

Сначала надо установить нить FG параллельно плоскости экватора; для этого до начала наблюденій вводятъ звѣзду въ поле зрѣнія трубы и при помощи особаго винта устанавливаютъ пластинку HK такъ, чтобы звѣзда при своемъ движеніи въ полѣ зрѣнія постоянно оставалась на нити FG. Когда это выполнено, наводятъ подвижную нить fg на одну изъ двухъ звѣздъ во время ея прохожденія черезъ поле зрѣнія, отсчитываютъ дѣленіе круга B, указываемаго стрѣлкой b, и замѣчаютъ время прохожденія звѣзды черезъ неподвижную нить DE, которая при описанномъ выше положеніи сѣтки находится въ плоскости круга склоненія. То же самое продѣлывается и съ другой звѣздой, слѣдующей за первой. Разность отсчетовъ по кругу B, умноженная на величину одного оборота винта, выраженную въ секундахъ дуги, прямо даетъ разность склоненій двухъ звѣздъ, а разность временъ ихъ прохожденія черезъ нить DE представляетъ собою разность ихъ прямыхъ восхожденій.

Величину одного оборота винта проще всего можно найти изъ измѣреній разности склоненій двухъ извѣстныхъ звѣздъ. Положимъ, напримѣръ, что эта разность равна какъ-разъ $16' = 960''$ и что, для того, чтобы перевести нить fg съ одной звѣзды на другую, нужно было сдѣлать 20,25 оборотовъ винта, тогда величина одного оборота будетъ очевидно равна $960 : 20{,}25 = 47{,}41''$. Для этихъ опредѣленій особенно удобны яркія, уже нѣсколько разъ подвергавшіяся самымъ тщательнымъ измѣреніямъ звѣздныя группы, какъ, напримѣръ, Плеяды, Ясли и т. п., въ которыхъ взаимное положеніе многихъ звѣздъ извѣстно съ очень большой точностью.

§ 39. **Позиціонный микрометръ.** Взаимное положеніе двухъ звѣздъ можно опредѣлить не только разностями прямыхъ восхожденій и склоненій, но также и ихъ взаимнымъ разстояніемъ и угломъ положенія, какъ это мы видѣли въ случаѣ двойныхъ звѣздъ (часть II, § 186). Пусть на рис. 310 S и S' суть двѣ звѣзды; тогда дуга SS' представляетъ собою ихъ взаимное разстояніе, и если мы мысленно проведемъ черезъ одну изъ звѣздъ, напримѣръ S, кругъ склоненія ab, который проходитъ черезъ сѣверный полюсъ при продолженіи его за точку a, то уголъ aSS', считаемый отъ круга склоненія Sa черезъ востокъ къ югу и т. д., называется угломъ положенія S' относительно S.

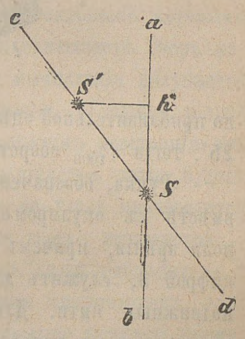


Рис. 310.

Винтовой микрометръ при его устройствѣ, описанномъ въ предыдущемъ параграфѣ, можетъ также служить для измѣренія разстояній и угловъ положенія, если только онъ снабженъ раздѣленнымъ кругомъ, плоскость котораго перпендикулярна къ оптической оси трубъ, и который, такимъ образомъ, можетъ служить для опредѣленія угловъ положенія (позиціонный кругъ). Дѣйствительно, если, вращая весь микрометръ, мы приведемъ нить DE микрометра, изображеннаго на рис. 309, въ совпаденіе съ прямой cd, проходящей черезъ обѣ звѣзды, наведемъ неподвижную нить FG на одну изъ звѣздъ, скажемъ S, и, дѣйствуя винтомъ Ac, заставимъ нить fg пройти разстояніе отъ S до S', то, зная число сдѣланныхъ винтомъ оборотовъ и величину каждаго оборота, мы прямо получимъ искомое разстояніе SS'. Далѣе, на окружности пластинки BHK должны быть нанесены дѣленія, которыя отсчитываются при помощи ноніуса, прикрѣпленнаго къ трубѣ; пользуясь этимъ приспособленіемъ, можно опредѣлить уголъ, на который повернутъ былъ микрометръ, и, слѣдовательно, найти уголъ положенія. Для этого нить DE приводятъ въ совпаденіе съ кругомъ склоненія aS, или, что то же самое, перпендикулярную къ DE нить FG устанавливаютъ параллельно эква-

тору, замѣчаютъ соотвѣтственное дѣленіе позиціоннаго круга, вращаютъ затѣмъ весь приборъ до тѣхъ поръ, пока нить DE не совпадетъ съ прямой cd, и снова отсчитываютъ дѣленія круга. Разность двухъ отсчетовъ представляетъ собою величину угла положенія.

На рисункѣ 311 изображенъ микрометръ, построенный Фраунгоферомъ. Головка, обозначенная цифрой 1, принадлежитъ винту, который перемѣщаетъ подвижную нить и служитъ для измѣренія разстояній. При вращеніи этого винта перемѣщаются обѣ пластинки a и b вмѣстѣ съ окуляромъ, причемъ число полныхъ оборотовъ винта опредѣляется по смѣщенію индекса e укрѣпленнаго на пластинкѣ b, относительно дѣленій d; каждое изъ этихъ дѣленій выражаетъ одинъ полный оборотъ винта. Кромѣ того, барабанъ f вышеупомянутаго винта раздѣленъ на 100 равныхъ частей, такъ что сотыя части оборота можно опредѣлить точно, при помощи индекса g, тысячныя же доли получаются по приблизительной оцѣнкѣ. Положимъ, что величина одного оборота винта равна, напримѣръ 25″, тогда $^1/_{1000}$ оборота представлятъ уже 0,025″, т.-е. необыкновенно малую величину.

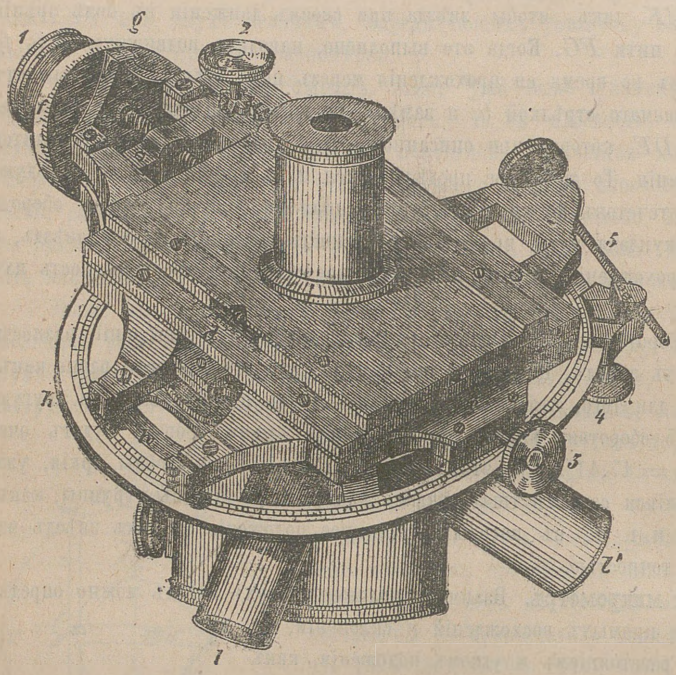


Рис. 311.

Ручка, обозначенная цифрой 2, позволяетъ перемѣщать одну верхнюю пластинку a вмѣстѣ съ окуляромъ; это даетъ возможность наставлять окуляръ на различныя части поля зрѣнія, причемъ положеніе нитей совершенно не измѣняется. Винтъ, обозначенный цифрой 3, служитъ для передвиженія тонкой пластинки c, къ которой прикрѣплены неподвижныя нити. Для измѣренія угловъ положенія служитъ кругъ k, по которому при вращеніи всего аппарата съ пластинками и окуляромъ вокругъ оптической оси телескопа скользитъ ноніусъ L. Винты 4 и 5 служатъ для закрѣпленія аппарата и затѣмъ для сообщенія ему небольшихъ перемѣщеній въ томъ направленіи, куда считаются углы положенія. Наконецъ, трубки l и l' прикрываютъ маленькія лампочки, служащія для освѣщенія нитей въ полѣ зрѣнія. Эти лампочки освѣщаютъ нити со стороны окуляра, такъ что послѣднія представляются свѣтлыми линіями на темномъ фонѣ, что является необходимымъ при наблюденіи очень слабыхъ звѣздъ. При ранѣе описанныхъ способахъ освѣщенія нитей свѣтъ назначенныхъ для этой цѣли лампочекъ отражался отъ нитей въ сторону объектива, вслѣдствіе чего нити являлись черными полосками на свѣтломъ фонѣ; понятно, что въ этомъ случаѣ можно производить наблюденія лишь надъ достаточно яркими объектами.

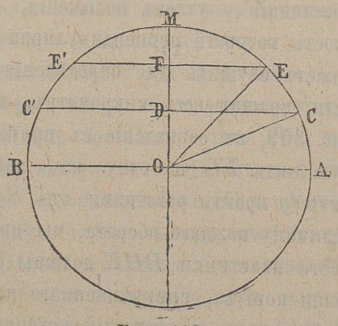


Рис. 312.

Измѣренія съ позиціоннымъ микрометромъ предполагаютъ возможность удерживать звѣзду въ полѣ зрѣнія достаточно долгое время; для этой цѣли служитъ часовой механизмъ, описанный въ § 35.

§ 40. **Кольцевой микрометръ.** Обыкновенное кольцо, установленное въ фокальной плоскости телескопа, очень часто употребляется какъ микрометръ, причемъ наблюдаютъ исчезновеніе звѣздъ въ точкахъ E, C и т. д. (рис. 312) и новое ихъ появленіе изъ-за кольца въ точкахъ E', C'.... Если взять среднія изъ временъ исчезновенія и появленія двухъ звѣздъ, то получатся моменты ихъ прохожденія черезъ середины хордъ EE' и CC', то-есть черезъ точки F и D, въ которыхъ эти хорды дѣлятся пополамъ перпендикулярнымъ къ нимъ діаметромъ OM; но эта линія, перпендикулярная къ направленію суточнаго движенія, представляетъ собою кругъ склоненія; поэтому разность найденныхъ моментовъ будетъ равна разности прямыхъ восхожденій наблюдаемыхъ звѣздъ.

Чтобы изъ наблюденія появленія и исчезновенія двухъ звѣздъ можно было получить разность ихъ склоненій, нужно сначала выразить въ секундахъ дуги полухорды FE и DC; для этого достаточно половины промежутковъ, употребленныхъ звѣздами на прохожденіе хордъ EE' и CC' умножить на косинусъ склоненія этихъ звѣздъ, причемъ приближеннымъ образомъ склоненіе всякой наблюдаемой звѣзды намъ извѣстно. Если еще извѣстенъ радіусъ кольца, то изъ прямоугольныхъ треугольниковъ CDO и EFO, въ которыхъ двѣ стороны даны, не трудно найти и третьи стороны OE и OD, разность которыхъ DF и представляетъ собою разность склоненій двухъ звѣздъ.

Существуетъ много различныхъ способовъ для опредѣленія діаметра кольца; наиболѣе простой состоитъ въ томъ, что заставляютъ звѣзду, близкую къ экватору, пройти при неподвижно установленномъ телескопѣ черезъ центръ кольца и выражаютъ затѣмъ въ секундахъ дуги звѣздное время, протекшее отъ момента исчезновенія звѣзды за кольцомъ до момента ея появленія. Если же пронаблюдать двѣ звѣзды, разность склоненій которыхъ равна приблизительно діаметру кольца, такъ что каждая изъ нихъ описываетъ очень маленькую хорду около самаго края кольца, то послѣ небольшого вычисленія получается наиболѣе точная величина діаметра. Разъ діаметръ кольца опредѣленъ, то нужно только заботиться о томъ, чтобъ микрометръ находился всегда на одинаковомъ разстояніи отъ объектива, такъ какъ съ измѣненіемъ этого разстоянія значеніе діаметра тоже будетъ мѣняться. Поэтому при такихъ инструментахъ установка окуляра по глазу производится независимо отъ микрометра, то-есть окуляръ можно передвигать, не трогая микрометра.

Имѣющаяся въ каждомъ телескопѣ діафрагма, ближайшая къ глазу наблюдателя и установленная внутри трубы, можетъ также служить кольцевымъ микрометромъ, если предварительно придать на токарномъ станкѣ ея отверстію совершенно круглую форму. Но еще удобнѣе пользоваться тонкимъ металлическимъ кольцомъ, укрѣпленнымъ при помощи штифтиковъ или при помощи прозрачной стеклянной пластинки въ плоскости отверстія діафрагмы. Если кольцо нѣсколько меньше этого отверстія, то представляется еще та выгода, что звѣзду можно видѣть въ полѣ зрѣнія до начала наблюденій; кромѣ того, является возможность дважды пронаблюдать ея исчезновеніе за краемъ кольца и появленіе изъ-за него. Описанные выше способы опредѣленія діаметра кольца представляютъ собой прекрасное средство для того, чтобы узнать, имѣютъ ли оба края кольца строго круглую форму, то-есть можно ли данное кольцо употреблять для микрометрическихъ наблюденій. Для этого нужно послѣ каждаго наблюденія звѣздной пары повернуть нѣсколько кольцо въ его плоскости, пронаблюдать прохожденіе звѣздъ черезъ другія точки кольца и посмотрѣть, получается ли изъ второго наблюденія то же значеніе діаметра кольца, что и изъ перваго. Этотъ простой микрометръ можно рекомендовать потому, что, во-первыхъ, наши мастера могутъ придать пластинкѣ почти строго круглую форму; во-вторыхъ, наблюденія

съ нимъ можно производить при темномъ полѣ зрѣнія, тогда какъ въ вышеописанныхъ микрометрахъ требуется внутреннее освѣщеніе, которое позволяло бы видѣть сѣтку нитей; и, наконецъ, въ-третьихъ, этотъ микрометръ пригоденъ и для трубъ, не имѣющихъ параллактической установки; поэтому онъ особенно удобенъ для тѣхъ любителей астрономіи, которые не могутъ пріобрѣсть дорогихъ инструментовъ.

§ 41. **Геліометръ**. Принципомъ своего устройства этотъ инструментъ совершенно отличается отъ вышеописанныхъ микрометровъ, которые можно назвать окулярными микрометрами. Идея геліометра состоитъ въ слѣдующемъ.

Такъ какъ объективъ телескопа даетъ изображеніе каждаго свѣтящагося предмета, то при двухъ объективахъ одинаковаго фокуснаго разстоянія получатся два одинаковыхъ по величинѣ изображенія предмета, которыя тѣмъ дальше будутъ отстоять другъ отъ друга, чѣмъ больше уголъ между оптическими осями объективовъ. Бугеръ первый примѣнилъ подобный инструментъ для опредѣленія діаметра солнца; это былъ обыкновенный телескопъ съ двумя объективами; впрочемъ, еще за нѣсколько лѣтъ до работъ Бугера англичанинъ Сервингтонъ Савери предложилъ инструментъ съ подобнымъ же устройствомъ, но на предложеніе этого ученаго не было обращено никакого вниманія. Одно изъ главныхъ неудобствъ такого прибора состоитъ, между прочимъ, въ томъ, что для того, чтобы имѣть возможность получить изображенія достаточно близко другъ къ другу, объективы должны быть очень малыхъ размѣровъ. Доллонду принадлежитъ блестящая идея, высказанная, повидимому, впервые французскимъ морскимъ офицеромъ Шарньеромъ въ 1767 году, разрѣзать линзу на двѣ части по плоскости, заключающей ея оптическую ось. Перемѣщая одну половину объектива относительно другой параллельно плоскости ихъ разрѣза, можно, по желанію, или получать изображенія довольно далеко другъ отъ друга, или же сближать какъ угодно и даже приводить въ совпаденіе. Для этой цѣли Доллондъ употреблялъ вогнутую линзу очень большого радіуса кривизны; каждая половина была заключена въ особую оправу и могла быть перемѣщаема при помощи маленькой рукоятки независимо одна отъ другой; кромѣ того, инструментъ былъ снабженъ шкалой, позволявшей измѣрять величину перемѣщенія. Все это приспособленіе было помѣщено передъ объективомъ телескопа, почему и дали ему названіе *объективнаго микрометра*; названіе, которое, по справедливому замѣчанію Ганзена, слѣдуетъ удержать и для позднѣйшихъ приборовъ, представляющихъ собою лишь видоизмѣненіе только-что описаннаго микрометра, тогда какъ употребляемое теперь названіе *геліометръ* произошло лишь вслѣдствіе его главнаго примѣненія для измѣреній солнечнаго діаметра.

Прекрасное изобрѣтеніе Доллонда было, конечно, большимъ шагомъ впередъ; теперь явилась возможность снабдить этимъ микрометромъ телескопъ съ большимъ отверстіемъ и измѣрять съ большой точностью самые незначительные углы. Съ другой стороны (если даже не принимать во вниманіе другихъ недостатковъ и неудобствъ), при вышеописанномъ устройствѣ число преломляющихъ и отражающихъ поверхностей телескопа увеличивалось вдвое, что вызывало сильное уменьшеніе яркости изображеній. Чтобы устранить этотъ недостатокъ, Фраунгоферъ рѣшился не употреблять двѣ отдѣльныхъ половины линзы, а разрѣзать самый объективъ, и, такимъ образомъ, предпринялъ очень трудную операцію, такъ какъ при этомъ объективъ, отъ котораго, главнымъ образомъ, зависитъ отчетливость изображеній въ телескопѣ, не долженъ претерпѣть ни малѣйшаго изъяна. Для перемѣщенія половинокъ объектива Фраунгоферъ употреблялъ тщательно сдѣланный винтъ съ очень тонкой и вездѣ одинаковой нарѣзкой, подобный тому, который употребляется въ позиціонныхъ микрометрахъ. Геліометръ явился, такимъ образомъ, въ высшей степени точнымъ аппаратомъ для измѣренія угловъ, доходящихъ до 1^0. Но и конструкція Фраунгофера имѣетъ еще много, иногда даже довольно существенныхъ недостатковъ, устранить которые удалось лишь благодаря стараніямъ Репсольда въ Гамбургѣ. На рисункѣ 313

изображенъ геліометръ, построенный только-что названнымъ механикомъ для русской экспедиціи, снаряженной въ 1874 году для наблюденія прохожденія Венеры. Чтобы имѣть возможность пользоваться этимъ инструментомъ на различныхъ широтахъ какъ экваторіаломъ, его полярная ось устроена такъ, что, при помощи сегмента K, ее можно перемѣщать.

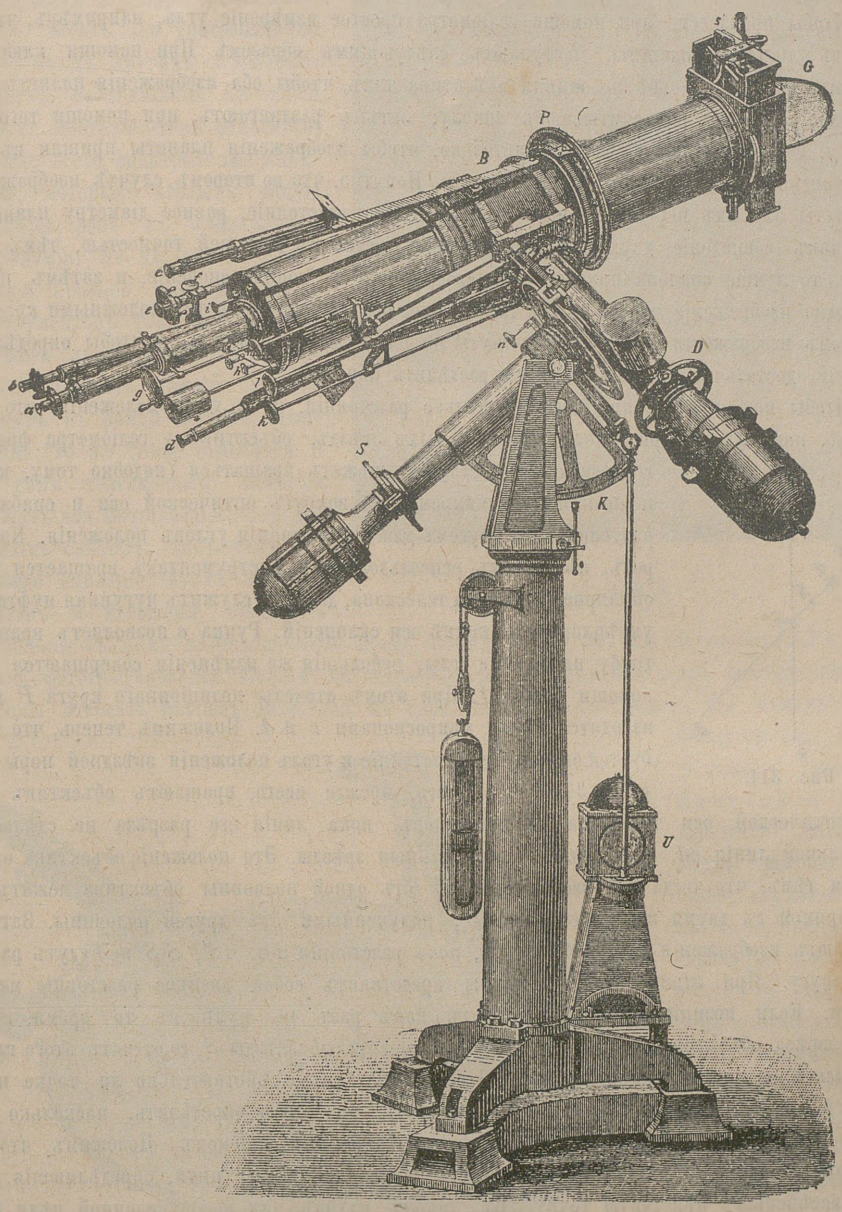


Рис. 313.

Приспособленіе s, позволяющее смѣщать половинки объектива одну относительно другой, видно на рисункѣ лишь отчасти. Вмѣсто микрометрическихъ винтовъ Репсольдъ очень цѣлесообразно употребляетъ шкалу, но и ея не видно на рисункѣ, такъ какъ она находится внутри телескопа и отсчитывается входящимъ во внутрь трубъ микроскопомъ b. Дѣйствуя ключемъ i, можно прикрыть ту или другую половинку объектива проволочной

рѣшеткой G. Винты n и k служатъ для закрѣпленія круга склоненія и часового круга, которымъ сообщаютъ затѣмъ, въ случаѣ надобности, небольшія перемѣщенія винтами l и m. Наконецъ, изъ рисунка нетрудно видѣть, какимъ образомъ часовой механизмъ сообщаетъ прибору непрерывное равномѣрное движеніе вокругъ часовой оси, что позволяетъ удерживать звѣзду въ полѣ зрѣнія въ теченіе долгаго времени.

Чтобы произвести при помощи геліометра простое измѣреніе угла, напримѣръ, чтобы измѣрить діаметръ планеты, поступаютъ слѣдующимъ образомъ. При помощи ключа g располагаютъ сначала обѣ половинки объектива такъ, чтобы оба изображенія планеты совершенно совпадали и отсчитываютъ шкалу; затѣмъ раздвигаютъ, при помощи того же ключа g, обѣ половинки объектива настолько, чтобы изображенія планеты пришли въ соприкосновеніе, и снова отсчитываютъ шкалу. Понятно, что во второмъ случаѣ изображенія отодвинуты отъ ихъ первоначальнаго положенія на разстояніе, равное діаметру планеты. Такъ какъ совпаденіе двухъ кружковъ наблюдается съ меньшей точностью, чѣмъ ихъ касаніе, то лучше сначала привести оба изображенія въ соприкосновеніе, и затѣмъ перевести одно изображеніе черезъ другое такъ, чтобы они коснулись противоположными краями. При этомъ изображенія будутъ передвинуты на два діаметра планеты, и, чтобы опредѣлить послѣдній, достаточно найденный уголъ раздѣлить пополамъ.

Чтобы можно было опредѣлять не только разстоянія, но и углы положенія, что необходимо, напримѣръ, при наблюденіи двойныхъ звѣздъ, объективъ у геліометра фраунгоферовской конструкціи можетъ вращаться (подобно тому, какъ и позиціонные микрометры) вокругъ оптической оси и снабженъ раздѣленнымъ кругомъ для отсчитыванія угловъ положенія. Наоборотъ, въ новыхъ репсольдовскихъ инструментахъ вращается вся окулярная половина телескопа, для чего служитъ чугунная муфта B, укрѣпленная на концѣ оси склоненій. Ручка e позволяетъ вращать трубу на большіе углы, небольшія же измѣненія совершаются при помощи ключа f. При этомъ отсчеты позиціоннаго круга P производятся двумя микроскопами c и d. Положимъ теперь, что требуется опредѣлить разстояніе и уголъ положенія звѣздной пары SS' (рис. 314); для этого, прежде всего, вращаютъ объективъ вокругъ оптической оси телескопа до тѣхъ поръ, пока линія его разрѣза не сдѣлается параллельной линіи cd, проходящей черезъ данныя звѣзды. Это положеніе объектива опредѣляется тѣмъ, что тогда два изображенія $\sigma\sigma'$ отъ одной половины объектива лежатъ на одной прямой съ двумя изображеніями SS', полученными отъ другой половины. Затѣмъ отодвигаютъ изображенія $\sigma\sigma'$ до тѣхъ поръ, пока разстоянія $\sigma'\sigma$, $\sigma S'$, $S'S$ не будутъ равны другъ другу. При этомъ отсчетъ шкалы представитъ собой двойное разстояніе между звѣздами. Если позиціонный кругъ стоитъ какъ разъ на нулѣ въ то время, когда линія разрѣза объектива параллельна кругу склоненія ab звѣзды S, то отсчетъ этого круга прямо даетъ величину угла положенія. Чтобы опредѣлить, дѣйствительно ли точка нуля на кругѣ занимаетъ такое положеніе, а если нѣтъ, то чтобы опредѣлить, насколько она отклоняется отъ этого положенія, пользуются слѣдующимъ пріемомъ. Положимъ, что въ полѣ зрѣнія телескопа натянуты двѣ взаимно перпендикулярныя нити, опредѣляющія своимъ пересѣченіемъ нѣкоторую точку. Въ такомъ случаѣ, для вышеуказанной цѣли раздвигаютъ обѣ половинки объектива, чтобы получить два изображенія одной и той же звѣзды; затѣмъ, сообщая всему телескопу движеніе по часовому углу и склоненію и вращая соотвѣтствующимъ образомъ объективъ параллельно позиціонному кругу, стараются подыскать такое положеніе инструмента, чтобы при движеніи его по одному склоненію оба изображенія выбранной звѣзды проходили послѣдовательно черезъ точку пересѣченія нитей. При выполненіи этого условія линія разрѣза объектива будетъ параллельна кругу склоненія,

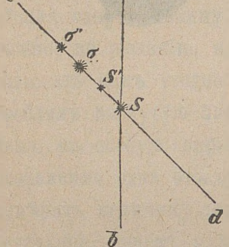


Рис. 314.

и въ этомъ положеніи указатель позиціоннаго круга долженъ стоять на нулѣ; въ противномъ же случаѣ сдѣланный отсчетъ прямо даетъ ошибку индекса.

Теперь намъ нужно описать еще рядъ инструментовъ, которые не служатъ для опредѣленія положеній звѣздъ, но употребляются для разныхъ другихъ астрономическихъ изслѣдованій. Къ числу такихъ инструментовъ относятся, прежде всего, спектральные аппараты, которые играютъ такую большую роль въ современной астрономіи. Но мы дадимъ здѣсь только краткое описаніе этихъ инструментовъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы подробно излагать оптику, что не входитъ въ рамки нашего сочиненія. То же самое относится и къ тѣмъ телескопамъ, которые служатъ для фотографированія небесныхъ свѣтилъ, такъ какъ подробное описаніе этихъ инструментовъ и изложеніе способовъ обращенія съ ними возможно лишь послѣ основательнаго знакомства съ оптикой и съ техникой фотографированія. Поэтому за подробностями относительно этихъ инструментовъ мы должны отослать нашихъ читателей къ спеціальнымъ сочиненіямъ. Мы можемъ указать, между прочимъ, на практическое руководство Конколиса для производства астрономическихъ наблюденій, гдѣ особое вниманіе обращено на астрофизику; это сочиненіе представляетъ собою въ высшей степени подробное описаніе всѣхъ новѣйшихъ астрономическихъ приборовъ и содержитъ много историческихъ справокъ и прекрасныхъ рисунковъ.

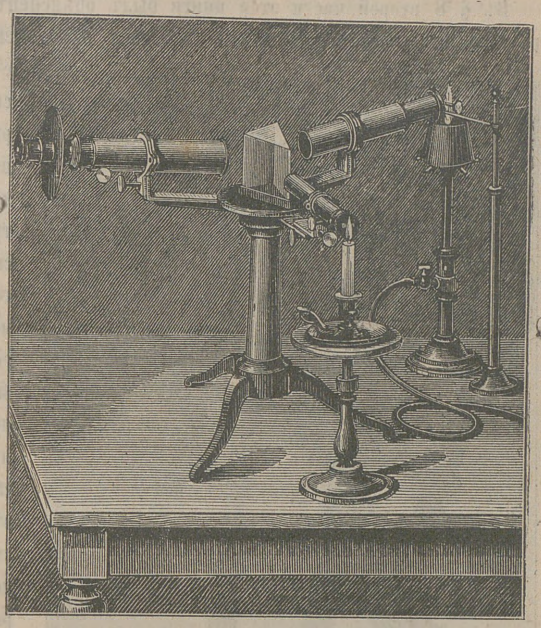


Рис. 315.

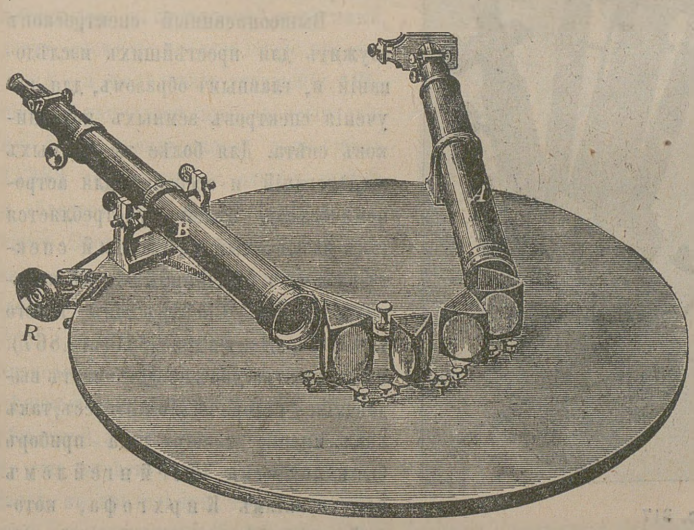


Рис. 316.

* § 41,а. **Астрофизическіе приборы.** Число приборовъ, служащихъ для спектральныхъ изслѣдованій, весьма велико. Къ такимъ приборамъ принадлежатъ спектроскопы, спектрометры, спектрографы и т. п. Кромѣ того, приборы, относящіеся къ одному какому-нибудь изъ перечисленныхъ типовъ, могутъ значительно отличаться другъ отъ друга по своему устройству. Конечно, мы здѣсь не будемъ описывать

всѣхъ этихъ приборовъ, а только вкратцѣ познакомимъ читателей съ устройствомъ нѣкоторыхъ изъ нихъ, и, сообразно съ цѣлью нашей книги, этого будетъ совершенно достаточно.

Въ § 8 второй части этой книги былъ объясненъ принципъ, на которомъ основано устройство спектроскопа, и на рис. 78 была изображена схема простого спектроскопа. Этой схемѣ соотвѣтствуетъ спектроскопъ, представленный на рис. 315 (стр. 867). Онъ состоитъ изъ штатива, къ столику котораго прикрѣплена вертикально призма, и изъ трехъ трубъ. Труба, расположенная справа, есть коллиматоръ, черезъ который проходятъ лучи отъ изслѣдуемаго источника свѣта. Съ лѣвой стороны находится труба, въ которую разсматривается спектръ, получаемый при помощи призмы. Наконецъ, труба, находящаяся на переднемъ планѣ, служитъ для того, чтобы отбросить въ глазъ наблюдателя изображенія раздѣленной шкалы, освѣщенной свѣчей, послѣ полнаго внутренняго ея отраженія въ призмѣ. Такимъ образомъ, наблюдатель видитъ одновременно и спектръ, и шкалу, и благодаря этому, пользуясь шкалой, можно сравнивать между собой положеніе отдѣльныхъ спектральныхъ линій.

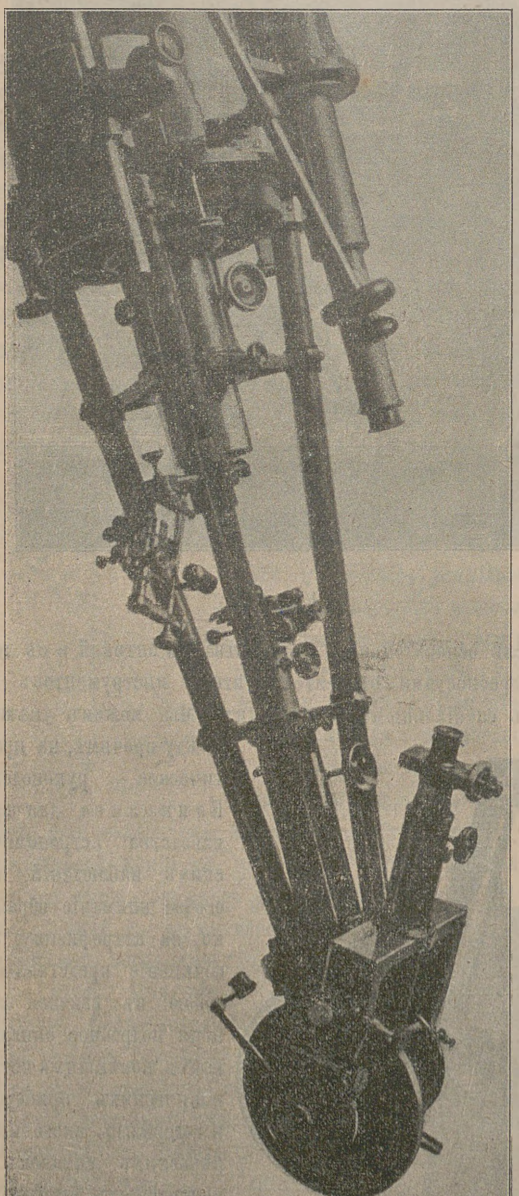


Рис. 317.

Вышеописанный спектроскопъ служитъ для простѣйшихъ изслѣдованій и, главнымъ образомъ, для изученія спектровъ земныхъ источниковъ свѣта. Для болѣе же точныхъ изслѣдованій и особенно для астрономическихъ цѣлей употребляется такъ называемый сложный спектроскопъ, состоящій изъ нѣсколькихъ призмъ. Спектроскопъ такого типа изображенъ на рис. 316 (стр. 867). Этотъ спектроскопъ представляетъ выдающійся историческій интересъ, такъ какъ именно такого рода приборъ былъ построенъ Штейнгейлемъ по указаніямъ Кирхгофа, который и воспользовался имъ для своихъ весьма тщательныхъ изслѣдованій, приведшихъ его къ его важнымъ открытіямъ. Этотъ спектроскопъ состоитъ изъ 4-хъ флинтгласовыхъ призмъ: у первыхъ трехъ призмъ преломляющій уголъ составляетъ 45^0, а у четвертой—60^0. Лучъ изслѣдуемаго свѣта, пройдя черезъ коллиматоръ A, падаетъ на первую призму; затѣмъ, преломившись въ ней, свѣтъ встрѣчаетъ вторую призму, которая, какъ нетрудно понять, увеличиваетъ такъ называе-

мое свѣторазсѣяніе, т.-е. сильнѣе раздѣляетъ близкія другъ къ другу спектральныя линіи. То же самое повторяется при прохожденіи свѣта черезъ третью и четвертую призмы. Поэтому про такой спектроскопъ говорятъ, что онъ обладаетъ большимъ свѣторазсѣяніемъ. Всѣ призмы въ описываемомъ спектроскопѣ помѣщаются на небольшихъ треногахъ, снабженныхъ подъемными винтами, такъ что ихъ можно отъ руки устанавливать въ надлежащемъ положеніи. Коллиматоръ A прикрѣпленъ неподвижно къ круглому чугунному столику, между тѣмъ какъ труба B, служащая для разсматриванія спектра, снабжена винтомъ R_2, при помощи котораго она можетъ быть вращаема въ небольшихъ предѣлахъ вокругъ центра столика. На окружности этого столика нанесены дѣленія, благодаря чему при помощи этого спектроскопа можно производить измѣренія.

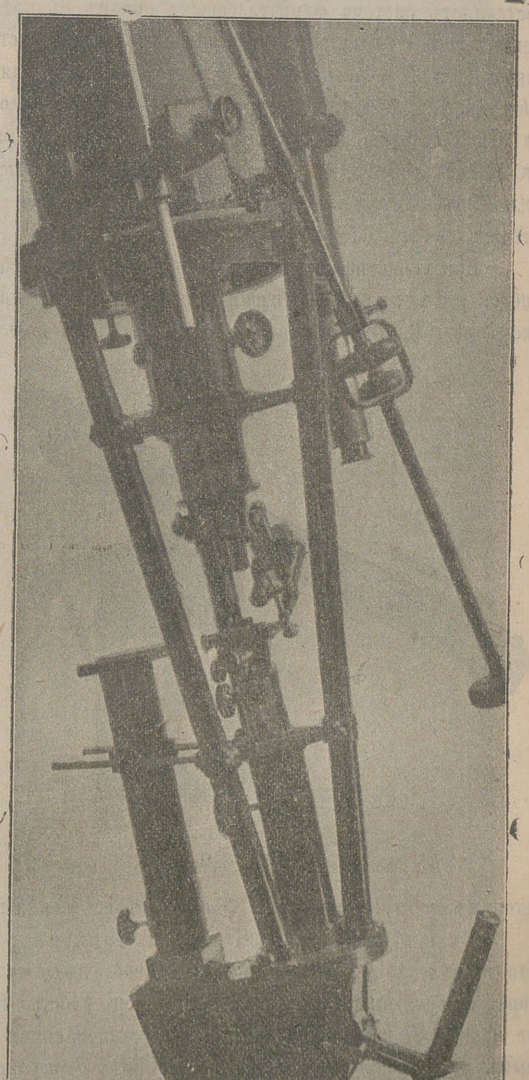


Рис. 318.

Далѣе мы опишемъ спектроскопъ, принадлежащій обсерваторіи въ Аллегени. Главную часть этого спектроскопа, изображеннаго на рис. 317 (стр. 868), составляетъ не призма и не система призмъ, какъ въ предыдущихъ случаяхъ, а рѣшетка Роуланда. Такая рѣшетка, представляющая собою рядъ весьма близкихъ другъ къ другу черточекъ, нанесенныхъ на стеклянной пластинкѣ, даетъ спектръ не вслѣдствіе преломленія, а вслѣдствіе отраженія. Рѣшетка, принадлежащая описываемому здѣсь спектроскопу, заключаетъ 14388 черточекъ на одномъ дюймѣ и обладаетъ большимъ свѣторазсѣяніемъ. Этотъ спектроскопъ привинчивается къ 13-дюймовому рефрактору (экваторіалу) Аллегенской обсерваторіи, и свѣтъ, выйдя изъ телескопа, проходитъ черезъ коллиматоръ, помѣщающійся между телескопомъ и рѣшеткой, затѣмъ падаетъ на рѣшетку и, уже отразившись отъ нея, попадаетъ въ зрительную трубу, служащую для разсматриванія спектра и для измѣренія положенія спектральныхъ линій. Замѣтимъ кстати, что всякій спектроскопъ, дающій возможность производить измѣренія, можетъ быть названъ также спектрометромъ. Въ спектроскопѣ, изображенномъ на рис. 317 (стр. 868), оптическія оси коллиматора и зрительной трубы, служащей для разсматриванія спектра, составляютъ между собою уголъ въ 60°. Объективъ только-что упомянутой зрительной трубы имѣетъ въ отверстіи 1,2 дюйма и обладаетъ фокуснымъ разстояніемъ въ 10 дюй-

мовъ; окуляръ допускаетъ увеличенія въ 5,6, 12,5 и 25 разъ. Всѣ детали въ устройствѣ этого спектроскопа настолько практичны и остроумны, что наблюденія при помощи него производятся весьма легко и точно.

На рис. 318 (стр. 869) изображенъ принадлежащій той же обсерваторіи спектрографъ, т.-е. приборъ, служащій для фотографированія спектровъ. Главную часть этого спектрографа составляетъ система флинтгласовыхъ призмъ съ преломляющимъ угломъ въ 60°. При помощи этого спектрографа можетъ быть снята часть спектра, заключающаяся между линіями *C* и *H* (часть II, § 5). Употребляемыя для фотографированія пластинки имѣютъ размѣръ 2 × 3 англійскихъ дюйма. Лучъ, идущій отъ звѣзды, пройдя черезъ коллиматоръ, съ одной стороны, послѣ преломленія въ призмахъ, вступаетъ въ фотографическую камеру, съ другой стороны, еще до разложенія на простые цвѣтные лучи, попадаетъ въ особую маленькую зрительную трубу, при помощи которой наблюдатель можетъ, такимъ образомъ, слѣдить за звѣздой.

При спектроскопическихъ изслѣдованіяхъ небесныхъ свѣтилъ часто также употребляется объективная призма. Пикерингъ при своемъ обширномъ спектроскопическомъ обозрѣніи неба съ большимъ успѣхомъ пользовался именно объективной призмой, т.-е. призмой, поставленной передъ объективомъ телескопа. Въ этомъ случаѣ нѣтъ надобности ни въ щели, ни въ коллиматорѣ. Подобный приборъ употреблялся еще Фраунгоферомъ въ 1823 году для наблюденія спектровъ неподвижныхъ звѣздъ. Впослѣдствіи тою же идеею воспользовались Респиги и Секки, но безъ особеннаго успѣха. Затѣмъ Мерцъ въ Мюнхенѣ существенно усовершенствовалъ этотъ приборъ, который въ настоящее время пользуется полнымъ довѣріемъ со стороны астрономовъ. Большое поле зрѣнія, которое представляетъ труба съ объективной призмой, дѣлаетъ возможнымъ, между прочимъ, спектрографическое фотографированіе цѣлыхъ звѣздныхъ группъ.

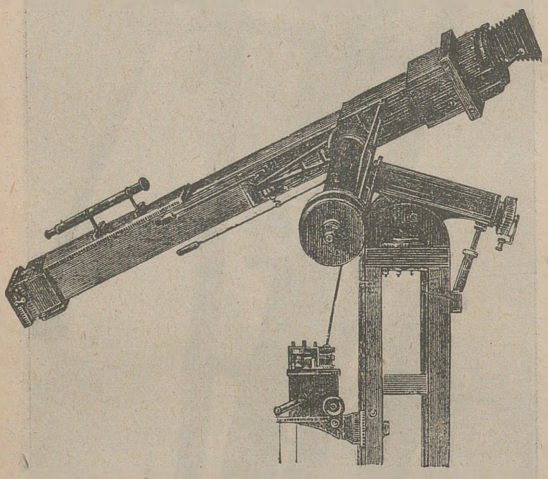
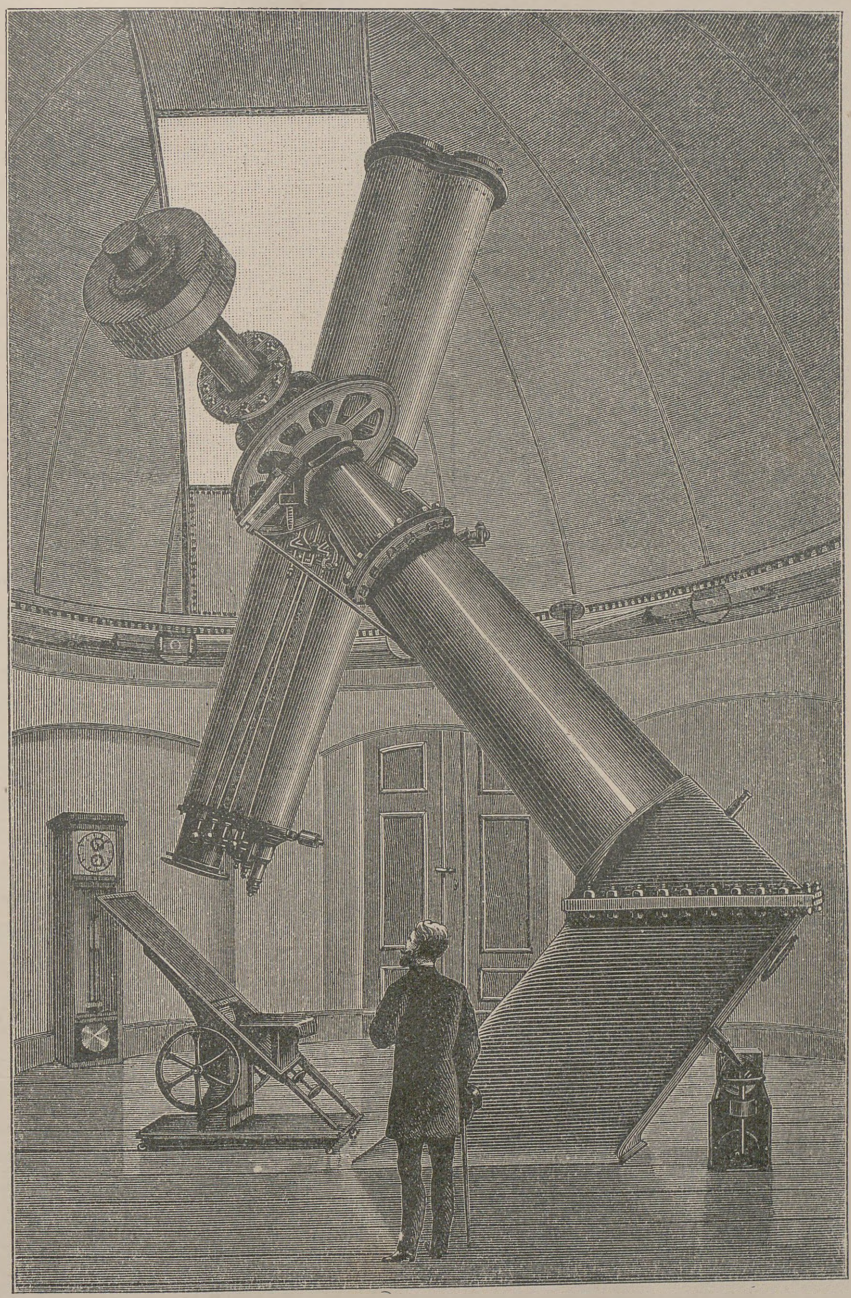


Рис. 319.

Въ новѣйшее время Норманъ Локьеръ увеличилъ число приборовъ, служащихъ для изслѣдованія солнца, построивъ свою призматическую камеру. Идея этого прибора, изображеннаго на рис. 319, весьма проста. Призматическая камера Локьера есть не что иное, какъ параллактически установленная труба, снабженная искателемъ и часовымъ механизмомъ, оканчивающаяся вмѣсто окуляра фотографической камерой и имѣющая передъ своимъ шестидюймовымъ объективомъ большую призму. Такую призматическую камеру Локьеръ впервые построилъ для солнечнаго затмѣнія 1893 года. О результатахъ, получаемыхъ при помощи этого прибора, мы уже говорили въ главѣ о солнцѣ.

Если спектръ солнца изучается при помощи спектроскопа, не привинченнаго къ экваторіалу съ часовымъ механизмомъ, то необходимо имѣть особое приспособленіе, при помощи котораго лучи, посылаемые къ намъ перемѣщающимся по небу солнцемъ, постоянно направлялись бы въ этотъ спектроскопъ. Такое приспособленіе носитъ названіе геліостата. На рис. 320 (стр. 871) изображенъ геліостатъ Зильбермана. Въ этомъ приборѣ зеркало *mm* составляетъ одно цѣлое съ перпендикулярною къ его плоскости діагональю μf суставчатаго четыреугольника $\alpha\mu ef$, одна сторона котораго $\alpha\mu$ параллельна падающему лучу *SoC*, а другая



Астрографъ Потсдамской обсерваторіи.

pc отраженному oR. Часовый механизмъ, помѣщенный въ коробкѣ H, вращаетъ всю дугу Cs вокругъ оси F, параллельной оси міра, а рамки, поддерживающія зеркало, вращаются вокругъ осей Co и or. Поэтому перпендикуляръ oN къ зеркалу самъ собою постоянно остается въ плоскости обоихъ лучей, и движеніе продолжается свободно во все время дня, отъ восхода до заката. Помощью дуги, находящейся внизу и не обозначенной на рисункѣ никакой буквой, наклонъ оси устанавливаютъ по широтѣ мѣста наблюденія, потомъ винтомъ D завинчиваютъ Cs такъ, чтобы указатель стоялъ на дѣленіи, обозначающемъ мѣсяцъ и число дня наблюденія, причемъ на другой поверхности этой дуги ноніусъ покажетъ соотвѣтственное склоненіе солнца. Тогда останется поставить стрѣлку циферблата BB на истинное время наблюденія, пустить въ ходъ механизмъ и поворачивать весь приборъ вокругъ вертикальной оси его основанія до тѣхъ поръ, пока лучъ, проходящій черезъ дырочку визира S, не упадетъ на средину пластинки p. Направить отраженный лучъ на желаемое мѣсто можно, передвигая дугу rr' и поворачивая ея плоскость вокругъ оси міра при посредствѣ винтовъ A и E.

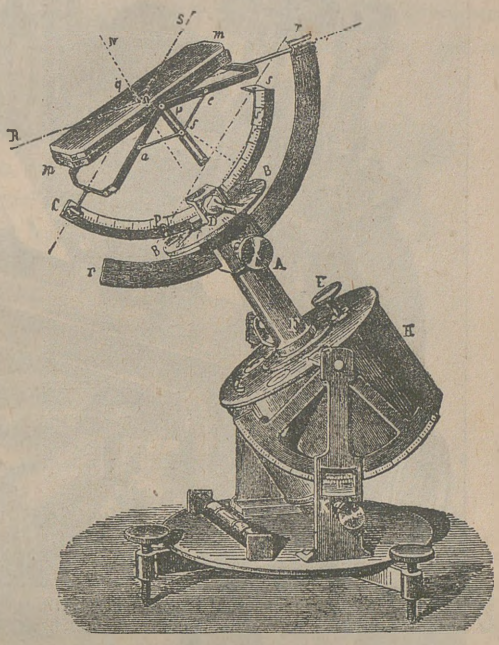


Рис. 3 0.

Въ новѣйшее время фотографированіе неба играетъ весьма важную роль въ астрономіи. Въ виду того, что астроному приходится фотографировать небесныя свѣтила, постоянно мѣняющія свое мѣсто на небесной сферѣ вслѣдствіе вращенія земли, инструментъ, служащій для фотографированія неба, долженъ быть снабженъ часовымъ механизмомъ. Съ другой стороны, астрономъ долженъ постоянно слѣдить за правильностью хода этого часового механизма, а для этой цѣли можетъ служить искатель, оптическая ось котораго должна быть параллельна оптической оси фотографической трубы. Въ такой искатель астрономъ можетъ слѣдить за тѣмъ, чтобы звѣзда въ теченіе всего фотографированія оставалась постоянно на пересѣченіи нитей, натянутыхъ въ фокусѣ искателя. Фотографическую трубу и трубу-искатель, по почину братьевъ Анри въ Парижѣ, помѣщаютъ въ одну общую оболочку. На основаніи изложенныхъ принциповъ и строятся въ новѣйшее время всѣ инструменты, предназначаемые для фотографированія неба. На прилагаемой при семъ таблицѣ изображенъ фотографическій двойной рефракторъ (экваторіалъ), принадлежащій астрономической обсерваторіи въ Потсдамѣ около Берлина. Фотографическій рефракторъ иначе называется астрографомъ. Совершенно подобный же астрографъ у насъ въ Россіи имѣется на пулковской обсерваторіи. Оба эти астрографа построены братьями Репсольдъ въ Гамбургѣ. Только-что упомянутая таблица показываетъ, что у потсдамскаго астрографа вся подставка имѣетъ направленіе оси міра, если не считать небольшого нижняго колѣна. При такой монтировкѣ дѣлаются возможными передвиженія трубы во всѣхъ ея положеніяхъ, чего нельзя сказать про монтировку, обыкновенно употребляемую для рефракторовъ (экваторіаловъ). Труба, какъ показываетъ таблица, обладаетъ почти эллиптическимъ сѣченіемъ. Это происходитъ отъ того, что въ одной оболочкѣ, какъ выше было

сказано, соединены двѣ трубы, оптическія оси которыхъ параллельны между собою. Фотографическій объективъ съ свободнымъ отверстіемъ въ 13 дюймовъ даетъ изображеніе небеснаго предмета на фотографической пластинкѣ, находящейся въ кассетѣ, помѣщенной на

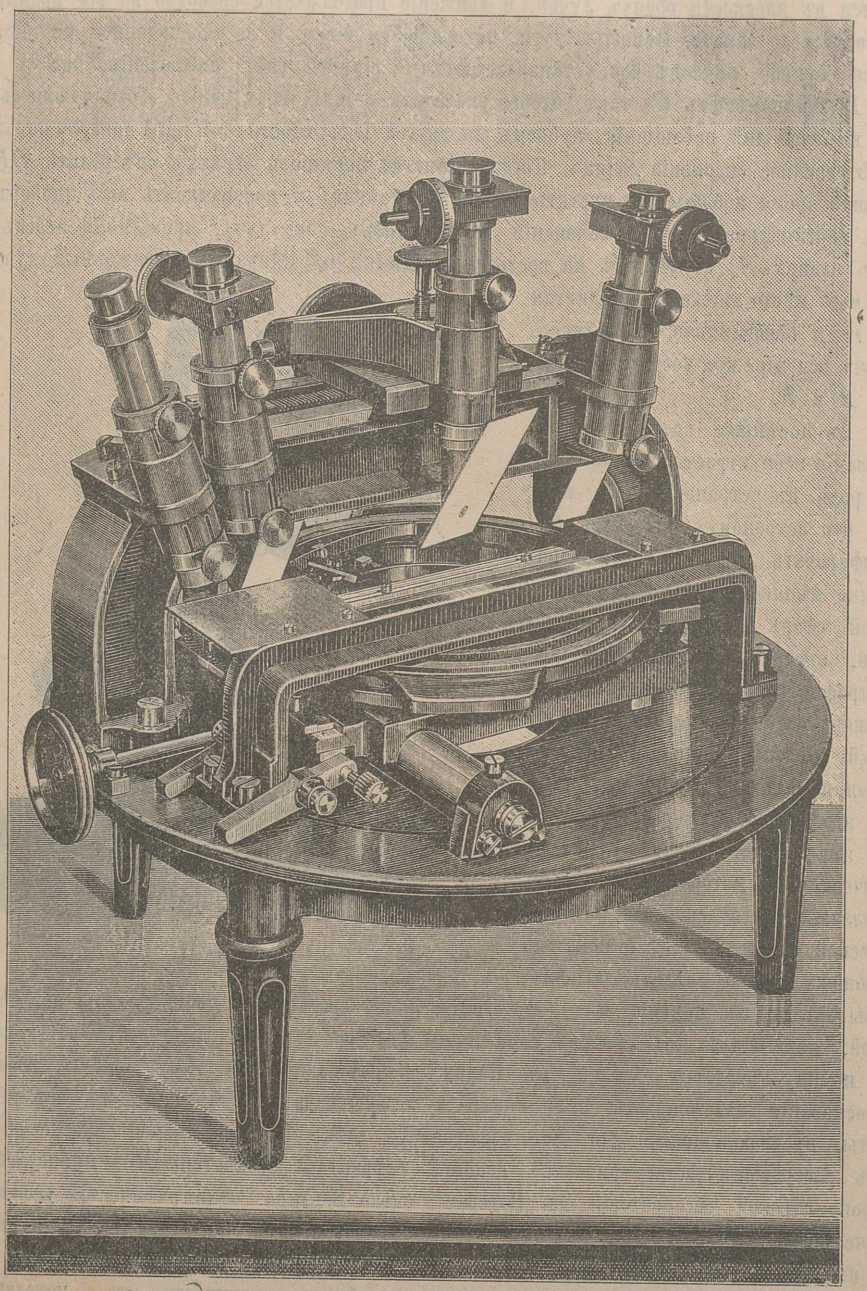


Рис. 321.

противоположномъ (окулярномъ) концѣ трубы. Объективъ, служащій для визуальныхъ наблюденій (для наблюденій глазомъ), а также для удержанія фотографируемой звѣзды на пересѣченіи нитей, имѣетъ въ діаметрѣ 9 дюймовъ. Часовой механизмъ помѣщается внизу направо.

Но недостаточно только сфотографировать какой-нибудь небесный объектъ, напр., двойную звѣзду, звѣздную группу и т. п.; необходимо еще произвести измѣренія на фотографической пластинкѣ съ цѣлью опредѣленія какъ относительнаго, такъ и абсолютнаго положенія снятыхъ звѣздъ. Для подобнаго рода измѣреній служитъ особый приборъ, изображенный на рис. 321 (стр. 872). Этотъ приборъ построенъ братьями Репсольдъ въ Гамбургѣ и можетъ служить, съ одной стороны, для измѣренія углового разстоянія между двумя свѣтилами и угла положенія, съ другой стороны, для опредѣленія прямоугольныхъ координатъ. Положимъ, что на фотографической пластинкѣ имѣются двѣ пересѣкающіяся взаимно-перпендикулярныя прямыя линіи. Въ такомъ случаѣ разстоянія звѣздъ отъ этихъ двухъ линій и называются прямоугольными координатами. Зная прямоугольныя координаты различныхъ звѣздъ, запечатлѣвшихся на пластинкѣ, можно затѣмъ вычислить разности ихъ прямыхъ восхожденій и склоненій. А зная прямое восхожденіе и склоненіе какой-нибудь одной изъ этихъ звѣздъ, мы опредѣлимъ прямыя восхожденія и склоненія и всѣхъ остальныхъ, т.-е. вычислимъ ихъ абсолютныя положенія на небѣ. Положеніе же этой одной звѣзды должно быть опредѣлено, напр., при помощи меридіаннаго круга. Приборъ для измѣренія фотографическихъ пластинокъ, изображенный на рис. 321 (стр. 872), принадлежитъ обсерваторіи Куфнера въ Вѣнѣ (Оттакрингъ). Вдаваться въ бо́льшія подробности относительно этого прибора мы не будемъ, такъ какъ это не можетъ представить интереса для широкой публики.

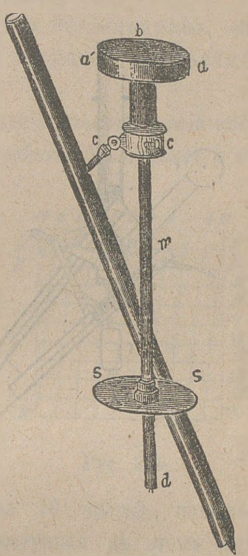


Рис. 322.

Къ числу астрофизическихъ приборовъ долженъ быть отнесенъ также актинометръ, о которомъ мы упоминали во второй части книги, въ главѣ о солнцѣ (часть II, § 24). Актинометромъ Гершель назвалъ изобрѣтенный имъ въ 1834 г. инструментъ, служащій для измѣренія нагрѣвательной силы солнечныхъ лучей. Нѣсколько позже, а именно въ 1838 году, Пулье изобрѣлъ такъ называемый пиргеліометръ, который изъ всѣхъ актинометровъ имѣетъ самое большое значеніе. Въ общемъ онъ состоитъ изъ цилиндрическаго серебрянаго сосуда $a'ba$ (рис. 322), крышка котораго установлена перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ; сосудъ наполненъ водою, въ которую погруженъ шарикъ очень чувствительнаго термометра, помѣщающійся въ трубкѣ m; крышка, воспринимающая лучи, покрыта сажей, для бо́льшаго ихъ поглощенія. Изъ повышенія температуры воды въ опредѣленное время вычисляютъ количество поглощеннаго тепла извѣстною площадью въ данное время. Къ этому надо еще прибавить ту теплоту, которую воспринимающая поверхность теряетъ черезъ лучеиспусканіе. Для опредѣленія этого количества теплоты устанавливаютъ актинометръ такъ, чтобы воспринимающая поверхность была обращена въ ту сторону неба, гдѣ нѣтъ солнца, и по пониженію температуры вычисляютъ потерянное количество тепла.

Здѣсь же необходимо сказать нѣсколько словъ о болометрѣ (часть II, § 59), т.-е. весьма точномъ измѣрителѣ тепловыхъ лучей, посылаемыхъ къ намъ, напр., солнцемъ или звѣздами. Болометръ, изобрѣтенный американскимъ ученымъ Ланглеемъ, позволяетъ изучать распредѣленіе теплоты въ различныхъ частяхъ солнечнаго спектра. Рис. 323 (стр. 874) показываетъ, какимъ образомъ болометръ B связанъ со спектроскопомъ. Лучи отъ свѣтила проходятъ черезъ коллиматоръ L и, преломившись въ призмѣ P, падаютъ на зеркало M, которое и посылаетъ ихъ по направленію къ болометру B. Въ болометрѣ B теплота доходящихъ до него лучей дѣйствуетъ на металлическую пластинку или проволоку, по которой проходитъ

гальваническій токъ. Результатъ такого дѣйствія заключается въ томъ, что при нагрѣваніи проволоки, проходящій въ ней токъ ослабѣваетъ; съ возстановленіемъ первоначальной температуры онъ получаетъ прежнюю силу, а съ охлажденіемъ ея усиливается. Такъ какъ сила гальваническаго тока измѣряется его дѣйствіемъ на подвижную магнитную стрѣлку, составляющую часть описываемаго прибора, то при дѣйствіи тепла на проволоку магнитная стрѣлка будетъ болѣе или менѣе отклоняться отъ первоначальнаго своего положенія. Болометръ Ланглея отличается большой чувствительностью, и въ немъ магнитная стрѣлка показываетъ малѣйшія измѣненія въ силѣ тока. О результатахъ, которые были получены при помощи актинометра и болометра, было сообщено въ главѣ о солнцѣ.

Въ заключеніе этого параграфа опишемъ приборъ, который служитъ для измѣренія яркости звѣздъ. Такого рода приборы называются фотометрами. На рис. 324 изображенъ фотометръ Цельнера. На штативѣ находится подвижная ось i, на которой укрѣплена горизонтальная ось съ сосудомъ a для керосина. Сосудъ этотъ соединенъ трубкою съ лампой, къ которой доступъ воздуха происходитъ черезъ трубку g; b есть зрительная труба, уравно-

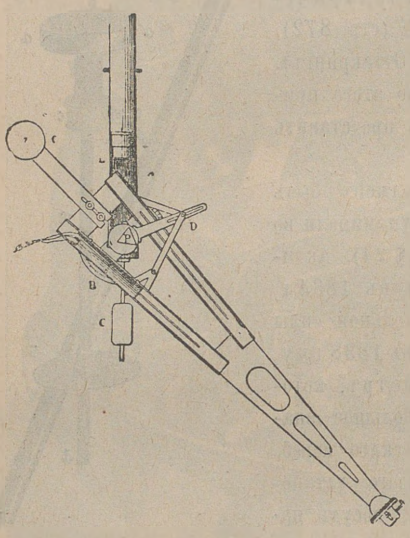


Рис. 323.

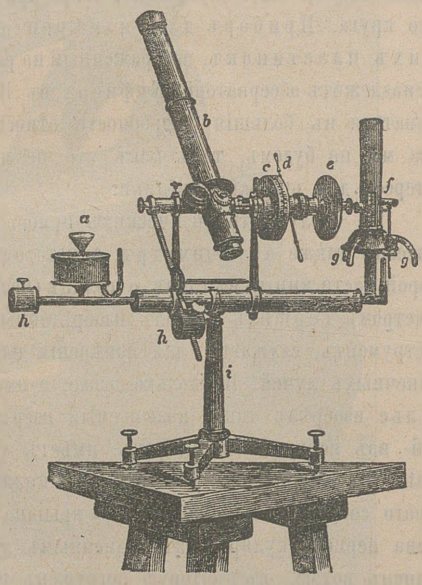


Рис. 324.

вѣшанная противовѣсомъ h. Посредствомъ трубки, перпендикулярной къ этой зрительной трубѣ, и зеркальнаго стекла отъ пламени лампы получается въ полѣ зрѣнія искусственная звѣзда, видимая одновременно съ естественною, яркость которой наблюдатель желаетъ измѣрить. Въ трубѣ помѣщены двѣ Николевы призмы, поляризующія свѣтъ искусственной звѣзды (часть II, § 6). Николевы призмы поворачиваются рычагомъ и даютъ возможность измѣнять произвольнымъ образомъ свѣтъ искусственной звѣзды. Наблюденіе производится слѣдующимъ образомъ. Наведя зрительную трубу на измѣряемую звѣзду, вращаютъ Николевы призмы до тѣхъ поръ, пока яркости естественной и искусственной звѣздъ не сдѣлаются равными между собою. Затѣмъ по раздѣленному кругу отсчитываютъ уголъ вращенія Николевыхъ призмъ, зная который можно по извѣстной формулѣ теоріи свѣта вычислить яркость наблюдаемой звѣзды. Такъ какъ естественныя звѣзды часто бываютъ окрашены различными цвѣтами, то въ фотометрѣ Цельнера имѣется особое приспособленіе, при помощи котораго можно окрашивать свѣтъ искусственной звѣзды и приравнивать ея окраску къ окраскѣ естественной звѣзды. *

§ 42. **Поперечный масштабъ, верньеръ и микроскопъ для отсчитыванія дѣленій.** Въ заключеніе нашего обзора наиболѣе важныхъ инструментовъ, служащихъ въ настоящее время для опредѣленія положенія свѣтилъ, для измѣренія размѣровъ дисковъ планетъ и для другихъ астрономическихъ цѣлей, мы скажемъ нѣсколько словъ о нѣкоторыхъ вспомогательныхъ инструментахъ, которые позволяютъ подраздѣлять на болѣе мелкія части дѣленія круговъ.

Если бы указатель, соединенный съ трубой инструмента и скользящій по кругу вдоль дѣленій, представлялъ собой простое остріе, то при помощи такого инструмента съ увѣренностью можно было бы измѣрять углы только съ точностью до одного дѣленія лимба. Поэтому, если бы мы пожелали отсчитывать отдѣльныя секунды, то пришлось бы на окружность круга нанести 1296000 штриховъ, но это представляется совершенно неосуществимымъ уже потому, что даже при довольно значительномъ діаметрѣ круга самые тонкіе штрихи должны быть настолько близки другъ къ другу, что ихъ толщина будетъ больше, чѣмъ промежутки между ними. Нужно поэтому имѣть средство, которое бы позволяло измѣрять весьма малыя величины даже при сравнительно грубыхъ дѣленіяхъ.

Для этой цѣли прежніе астрономы, начиная съ Пурбаха и Регіомонтана, пользовались и при отсчитываніи дѣленій круга приспособленіемъ, подобнымъ поперечному масштабу.

Поперечный масштабъ, служащій для точнаго подраздѣленія дѣленій какой-нибудь линейной мѣры на болѣе мелкія части, имѣетъ слѣдующее устройство. Въ концахъ 0 и 10 (рис. 325) даннаго отрѣзка XX' возставляютъ къ нему перпендикуляры OX и $10X'$ произвольной длины, дѣлятъ эти перпендикуляры на равныя части 0 I; I II...., черезъ точки дѣленія проводятъ линіи I I'; II II'...., параллельныя данной прямой 0, 10, и соединяютъ соотвѣтственно точки 0, 1, 2... линіи 0, 10 съ точками 0', 1', 2'... прямой X, X'. Число частей, на которое при такомъ построеніи можно подраздѣлять отрѣзокъ XX', равно произведенію числа дѣленій этого отрѣзка на число дѣленій перпендикуляра OX. Такъ, нашъ рисунокъ, на которомъ какъ отрѣзокъ XX', равный 3 снт., такъ и перпендикуляръ OX, каждый раздѣленъ на 10 частей, позволяетъ измѣрять сотыя доли трехъ сантиметровъ, т.-е. наименьшая доступная въ этомъ случаѣ измѣренію величина составляетъ 0,3 млм. Разсматривая треугольники, прилежащіе къ прямой 0, I, II..., легко убѣждаемся, что основаніе перваго изъ нихъ (наименьшаго) равно 0,3 млм., основаніе второго составляетъ $2 \times 0{,}3 = 0{,}6$ миллиметра и т. д., тогда какъ каждая горизонтальная сторона маленькихъ параллелограммовъ внутри сѣтки равна 3 млм. или 0,3 снт. Если мы желаемъ измѣрить какой-нибудь отрѣзокъ, мы должны взять его циркулемъ и отложить на нашемъ чертежѣ. Положимъ, что при этомъ одна ножка циркуля упадетъ въ точку II, а другая совпадетъ съ точкой пересѣченія прямыхъ 1,1' и II, II'. Въ такомъ случаѣ длина измѣряемаго отрѣзка будетъ равна $3 + 0{,}6 = 3{,}6$ млм.

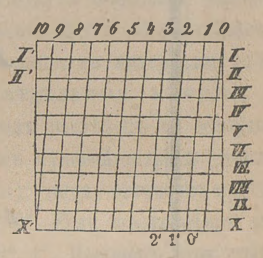


Рис. 325.

Посмотримъ теперь, какъ пользовались древніе подобнымъ построеніемъ для отсчитыванія мелкихъ частей дѣленій круга. Опишемъ рядъ круговъ DE, FG..., концентрическихъ съ тѣмъ, который служитъ собственно для измѣреній и который раздѣленъ на равныя части въ точкахъ A, B, C... (рис. 326, стр. 876); проведемъ черезъ эти точки къ общему центру круговъ M радіусы Ac, Bd... и построимъ діагонали cB, dC.... образованныхъ такимъ образомъ четыреугольниковъ $ABdc$, $BCKd$.... Если теперь дуги AB, BC, cd, dK.... считать прямыми линіями, а радіусы Ac, Bd.... взаимно параллельными (что, конечно, справедливо лишь приблизительно), то, какъ и прежде, каждая діагональ дастъ возможность отсчитывать на концентрическихъ кругахъ DE, FG.... болѣе мелкія части

интерваловъ AB, BC...., величина которыхъ обусловливается тѣмъ, сколько проведено круговъ, концентрическихъ съ ABC. Положимъ, что на нашемъ рисункѣ AB равна одной минутѣ, тогда $aa' = \frac{1'}{3} = 20''$ и точно также $bb' = 40''$. Пусть ML есть нить отвѣса, привѣшеннаго въ центрѣ круговъ M, тогда при вращеніи круга отвѣсъ будетъ проходить черезъ различныя точки дѣленій, и, пользуясь имъ, можно измѣрять углы съ точностью до $20''$, а прибѣгая къ приблизительной оцѣнкѣ на глазъ, и еще точнѣе. Но и здѣсь приходится наносить на кругъ очень много штриховъ; кромѣ того, сдѣланное выше допущеніе, что дуги AB, cd... суть прямыя линіи, а отрѣзки Ac, Bd... взаимно параллельны, строго говоря, несправедливо. Устранить эти недостатки удалось, по словамъ Вольфа, Верньеру, бельгійскому кастеллану въ Орнанѣ. Въ 1631 году онъ предложилъ въ высшей степени простое и въ то же время остроумное приспособленіе, которое вслѣдствіе своего совершенства вошло теперь во всеобщее употребленіе. Изобрѣтателемъ этого инструмента нѣкоторые считаютъ также португальскаго ученаго Нуньеца (Nunez, или по-латыни Nonius), жившаго за нѣсколько столѣтій раньше Верньера; однако, это невѣрно, потому что приборъ, изобрѣтенный Ноніусомъ, сильно отличается отъ приспособленія Верньера и далеко не такъ удобенъ.

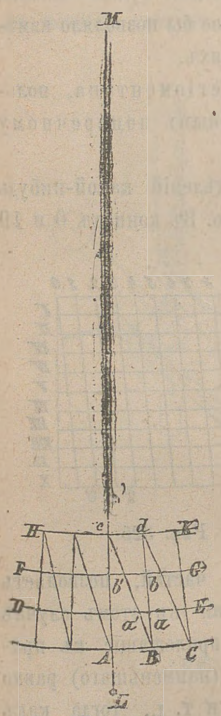


Рис. 326.

Пусть (рис. 327) ab есть часть измѣрительной линейки, раздѣленной штрихами 1, 2, 3... на дециметры. При помощи такой

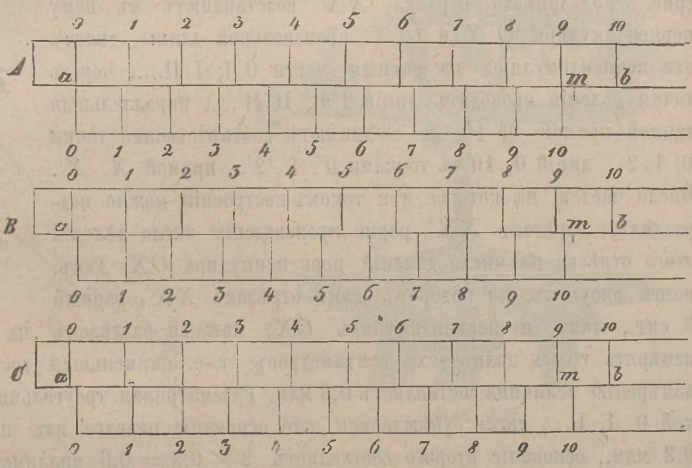


Рис. 327.

линейки непосредственно можно отсчитывать лишь цѣлые дециметры, тогда какъ сантиметры нужно оцѣнивать уже на глазъ. Если же къ этому масштабу присоединить верньеръ, длина котораго равна 9 дециметрамъ и который раздѣленъ на 10 равныхъ частей, то непосредственно можно будетъ измѣрять уже десятыя доли дециметра или сантиметры. Положимъ, что требуется опредѣлить въ сантиметрахъ разстояніе между штрихами m и b; для этого ставятъ верньеръ такъ, какъ это указано на рисункѣ (положеніе A), а именно, чтобы его 10-ое дѣленіе совпадало съ 9-ымъ штрихомъ линейки; оставляя затѣмъ линейку неподвижной, передвигаютъ верньеръ до совпаденія штриховъ 1 и 1 (положеніе B) и еще вправо до тѣхъ поръ, пока послѣднее десятое дѣленіе верньера не совпадетъ съ штрихомъ m (положеніе C). Если при этомъ положеніи верньера второе его дѣленіе точно совпадаетъ со вторымъ штрихомъ линейки, т.-е. если штрихи 2 и 2 составляютъ одну прямую линію, то это показываетъ, что штрихъ m отстоитъ отъ девятаго дѣленія линейки

на 2 десятыхъ доли одного дѣленія и, слѣдовательно, искомое разстояніе mb будетъ равно 0,8 дециметра или 8 сантиметрамъ.

Между дѣленіями верньера, какъ это видно изъ рисунка 327, остается достаточно мѣста для того, чтобы можно было каждый интервалъ раздѣлить еще на 10 частей, и тогда при помощи линейки, имѣющей такой верньеръ, можно уже отсчитывать непосредственно не только десятыя, но и сотыя доли дециметра, т.-е. миллиметры. Если же при такомъ подраздѣленіи штрихи находятся такъ близко другъ отъ друга, что ихъ лишь съ трудомъ можно различать невооруженнымъ глазомъ, то для отсчета дѣленій слѣдуетъ пользоваться лупой, но только ее надо укрѣпить такъ, чтобы, передвигая ее надъ верньеромъ, можно было каждый штрихъ послѣдняго получать въ серединѣ поля зрѣнія лупы.

Только что описанное приспособленіе пригодно и для круговыхъ дѣленій. Дѣйствительно, положимъ, что на рисункѣ 327 ab есть дуга круга какого-нибудь инструмента, раздѣленная на равныя части штрихами, и что каждое дѣленіе равно, напримѣръ, $10'$. Вообразимъ далѣе, что подъ этимъ кругомъ укрѣплена небольшая дуга другого круга, снабженная верньеромъ, и что при вращеніи поддерживающей эту дугу алидады вокругъ центра верньеръ перемѣщается вдоль окружности неподвижнаго круга инструмента или вдоль лимба. Длина дуги верньера пусть будетъ равна 9 дѣленіямъ лимба, т.-е. составляетъ $9 \times 10 = 90'$, и положимъ, что она, какъ и раньше, раздѣлена на 10 равныхъ частей. Отсюда слѣдуетъ, что каждое дѣленіе верньера равно 9 минутамъ. Поэтому, если верньеръ установленъ относительно лимба такъ, что ихъ нулевыя дѣленія совпадаютъ, т.-е. штрихи 0 и 0 образуютъ одну прямую линію, то послѣднія ихъ дѣленія 9 и 10 тоже будутъ совпадать; дѣленія же 1 и 1, 2 и 2, 3 и 3 и такъ далѣе будутъ отстоять другъ отъ друга соотвѣтственно на $1'$, $2'$, $3'$ и т. д. Отсюда видно, что, хотя кругъ раздѣленъ лишь на интервалы, равные $10'$, но съ нимъ можно при помощи верньера измѣрять отдѣльныя минуты, и результатъ будетъ такой же точности, какъ если бы кругъ былъ раздѣленъ на минуты.

Пусть теперь кругъ и верньеръ установлены такъ, что его нулевой штрихъ стоитъ противъ дѣленія лимба, равнаго $10^0\ 0'$ (рис. 327, положеніе A); тогда, отсчитавъ кругъ, мы скажемъ, что измѣренный инструментомъ уголъ равенъ $10^0\ 0'$. Если же верньеръ занимаетъ положеніе B, то наблюденный уголъ будетъ равенъ $10^0\ 1'$. Наконецъ, при положеніи C этотъ уголъ равенъ $10^0\ 2'$ и т. д.

Наконецъ, для той же цѣли, что и верньеръ, можетъ служить также микроскопъ, напоминающій своимъ устройствомъ описанный выше (§ 38) винтовой микрометръ. Подобно тому, какъ, пользуясь подвижной нитью окуляра, можно измѣрять разстояніе между двумя звѣздами, или, лучше сказать, разстояніе между полученными объективомъ изображеніями этихъ звѣздъ, точно также при помощи микроскопа можно опредѣлить разстояніе, напримѣръ, между девятымъ штрихомъ лимба и положеніемъ индекса m; если величину этого разстоянія прибавить къ числу, соотвѣтствующему дѣленію 9, то положеніе индекса будетъ опредѣлено вполнѣ точно. Очевидно, что въ этомъ случаѣ никакихъ новыхъ дѣленій, кромѣ тѣхъ, которыя имѣются на лимбѣ, наносить не надо. Это обстоятельство, въ связи съ тѣмъ, что изготовляемые въ настоящее время микрометрическіе винты отличаются большой точностью, дѣлаетъ микроскопъ весьма удобнымъ для употребленія, причемъ микроскопъ даетъ болѣе точные результаты, чѣмъ верньеръ, и съ нимъ можно измѣрять еще болѣе мелкія части дѣленій, чѣмъ съ верньеромъ. Вслѣдствіе этого въ послѣднее время во всѣхъ инструментахъ, предназначаемыхъ для весьма точныхъ измѣреній, вмѣсто верньера употребляется микроскопъ.

§ 43. **Опредѣленіе долготы мѣста изъ наблюденій падающихъ звѣздъ, свѣтовыхъ сигналовъ и затмѣній.** Въ предыдущихъ параграфахъ мы изложили нѣсколько способовъ для опредѣленія высоты полюса, или географической широты даннаго мѣста и для опредѣленія направленія меридіана или, что сводится къ тому же самому, азимута какого-ни-

будь земного предмета. Намъ остается еще показать, какъ опредѣляется географическая долгота—этотъ важный элементъ, безъ котораго мы не можемъ знать, въ какой точкѣ земной поверхности или, по крайней мѣрѣ, въ какой точкѣ земной параллели мы находимся.

Подъ географической долготой разумѣется, какъ извѣстно, уголъ, заключенный между двумя земными меридіанами, изъ которыхъ одинъ проходитъ черезъ мѣсто наблюденія, другой черезъ опредѣленную точку земного шара. Второй меридіанъ считается начальнымъ: отъ него ведется счетъ угловъ; его можно выбрать, конечно, произвольно, но въ настоящее время за начальный меридіанъ почти всегда выбирается меридіанъ, проходящій черезъ обсерваторію въ Гринвичѣ (введеніе § 12). * Впрочемъ въ Россіи за начальный меридіанъ по большей части считается меридіанъ, проходящій черезъ пулковскую обсерваторію. * Вращеніе земли даетъ самое простое средство для опредѣленія долготы мѣста; дѣйствительно, нетрудно видѣть (часть I, §§ 18, 99), что долгота какого-нибудь мѣста относительно Гринвича есть не что иное, какъ разность времени въ Гринвичѣ и въ данномъ мѣстѣ въ одинъ и тотъ же моментъ; отсюда сейчасъ же слѣдуетъ, что разность географическихъ долготъ двухъ какихъ-нибудь точекъ земной поверхности равна разности ихъ мѣстныхъ временъ въ одинъ и тотъ же моментъ.

Поэтому при опредѣленіи долготъ вопросъ состоитъ, прежде всего, въ томъ, чтобы отыскать таутохронное явленіе, т.-е. такое, которое наблюдается вездѣ въ одинъ и тотъ же моментъ времени; затѣмъ наблюдателямъ въ обоихъ мѣстахъ останется только замѣтить въ одинъ и тотъ же моментъ часы, минуты и секунды по хронометру, т.-е. опредѣлить истинное или среднее солнечное или же звѣздное мѣстное время. Разность замѣченныхъ временъ и будетъ равна искомой разности долготъ двухъ пунктовъ.

Въ началѣ прошлаго столѣтія довольно долгое время для этой цѣли пользовались наблюденіями надъ падающими звѣздами или же устраивали искусственныя таутохронныя явленія, а именно: въ видимомъ съ намѣченныхъ станцій пунктѣ въ заранѣе опредѣленный моментъ времени производился пороховой взрывъ; понятно, что оба наблюдателя могли видѣть появленіе такого сигнала въ одинъ и тотъ же моментъ.

Къ таутохроннымъ небеснымъ явленіямъ, прежде всего, надо отнести такъ называемыя физическія затмѣнія, куда относятся, между прочимъ, и затмѣнія нашей луны. Это явленіе, какъ извѣстно, состоитъ въ томъ (часть I, § 100), что освѣщенный дискъ луны во время полнолунія погружается въ конусъ тѣни, отбрасываемой землей, вслѣдствіе чего луна дѣйствительно теряетъ тотъ свѣтъ, который она заимствуетъ отъ солнца. Поэтому такое помраченіе диска луны можно наблюдать въ одинъ и тотъ же моментъ изъ всѣхъ тѣхъ мѣстъ, откуда вообще можно видѣть луну въ моментъ затмѣнія, и нужно лишь отмѣтить этотъ моментъ по вѣрнымъ часамъ, идущимъ по мѣстному времени, чтобы тотчасъ же получить разность долготъ.

Подобнымъ же образомъ затмѣнія спутниковъ Юпитера таутохронны для всѣхъ жителей земли; поэтому ими тоже можно воспользоваться для непосредственнаго опредѣленія долготы, о чемъ было упомянуто уже выше (часть II, § 125). Но что касается лунныхъ затмѣній, то они имѣютъ тотъ недостатокъ, что надъ ними нельзя производить достаточно точныхъ наблюденій, такъ какъ конусъ земной тѣни окруженъ еще полутѣнью и не имѣетъ, слѣдовательно, рѣзкихъ очертаній, поэтому самый моментъ начала или конца затмѣнія съ точностью опредѣлить невозможно. Край луны около того мѣста, гдѣ должно начаться затмѣніе, погружаясь въ полутѣнь, покрывается не задолго до начала самаго затмѣнія какъ бы тусклой вуалью, которая медленно распространяется къ центру диска, причемъ покрытый его край меркнетъ все больше и больше, свѣтъ тускнетъ постепенно, и опредѣлить точно моментъ полнаго затмѣнія совершенно невозможно. То же самое можно сказать и относительно конца затмѣнія. Это обстоятельство старались устранить тѣмъ, что наблюдали покрытіе и открытіе тѣнью лунныхъ пятенъ, но и эти наблюденія страдаютъ, хотя и въ

меньшей степени, тѣмъ же недостаткомъ. Наблюденія затмѣній спутниковъ Юпитера даютъ, разумѣется, болѣе точные результаты, но и здѣсь остается еще желать многаго.

Оптическія затмѣнія, т.-е. солнечныя затмѣнія и покрытія звѣздъ луною происходятъ тогда, когда луна при своемъ движеніи становится между наблюдателемъ и солнцемъ или неподвижной звѣздой и дѣлаетъ эти свѣтила для насъ невидимыми, или, какъ обыкновенно говорятъ, затмѣваетъ, покрываетъ ихъ. Легко понять, что эти явленія для наблюдателей въ различныхъ точкахъ земли представляются въ весьма различномъ видѣ: тогда какъ, напримѣръ, для наблюдателя, находящагося къ востоку отъ какого-нибудь пункта, луна расположена нѣсколько западнѣе звѣзды, для наблюдателя, находящагося въ самомъ этомъ пунктѣ, звѣзда уже покрыта луннымъ дискомъ. Эти явленія, слѣдовательно, не таутохронны; но, зная точно движеніе луны, легко при помощи несложныхъ вычисленій привести сдѣланныя на земной поверхности наблюденія къ тѣмъ моментамъ, въ которые было бы видно наступленіе оптическаго затмѣнія изъ центра земли, и если эти приведенія сдѣланы для всѣхъ наблюденій, то, вычитая одно изъ другого полученныя такимъ образомъ мѣстныя времена, мы тотчасъ же найдемъ разности долготъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ произведены были наблюденія.

§ 44. **Опредѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ и по кульминаціямъ луны.** Только-что описанные способы опредѣленія долготъ страдаютъ тѣмъ недостаткомъ, что они или годятся лишь для близкихъ другъ къ другу пунктовъ (напр., первые два способа), или же не могутъ служить для ежедневныхъ наблюденій (остальные способы), и такая зависимость отъ небесныхъ явленій должна сильно стѣснять особенно моряковъ. Такого рода недостатками не страдаетъ способъ опредѣленія долготы по луннымъ разстояніямъ. Этотъ методъ былъ предложенъ еще Америго Веспуччи, а послѣ него Галлилеемъ, но на практикѣ онъ не могъ сначала принести большой пользы, такъ какъ въ концѣ XVII столѣтія теорія луны, установленная лишь въ послѣднее время, была еще очень несовершенна. Наоборотъ, въ наши дни этого препятствія болѣе не существуетъ. Идея самого метода состоитъ въ слѣдующемъ.

Изъ астрономическихъ таблицъ можно для каждаго момента опредѣлить геоцентрическое, т.-е. видимое изъ центра земли, положеніе луны, въ звѣздныхъ же каталогахъ даются мѣста многихъ звѣздъ; по этимъ даннымъ легко для любого момента опредѣлить разстояніе луны отъ выбранныхъ звѣздъ. И, дѣйствительно, въ астрономическихъ таблицахъ для каждаго дня даются черезъ каждые шесть или даже черезъ каждые три часа разстоянія луны отъ планетъ, солнца и 10—12 яркихъ звѣздъ; корабль, отправляющійся въ плаваніе, беретъ эти таблицы съ собой, чтобы, пользуясь ими, имѣть возможность опредѣлять долготы. Положимъ, что разстояніе луны отъ другого какого-нибудь свѣтила, напримѣръ, отъ солнца, вычислено для слѣдующихъ моментовъ.

Среднее гринвичское время.	Геоцентрическое разстояніе луны отъ солнца.	Разность.
18 августа 0 час. пополуночи . .	$24^\circ\ 30'\ 10''$	
		$3^\circ\ 20'\ 30''$
6 » утра	$27\ 50\ 40$	
		$3\ 30\ 45$
12 » пополудни . . .	$31\ 21\ 25$	
		$3\ 41\ 15$
6 » вечера	$35\ 2\ 40$	

Предположимъ далѣе, что корабль, находящійся въ Тихомъ Океанѣ, опредѣливъ сначала поправку своихъ часовъ, нашелъ, при помощи секстанта, что въ 7 час. 3 мин. 40 сек. вечера по среднему мѣстному времени разстояніе центровъ солнца и луны было равно $28^\circ\ 30'\ 10''$. Это разстояніе нельзя еще прямо сравнивать съ тѣми, которыя даны выше. Вычисленныя заранѣе разстоянія относятся, какъ говорятъ, къ центру земли, тогда какъ съ корабля наблюдаютъ, конечно, не то, что видно изъ центра земли, а то, что можно видѣть съ ея поверхности; поэтому, прежде всего, надо наблюденное разстояніе также при-

вести къ центру земли. Не останавливаясь здѣсь на довольно длинныхъ, требующихъ много времени, вычисленіяхъ этой редукціи, мы примемъ, что въ данномъ случаѣ приведеніе къ центру земли составляетъ $+ 0^0\ 12'\ 20''$, такъ что наблюденное разстояніе, видимое изъ центра земли, было бы равно $28^0\ 42'\ 30''$.

Теперь спрашивается, въ какой моментъ по среднему гринвичскому времени геоцентрическое разстояніе солнца и луны было равно въ этотъ день $28^0\ 42'\ 30''$? Изъ приведенной выше таблицы видно, что разстояніе разсматриваемыхъ свѣтилъ отъ шести часовъ утра до полудня мѣняется на $3^0\ 30'\ 45''$, между тѣмъ наблюденное геоцентрическое разстояніе отличается отъ того, которое было въ шесть часовъ, всего на $0^0\ 51'\ 50''$; поэтому, чтобы отвѣтить на поставленный вопросъ, достаточно рѣшить пропорцію:

$$3^0\ 30'\ 45'' : 6^h = 0^0\ 51'\ 50'' : x,$$

откуда $x = 1^h\ 28^m\ 32{,}5^s$; прибавивъ это время къ шести часамъ, мы найдемъ, что искомое среднее гринвичское время наблюденія было равно $7^h\ 28^m\ 32{,}5^s$. Мы имѣемъ слѣдовательно:

среднее время мѣста наблюденія	7^h	3^m	$40{,}0^s$	вечера
среднее гринвичское время.	7	28	32,5	утра
разность равна . .	11	35	7,5.	

Эта разность и есть географическая долгота корабля, причемъ мѣстонахожденіе корабля лежитъ къ востоку отъ Гринвича, такъ какъ мѣстное время корабля больше гринвичскаго. Если полученную разность мы выразимъ не во времени, а въ градусахъ, для чего, какъ извѣстно, ее надо умножить на 15 (Введеніе § 1), то найдемъ, что во время наблюденія восточная долгота корабля, считаемая отъ Гринвича, была равна $173^0\ 46{,}9'$.

Способъ опредѣленія долготы по лунным кульминаціямъ очень сходенъ съ только-что описаннымъ. Вслѣдствіе быстраго движенія луны не только ея разстоянія отъ другихъ свѣтилъ, но и ея прямое восхожденіе мѣняется настолько сильно, что по прямому восхожденію, наблюденному въ любомъ пунктѣ въ нѣкоторый моментъ по мѣстному времени, можно легко вычислить гринвичское время, когда прямое превосхожденіе луны имѣло то же самое значеніе.

Эти наблюденія удобнѣе всего производить во время кульминацій луны, потому что тогда прямое восхожденіе можно опредѣлить очень точно съ помощью пассажнаго инструмента (§ 26); кромѣ того, наблюденное прямое восхожденіе можно прямо сравнивать съ геоцентрическимъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ не надо вводить поправокъ ни за рефракцію, ни за параллаксъ. Дѣйствительно, меридіанъ является одновременно и кругомъ высотъ и кругомъ склоненій, такъ какъ онъ проходитъ и черезъ зенитъ и черезъ полюсъ, но какъ рефракція (часть I, § 105), такъ и параллаксъ (часть I, § 40) дѣйствуютъ по кругу высотъ, поэтому они не вліяютъ на время прохожденія свѣтилъ черезъ меридіанъ. Вслѣдствіе этого наблюденія лунныхъ кульминацій проще наблюденій лунныхъ разстояній, но зато ихъ нельзя производить на морѣ или во время научныхъ экспедицій въ неизслѣдованныя страны, такъ какъ эти наблюденія требуютъ инструмента, неизмѣнно установленнаго въ плоскости меридіана, а, слѣдовательно, постоянныхъ или, по крайней мѣрѣ, временныхъ обсерваторій. Съ цѣлью облегченія наблюденій лунныхъ кульминацій въ большихъ астрономическихъ календаряхъ прямое восхожденіе луны дается черезъ каждый часъ для цѣлаго года.

Чтобы и этотъ способъ пояснить примѣромъ, положимъ, что 8 декабря 1894 года въ $8^h\ 34^m\ 18{,}8^s$ по среднему мѣстному времени наблюденное прямое восхожденіе луны въ моментъ ея кульминаціи было равно $1^h\ 45^m\ 55{,}1^s$. Астрономическія же эфемериды даютъ

Среднее гринвичское время.	Прям. восх. луны.	Разность.
9 декабря 1894 г. въ 4^h утра . .	$1^h\ 45^m\ 10{,}6^s$	
5 » . .	1 47 14,6	$2^m\ 4{,}0^s$
6 » . .	1 49 19,1	2 4,5

Отсюда, прежде всего, видно, что наблюденіе произведено между 4 и 5 часами утра гринвичскаго времени. Затѣмъ, такъ какъ наблюденное прямое восхожденіе на $0^m\ 44{,}5^s$ больше того, которое было въ 4 часа, а измѣненіе его въ одинъ часъ, т.-е. въ 60^m, равно $2^m\ 4{,}0^s = 124^s$, то будемъ имѣть пропорцію

$$124{,}0 : 44{,}5 = 60 : x,$$

откуда

$$x = 21{,}532^m = 21^m\ 31{,}9^s.$$

Итакъ, прямое восхожденіе луны имѣло вышеуказанное значеніе 9 декабря въ $4^h\ 21^m\ 31{,}9^s$ утра по гринвичскому времени, или 8 декабря въ $8^h\ 34^m\ 18{,}8^s$ вечера по мѣстному времени. Разность составляетъ $7^h\ 47^m\ 13{,}1^s$, поэтому мѣсто наблюденія лежитъ на $7^h\ 47^m\ 13{,}1^s$ или $116^0\ 48{,}3'$ къ западу отъ Гринвича.

§ 45. **Опредѣленіе долготы по телеграфу и перевозкой хронометровъ.** Завоеванія новѣйшаго времени—телеграфъ и хронометръ—даютъ намъ средство не только для болѣе простого и болѣе быстраго опредѣленія долготы мѣста, но и позволяютъ сдѣлать это опредѣленіе съ огромною точностью, которой совершенно нельзя было достигнуть, пользуясь старыми, только-что описанными методами.

Что касается способа опредѣленія долготы по телеграфу, то понятно, что, замыкая электрическій токъ, можно передавать изъ одного мѣста въ другое сигналы, соотвѣтствующіе опредѣленному моменту по мѣстному времени, подобно тому, какъ въ телеграфной конторѣ передаются сигналы, замѣняющіе буквы. Далѣе, вслѣдствіе громадной скорости распространенія электрическаго тока, можно въ первомъ приближеніи пренебречь тѣмъ временемъ, которое употребляетъ токъ, чтобы пройти разстояніе между двумя пунктами, или, другими словами, можно принять, что сигналъ подается въ одномъ мѣстѣ и получается въ другомъ одновременно. При такомъ предположеніи разность мѣстныхъ временъ, въ которыя сигналъ былъ поданъ на одной станціи и полученъ въ другой, представляетъ разность долготъ двухъ станцій. Положимъ, напримѣръ, что обсерваторіи въ Вѣнѣ и Берлинѣ соединены телеграфомъ, и что вѣнскій астрономъ, нажавъ ключъ своего телеграфнаго прибора, подалъ на берлинскую обсерваторію сигналъ ровно въ $10^h\ 0^m\ 0^s$. Этотъ сигналъ былъ полученъ берлинскимъ астрономомъ въ $9^h\ 48^m\ 13{,}4^s$ по берлинскому времени. Такъ какъ разность временъ равна $11^m\ 46{,}6^s$, то отсюда сейчасъ же слѣдуетъ, что берлинская обсерваторія лежитъ на $11^m\ 46{,}6^s$ или на $2^0\ 56'\ 39''$ къ западу отъ вѣнской.

Изложеніе способовъ, служащихъ при работахъ большой точности для опредѣленія того промежутка времени, которымъ мы выше пренебрегли, а именно, въ теченіе котораго электрическій токъ распространяется отъ одного наблюдательнаго пункта додругого, и объясненіе того, какъ принимается во вниманіе этотъ промежутокъ при вычисленіи, какъ вводится цѣлый рядъ другихъ весьма малыхъ поправокъ и т. д., завлекло бы насъ слишкомъ далеко. Поэтому мы и ограничимся вышеизложеннымъ объясненіемъ самой сущности метода, причемъ замѣтимъ, что большая часть современныхъ опредѣленій долготъ между тѣми пунктами, которые соединены телеграфомъ или которые можно было временно соединить телеграфомъ безъ особенно большихъ расходовъ и затрудненій, произведена именно по этому способу.

Приступая къ изложенію способа опредѣленія долготъ при помощи перевозки хронометровъ, мы, прежде всего, напомнимъ, что задача состоитъ въ опредѣленіи мѣстнаго времени двухъ пунктовъ въ одинъ и тотъ же моментъ. Такимъ образомъ, если мы

со станціи A перевеземъ на другую станцію B часы, идущіе вполнѣ правильно и не имѣющіе, слѣдовательно, ни поправки, ни хода (§ 20), т.-е. если мы перенесемъ, такъ сказать, мѣстное время A въ точку B, то, для опредѣленія разности долготъ этихъ двухъ точекъ, достаточно лишь сравнить показаніе перевезенныхъ въ B часовъ съ часами, вѣрно идущими по мѣстному времени станціи B.

То, что сказано сейчасъ относительно часовъ или хронометровъ, идущихъ вполнѣ правильно по мѣстному времени, относится также и къ хронометрамъ, ходъ и поправка которыхъ хорошо извѣстны. Представимъ себѣ, напримѣръ, что корабль, прежде чѣмъ покинуть Гринвичъ, изъ сравненій своего хронометра съ часами обсерваторіи, нашелъ, что этотъ хронометръ въ сутки уходитъ впередъ на $2{,}0^s$ по среднему времени или, другими словами, имѣетъ суточный ходъ, равный $-2{,}0^s$, и что въ день отъѣзда въ 8^h вечера онъ былъ впереди противъ средняго гринвичскаго времени на $0^h\ 3^m\ 0{,}0^s$, т.-е. его поправка относительно этого времени была равна $-0^h\ 3^m\ 0{,}0^s$; положимъ, далѣе, что 40 дней спустя, хронометръ показывалъ $8^h\ 26^m\ 50^s$, тогда какъ изъ наблюденій солнечныхъ высотъ было найдено, что мѣстное время въ этотъ моментъ было $17^h\ 30^m\ 22^s$, т.-е. $5^h\ 30^m\ 22^s$ утра. Въ такомъ случаѣ, долготу корабля нетрудно опредѣлить слѣдующимъ простымъ способомъ. Суточный ходъ хронометра равенъ $-2{,}0^s$, что въ 40 дней составляетъ $-1^m\ 20^s$; при отъѣздѣ его поправка была $-3^m\ 0^s$, теперь она возрасла, слѣдовательно, до $-4^m\ 20^s$. Поэтому, когда хронометръ показывалъ $8^h\ 26^m\ 50^s$, среднее гринвичское время было равно $8^h\ 22^m\ 30^s$, а мѣстное время корабля было на $9^h\ 7^m\ 52^s$ впереди гринвичскаго; отсюда слѣдуетъ, что корабль отстоялъ на $9^h\ 7^m\ 52^s$ или на $136^0\ 58'$ къ востоку отъ Гринвича.

Совершенство, котораго достигло устройство хронометровъ еще въ началѣ прошлаго столѣтія, позволило значительно расширить область примѣненія только-что описаннаго способа; и, дѣйствительно, до изобрѣтенія электрическаго телеграфа имъ пользовались не только для опредѣленія положенія корабля въ морѣ, но и для опредѣленія долготъ между постоянными обсерваторіями. Такъ, въ первую треть прошлаго столѣтія разность долготъ между Петербургомъ, Гамбургомъ, Гринвичемъ и Парижемъ была опредѣлена грандіозной перевозкой хронометровъ: на снаряженныхъ правительствами спеціально для этой цѣли корабляхъ нѣсколько сотъ хронометровъ перевозились по нѣсколько разъ изъ одной станціи въ другую.

§ 46. **Морская астрономія.** Судьба мореплавателя постоянно зависитъ отъ знанія мѣстности, поэтому онъ не можетъ, какъ обыкновенный путешественникъ по сушѣ, слишкомъ далеко удаляться изъ той области, которая ему хорошо извѣстна и гдѣ онъ всегда можетъ ориентироваться; онъ не долженъ далеко отплывать отъ береговъ, можетъ выѣхать изъ гавани лишь въ хорошую, безоблачную погоду и притомъ не ночью; онъ долженъ остерегаться страшныхъ бурь, которыя могутъ увлечь его въ открытое море или занести въ неизвѣстныя мѣста. Сказанное объясняетъ тѣ трудности, съ которыми въ древности были сопряжены для прибрежныхъ жителей морскія путешествія въ новыя страны, и тѣ препятствія, которыя въ теченіе цѣлыхъ тысячелѣтій мѣшали сношеніямъ между жителями, населяющими различныя части земной поверхности; этимъ же объясняется и то, почему до новѣйшаго времени арена нашей исторіи отличалась крайне узкими границами.

Мореплаванію, которое стремилось освободиться отъ этихъ вѣками связывающихъ его свободу оковъ, предстояло рѣшить такія задачи:

1) найти способъ легко и точно опредѣлять, по возможности часто, положеніе корабля на поверхности моря;

2) найти средство, которое позволяло бы во время плаванія придерживаться извѣстнаго направленія.

Если мы знаемъ положеніе корабля, то можно намѣтить на картѣ путь, которому

надо слѣдовать, чтобы прибыть въ заранѣе опредѣленное нами мѣсто; если же рѣшенъ второй вопросъ, то мы можемъ направить корабль по намѣченному пути и навѣрное достигнуть, въ концѣ концовъ, цѣли. Пусть, напримѣръ, мы нашли, что корабль нашъ находится къ сѣверу отъ липарскаго острова Стромболи, хотя самого острова совсѣмъ и не видно; тогда извѣстно, что для того, чтобы прибыть на островъ Эльбу, нужно постоянно направлять корабль къ сѣверо-западу, и если мы будемъ строго держаться этого направленія, то, безъ сомнѣнія, достигнемъ Эльбы.

Изъ указанныхъ задачъ сначала была рѣшена вторая. Свойство свободно привѣшаннаго магнита обращаться къ сѣверу всегда однимъ и тѣмъ же концомъ дало намъ возможность въ какое угодно время и въ какомъ угодно мѣстѣ различать страны свѣта и указывать направленіе, котораго мы должны держаться, чтобы достичь опредѣленной точки. Поэтому на кормовой части корабля передъ штурманомъ всегда устанавливается буссоль, т.-е. магнитная стрѣлка, къ которой прикрѣплена такъ называемая роза съ обозначеніемъ странъ свѣта, такъ что стрѣлка и роза вращаются вмѣстѣ. На внутренней стѣнкѣ коробки со стороны носа корабля проведена широкая полоса, на которую кормчій, дѣйствуя рулемъ, направляетъ штрихъ розы съ соотвѣтствующимъ обозначеніемъ, напримѣръ, *NW*, если корабль долженъ плыть къ сѣверо-западу. При каждомъ поворотѣ руля передняя часть корабля мѣняетъ свое положеніе относительно частей свѣта, поэтому магнитная стрѣлка вмѣстѣ съ розой будетъ мѣнять свое положеніе относительно неподвижной полосы коробки, и только тогда, когда штрихъ *NW* розы будетъ указывать на эту полосу, передняя часть корабля приметъ какъ-разъ сѣверо-западное направленіе.

Благодаря этому прибору уже сильно расширились границы мореплаванія. Если только извѣстно мѣсто отправленія корабля, то можно предпринимать смѣлыя и въ то же время вполнѣ безопасныя поѣздки, независимо ни отъ времени сутокъ, ни отъ погоды; можно отъѣзжать и ночью, и во время густого тумана, и притомъ можно удаляться на такія разстоянія отъ береговъ, гдѣ непосредственная оріентировка относительно извѣстныхъ пунктовъ становится совершенно невозможной. Но кому мы обязаны первымъ примѣненіемъ магнита къ мореплаванію, объ этомъ въ настоящее время никто не знаетъ. Намъ извѣстно только, что китайцы еще за 750 лѣтъ до Р. Хр. пользовались магнитомъ для оріентировки при большихъ сухопутныхъ путешествіяхъ, и лишь съ четвертаго вѣка послѣ Р. Хр. они стали его употреблять и при морскихъ переѣздахъ. Въ XII столѣтіи употребленіе магнитной стрѣлки было уже извѣстно повсюду и въ Европѣ, куда арабы занесли открытіе китайцевъ, тогда какъ до этого времени европейскіе мореплаватели опредѣляли направленіе пути корабля приблизительно по тѣмъ звѣздамъ, которыя были видны во время плаванія.

Конечно, это былъ громадный шагъ впередъ, въ особенности послѣ того, какъ въ 1569 г. Меркаторъ издалъ морскія карты; но развитіе мореплаванія встрѣчало еще сильное препятствіе, такъ какъ вторая задача, состоящая въ опредѣленіи положенія корабля въ открытомъ морѣ, не была еще рѣшена. Между тѣмъ весьма важно бываетъ знать, не находится ли корабль, послѣ извѣстнаго времени своего плаванія, вблизи мѣста назначенія или около острововъ и подводныхъ камней. Кромѣ того, буря или другія какія-нибудь обстоятельства могутъ заставить въ открытомъ морѣ измѣнить курсъ корабля; какъ въ такомъ случаѣ снова найти дорогу?

Это препятствіе было устранено, главнымъ образомъ, благодаря изобрѣтенію лага, т.-е. указателя скорости, аналогичнаго тому, который уже гораздо раньше употреблялся при сухопутныхъ путешествіяхъ. Пользуясь этимъ приборомъ, можно гораздо точнѣе судить о скорости корабля, чѣмъ по глазомѣрнымъ оцѣнкамъ искуснаго лоцмана, какъ это дѣлалось до тѣхъ поръ. На веревкѣ, закрученной для удобства на воротъ, привѣшена треугольная дощечка, укрѣпленная за три точки въ положеніи, приблизительно перпендикулярномъ къ веревкѣ и удерживаемая въ этомъ положеніи свинцовымъ грузомъ; эту дощечку

бросаютъ съ кормы корабля въ море, если хотятъ пользоваться лагомъ. Положимъ, что веревка раскручивается такъ быстро, что она не только не тянетъ за собой дощечки, но и сама остается не вполнѣ натянутой, и, положимъ, что измѣрена длина куска, на которой веревка раскрутилась въ теченіе опредѣленнаго времени, напримѣръ, въ теченіе одной минуты. Въ такомъ случаѣ это измѣреніе прямо даетъ величину пути, проходимаго кораблемъ въ одну минуту, а, слѣдовательно, и въ одинъ часъ. Зная, такимъ образомъ, скорость корабля и направленіе его движенія, которое даетъ намъ буссоль, мы можемъ опредѣлить положеніе корабля на поверхности моря, если намъ извѣстенъ еще тотъ пунктъ, откуда выѣхалъ корабль. Вернемся къ приведенному выше примѣру. Положимъ, что корабль, отправившійся отъ Стромболи въ сѣверо-западномъ направленіи, проходитъ въ день 130 кил., тогда легко видѣть, что въ концѣ второго дня онъ будетъ у острова Понца передъ Террасиной; послѣ этого на картѣ можно снова намѣтить тотъ путь, котораго нужно держаться при дальнѣйшемъ плаваніи.

Это принесло мореплаванію неисчислимыя выгоды: буссоль и лагъ удовлетворили его насущныя потребности; съ ними можно уже совершать болѣе далекія поѣздки и даже въ неизвѣстныя страны. Но мы опять не знаемъ имени изобрѣтателя этого крайне необходимаго и потому находящаго себѣ постоянное примѣненіе прибора; съ начала XVI столѣтія лагъ вошелъ во всеобщее употребленіе—вотъ почти все, что намъ извѣстно о его происхожденіи. Такъ, до изобрѣтенія книгопечатанія, пропадали имена великихъ благодѣтелей человѣчества!

Съ лагомъ и буссолью можно было безопасно совершать уже очень многія, но далеко еще не всѣ большія морскія путешествія. Магнитная стрѣлка не указываетъ вполнѣ точно на сѣверъ, и уклоненіе магнитной стрѣлки отъ полуденной линіи не только мѣняется съ измѣненіемъ мѣста на земной поверхности, но и въ одной и той же точкѣ ея оно мѣняется съ теченіемъ времени. Кромѣ того, компасъ (буссоль) испытываетъ множество возмущеній отъ внѣшнихъ причинъ и требуетъ поэтому частыхъ повѣрокъ. Лагъ же даетъ лишь приблизительный результатъ, который уже черезъ нѣсколько дней путешествія становится ошибочнымъ даже при самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ. Такъ, теченія, которыя увлекаютъ одновременно и корабль и дощечку лага, совершенно не отмѣчаются послѣднимъ, такъ что корабль на самомъ дѣлѣ могъ пройти въ теченіе часа нѣсколько морскихъ миль, тогда какъ, если судить по лагу, онъ находится все время на одномъ и томъ же мѣстѣ. Наконецъ, корабль очень рѣдко движется по прямому направленію: волны и вѣтеръ часто сообщаютъ ему еще поперечное движеніе, т.-е. отклоняютъ его въ сторону. Между тѣмъ ни буссоль, ни лагъ не даютъ никакихъ указаній относительно величины этихъ отклоненій, такъ что, если руководиться только двумя описанными приборами, то можно совершенно ошибиться въ опредѣленіи мѣста корабля и, слѣдовательно, корабль легко можетъ разбиться о тѣ самые скалы и подводные камни, которыхъ онъ хотѣлъ избѣжать.

Итакъ, лагъ и буссоль пригодны лишь для сравнительно короткихъ переѣздовъ, причемъ они должны быть возможно чаще контролируемы непосредственными опредѣленіями того мѣста, гдѣ находится корабль. Но такія опредѣленія въ открытомъ морѣ производятся, вообще говоря, только по наблюденіямъ свѣтилъ; поэтому съ древнихъ временъ до нашихъ дней прилагались и прилагаются всѣ старанія къ тому, чтобы найти нужные для этой цѣли инструменты и выработать удобные методы наблюденій. И по мѣрѣ того, какъ эти усилія увѣнчивались мало-по-малу успѣхомъ, мореплаватели становились все сильнѣе и сильнѣе. Въ концѣ концовъ они отважились выѣхать въ открытый океанъ, обогнули Африку, открыли Америку, а теперь приглашаютъ насъ въ кругосвѣтное путешествіе, какъ на увеселительную прогулку.

Еще въ серединѣ XV столѣтія португальцы пользовались для наблюденій въ морѣ прикрѣпленной къ мачтѣ астролябіей (§ 3), построенной Луллусомъ (1234—1315) и

усовершенствованной Бехаймомъ (1459—1507); съ начала XVIII столѣтія (1732) для морскихъ наблюденій стали примѣнять зеркальный секстантъ (§ 8). Что касается способовъ наблюденія, то опредѣленіе высоты полюса представляетъ сравнительно небольшія трудности, и потому ее умѣли находить еще въ XV столѣтіи. Совсѣмъ иначе дѣло обстоитъ съ опредѣленіемъ долготы въ открытомъ морѣ: этотъ вопросъ представлялъ столько трудностей, что его стали относить уже къ неразрѣшимымъ задачамъ, а въ 1714 году англійскій парламентъ назначилъ премію въ 20000 фунтовъ стерлинговъ тому, кто найдетъ способъ, позволяющій опредѣлять долготы на морѣ съ точностью хотя бы до полуградуса. Въ теоретическомъ отношеніи вскорѣ и здѣсь были установлены вѣрныя точки зрѣнія, но на практикѣ изобрѣтенные методы сдѣлалось возможнымъ примѣнять только тогда, когда въ Англіи Арнольдомъ, а во Франціи Бертудомъ и Ле-Руа были изготовлены около 1770 г. первые хорошіе хронометры, и когда движеніе луны было изучено съ достаточной точностью. Дѣйствительно, нетрудно видѣть, что изъ описанныхъ выше способовъ опредѣленія долготъ лишь немногіе примѣнимы на морѣ; къ послѣднимъ, прежде всего, относятся тѣ, которые основаны на наблюденіи физическихъ или оптическихъ затмѣній. Но затмѣнія солнца и луны и покрытія звѣздъ происходятъ слишкомъ рѣдко, чтобы мореплаватель могъ ими пользоваться для своихъ неотложныхъ надобностей; что же касается затмѣній спутниковъ Юпитера, то, чтобы наблюденія ихъ отличались хоть какой-нибудь точностью, необходимо пользоваться телескопомъ довольно значительной оптической силы; но при сильномъ инструментѣ этого рода наблюденія на качающемся кораблѣ связаны съ громадными трудностями. Поэтому для корабля пригодны лишь методы опредѣленія долготы по луннымъ разстояніямъ и по хронометрамъ; но зато, пользуясь этими способами, каждый морякъ, обладающій, конечно, нужными здѣсь научными свѣдѣніями, можетъ въ одинъ часъ ясной погоды опредѣлить съ точностью до нѣсколькихъ миль положеніе своего корабля даже и въ томъ случаѣ, если бы онъ цѣлыми мѣсяцами не встрѣчалъ извѣстныхъ ему мѣстностей. Чтобы подтвердить только-что сказанное, приведемъ примѣръ, который заимствованъ нами изъ путевого журнала одного французскаго мореплавателя за 1793 г. Въ серединѣ марта этого года онъ прибылъ въ гавань Боа, главный городъ наибольшаго изъ острововъ Товарищества Тонга-Табу. Географическое положеніе этого мѣста было уже раньше опредѣлено англійскими моряками, которые нашли, что его южная широта равна $21^0\ 7{,}6'$, а восточная долгота отъ Гринвича—$12^h\ 19^m\ 8{,}4^s$. Французскій корабль долженъ былъ плыть мимо Гебридскихъ и Каледонскихъ острововъ къ восточному берегу Новой Голландіи. Чтобы имѣть возможность опредѣлить долготы тѣхъ многочисленныхъ острововъ, мимо которыхъ ему придется ѣхать, онъ рѣшилъ отложить свой отъѣздъ на нѣсколько дней и найти за это время поправку и ходъ своего хронометра. Для этой цѣли 29 марта утромъ по хронометру въ $7^h\ 34^m\ 28{,}8^s$ была пронаблюдена высота солнца надъ горизонтомъ Тонга-Табу, между тѣмъ вычисленія показали, что, по мѣстному среднему времени Боа, наблюденіе было сдѣлано въ $7^h\ 33^m\ 55{,}1^s$, такъ что въ этотъ моментъ хронометръ былъ впереди противъ мѣстнаго средняго времени на $33{,}7^s$.

Подобное же наблюденіе было сдѣлано и 7 апрѣля въ $7^h\ 57^m\ 3{,}2^s$ по показанію часовъ, и найдено, что соотвѣтствующее мѣстное среднее время было $7^h\ 55^m\ 42{,}3^s$, такъ что хронометръ былъ теперь уже на $1^m\ 20{,}9^s$ впереди противъ мѣстнаго времени, откуда слѣдуетъ, что въ 9 дней его поправка измѣнилась на—$0^m\ 47{,}2^s$, поэтому суточный ходъ его былъ равенъ—$5{,}24^s$.

8 апрѣля корабль вышелъ изъ гавани и отправился къ западу; 12 его застигла сильная буря, продолжавшаяся до 14-го, которая, какъ опасались путешественники, могла совершенно сбить корабль съ принятаго имъ пути. 15 апрѣля послѣ полудня солнце появилось снова и, прежде всего, была опредѣлена широта корабля; она оказалась равной $19^0\ 51{,}3'$ къ югу отъ экватора. Чтобы опредѣлить затѣмъ долготу, пронаблюдали высоту

солнца въ $3^h\ 48^m\ 28^s$ по хронометру и нашли, что мѣстное среднее время наблюденія было $2^h\ 47^m\ 25{,}5^s$.

Вышеописанныя наблюденія, произведенныя въ гавани Боа, показали, что 7 апрѣля въ $7^h\ 57^m$ утра хронометръ былъ впереди противъ средняго времени этой гавани на $1^m\ 20{,}9^s$. Но такъ какъ онъ съ каждымъ днемъ уходитъ впередъ на $5{,}24^s$, то 15 апрѣля въ $3^h\ 48^m$ вечера, т.-е. черезъ 8,3 дней послѣ наблюденій въ гавани, онъ былъ впереди противъ средняго времени Боа на $1^m\ 20{,}9^s + 8{,}3^s \times 5{,}24 = 1^m\ 20{,}9^s + 43{,}5^s$ или на $2^m\ 4{,}4^s$. Поэтому для момента послѣдняго наблюденія мы имѣемъ:

Время по хронометру корабля	3^h	48^m	$28{,}0^s$
Поправка	—	2	4,4
Среднее время Боа	3	46	23,6
Среднее же мѣстное время корабля. . . .	2	47	25,5
Разность. .	0	58	58,1

Полученная разность и есть искомая долгота корабля отъ гавани Боа. Такъ какъ среднее время корабля меньше, то онъ находился на $0^h\ 58^m\ 58{,}1^s$ къ западу отъ этой гавани. Легко теперь опредѣлить его долготу отъ Гринвича; дѣйствительно:

восточная долгота Боа	12^h	19^m	$8{,}4^s$
найденная западная долгота корабля отъ Боа . .	0	58	58,1
поэтому восточная долгота корабля отъ Гринвича	11	20	10,3 =
			= 170° 2,6′.

Выше же было найдено, что южная широта корабля равна 19° 51′,3, поэтому капитану достаточно было лишь взглянуть на карту, чтобы видѣть, что корабль находился въ южной части архипелага Новогебридскихъ острововъ.

* Сравнительно въ новѣйшее время, а именно въ 1843 году, капитаномъ Сомнеромъ въ Бостонѣ былъ предложенъ новый методъ опредѣленія положенія корабля на морѣ, который подъ названіемъ способа Сомнера вошелъ теперь во всеобщее употребленіе. Въ этомъ способѣ каждое наблюденіе высоты солнца въ связи съ соотвѣтствующимъ моментомъ по хронометру опредѣляетъ положеніе корабля на нѣкоторой линіи, именно на такъ называемой окружности положенія. Два такихъ наблюденія даютъ точное положеніе корабля на морѣ въ точкѣ пересѣченія двухъ окружностей положенія.

Въ любой моментъ солнце находится въ зенитѣ какой-нибудь точки на поверхности земли, и эта точка будетъ центромъ окружности положенія. Наблюдатель, находящійся въ этой точкѣ, будетъ видѣть солнце у себя надъ головой. Если же въ какой-нибудь точкѣ земной поверхности наблюдатель опредѣлитъ при помощи секстанта высоту солнца, то зенитное разстояніе солнца, равное дополненію высоты до 90°, представитъ радіусъ окружности положенія, выраженный въ градусахъ.

Зная радіусъ окружности положенія и опредѣливъ мѣсто центра этой окружности, о чемъ рѣчь будетъ впереди, мы можемъ на глобусѣ или на картѣ начертить первую окружность положенія. Если же мы во время наблюденія опредѣлимъ также азимутъ солнца, то мы можемъ уже приблизительно судить, въ какой части этой окружности находится корабль. Положимъ, что черезъ нѣсколько часовъ послѣ перваго наблюденія произведено совершенно такое же второе. Въ это время мѣсто центра окружности положенія и зенитное разстояніе солнца измѣнятся, что дастъ намъ возможность начертить вторую окружность положенія. Пересѣченіемъ этихъ двухъ окружностей и опредѣлится точное положеніе корабля на морѣ, причемъ, зная азимутъ солнца во время наблюденій, мы не можемъ сомнѣваться въ томъ, какую изъ двухъ точекъ перссѣченія намъ слѣдуетъ выбрать.

Что же касается мѣста центра окружности положенія, то оно опредѣляется весьма просто. Широта этой точки, очевидно, равняется склоненію солнца для момента наблюденія, даваемому въ астрономическихъ календаряхъ. Долгота же этой точки отъ Гринвича равна Гринвичскому истинному солнечному времени въ моментъ наблюденія, а это время дается непосредственно хронометромъ, который идетъ по Гринвичскому времени и ходъ котораго извѣстенъ наблюдателю.

Замѣтимъ, что въ промежутокъ времени между двумя наблюденіями корабль нѣсколько перемѣстится, и вслѣдствіе этого въ вычисленіе надо вводить нѣкоторыя поправки.

Поясним вышеизложенныя соображенія примѣромъ. Положимъ, что 20 мая въ 11 часовъ утра по Гринвичскому истинному времени на кораблѣ, плывшемъ въ сѣверной части Атлантическаго океана, была опредѣлена высота солнца, которая оказалась равной 40^0. Широта центра A (рис. 238) соотвѣтственной окружности положенія равна $+ 20^0$, а по долготѣ эта точка отстоитъ на 1 часъ или на 15^0 къ востоку отъ Гринвича. Радіусъ AC первой окружности положенія равенъ 50^0. Положимъ, что второе наблюденіе было сдѣлано черезъ 3 часа послѣ перваго, и высота солнца получилась равной 65^0. Въ такомъ случаѣ координаты центра второй окружности положенія будутъ:

широта . $+ 20^0$

долгота . . 30^0 къ западу отъ Гринвича.

Радіусъ BC второй окружности положенія равенъ 25^0. И въ пересѣченіи этихъ двухъ окружностей опредѣляется точка C, гдѣ находился корабль. *

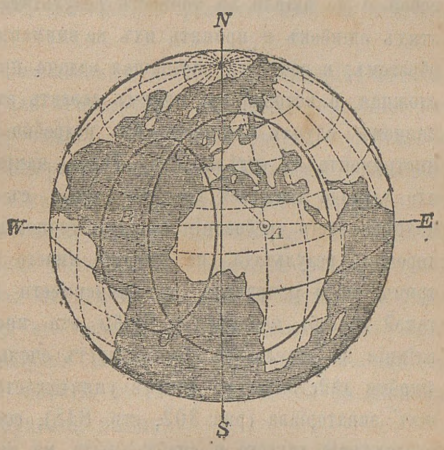


Рис. 328.

§ 47. Систематическія и случайныя ошибки. Въ предыдущихъ параграфахъ мы описали тѣ инструменты, при помощи которыхъ астрономы опредѣляютъ высоту полюса и время наблюденія, а также находятъ изъ абсолютныхъ или дифференціальныхъ наблюденій прямыя восхожденія и склоненія свѣтилъ. Кромѣ того, въ настоящей книгѣ было изложено также, какимъ образомъ при помощи вычисленій изъ этихъ наблюденій можно найти наклонность эклиптики, положеніе точки весенняго равноденствія, элементы планетныхъ орбитъ и т. д. Чтобы всѣ эти величины были совершенно вѣрны, наблюденія, изъ которыхъ онѣ получены, тоже не должны быть подвержены никакимъ ошибкамъ. Но производство безошибочныхъ наблюденій требуетъ отъ астронома во многихъ случаяхъ такой практической ловкости и теоретической подготовки, какія рѣдко бываютъ сосредоточены въ одномъ и томъ же человѣкѣ. Въ подтвержденіе сказаннаго необходимо указать, хотя бы въ общихъ чертахъ, тѣ трудности, которыя при этомъ приходится преодолѣвать.

Произведенія человѣческихъ рукъ всегда страдаютъ какими-нибудь недостатками; этого же мы должны ожидать, поэтому, даже отъ наиболѣе совершенныхъ астрономическихъ инструментовъ. Если бы даже удалось, благодаря какой-нибудь случайности, построить инструментъ, свободный во всѣхъ отношеніяхъ отъ ошибокъ, то такое состояніе его продолжалось бы очень недолго; уже по истеченіи самого короткаго времени въ немъ обнаружилось бы множество мелкихъ недостатковъ. Постоянныя перемѣны температуры вызываютъ въ каждомъ инструментѣ нетолько мгновенныя и скоропроходящія измѣненія, но также и постоянныя, которыя потомъ никогда не уничтожаются вполнѣ. Вслѣдствіе значительнаго вѣса отдѣльныхъ частей, принимающихъ при наблюденіяхъ различное взаимное расположеніе, происходятъ растяженія, давленія и гнутія, которыя нельзя устранить ни симме-

трическимъ устройствомъ всего инструмента, ни цѣлесообразнымъ примѣненіемъ системы противовѣсовъ. Кромѣ того, даже самые лучшіе приборы не могутъ быть выполнены совершенно безукоризненно: инструментальныя ошибки могутъ быть уменьшены опытнымъ и теоретически образованнымъ мастеромъ, но совершенно уничтожить и устранить ихъ нельзя. Такъ, ось инструмента не имѣетъ вполнѣ цилиндрической формы, она не вполнѣ концентрична съ кругомъ, который, въ свою очередь, не имѣетъ строго геометрической формы круга; дѣленія послѣдняго никогда не бываютъ совершенно безошибочны и т. д. То же самое можно сказать и относительно установки инструмента. Въ меридіанномъ кругѣ плоскость его круга или оптическая ось его трубы не лежатъ въ точности въ плоскости меридіана, въ вертикальномъ кругѣ его вертикальная ось не вполнѣ перпендикулярна къ горизонту, главная ось экваторіала не совпадаетъ точно съ осью міра и т. д. И здѣсь, какъ и раньше, всѣ предосторожности и усилія могутъ лишь уменьшить неточности въ установкѣ инструмента, но не могутъ уничтожить ихъ совершенно. Поэтому, какъ бы ни былъ тщательно построенъ и установленъ инструментъ, онъ всегда будетъ имѣть различнаго рода ошибки, отъ которыхъ наблюдателю необходимо освободиться, насколько это возможно; другими словами, наблюдатель долженъ или вести наблюденія такъ, чтобы ошибки исключились сами собой и не вліяли на точность результата, или же опредѣлить непосредственно величину этихъ ошибокъ и принять ихъ во вниманіе при обработкѣ наблюденій. Въ этомъ, главнымъ образомъ, и состоитъ настоящая задача практической астрономіи,—задача трудная и очень сложная, о которой мы можемъ сказать здѣсь лишь нѣсколько словъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ пришлось бы подробно говорить о различныхъ примѣненіяхъ каждаго инструмента въ отдѣльности. Такъ, напримѣръ, до сихъ поръ постоянно предполагалось, что алидада движется концентрически съ кругомъ. Такъ какъ механикъ не можетъ выполнить этого требованія со всею точностью, то наблюдателю, если онъ хочетъ достигнуть хорошаго результата, не остается ничего другого, какъ или опредѣлить величину эксцентричности и исправить въ зависимости отъ этого свои наблюденія, или же придумать такой способъ наблюденій, чтобы эта инструментальная ошибка не оказывала никакого вліянія на результатъ. Существуетъ очень простой пріемъ, благодаря которому вліяніе этой ошибки дѣйствительно вполнѣ уничтожается. Положимъ, что алидада, напримѣръ, алидада mm' экваторіала (рис. 302, стр. 848), состоитъ изъ двухъ рычаговъ, составляющихъ одинъ продолженіе другого и снабженныхъ на концахъ m и m' верньерами. Тогда при эксцентрической алидадѣ первый верньеръ стоитъ всегда настолько же впереди относительно истиннаго положенія, насколько другой позади, т.-е одинъ отсчетъ будетъ какъ разъ настолько больше истиннаго, насколько другой меньше; поэтому среднее ариѳметическое изъ обоихъ отсчетовъ будетъ точно соотвѣтствовать истинѣ. Но такъ легко исключить вліяніе ошибки удается очень рѣдко, если дѣло идетъ о другихъ инструментальныхъ погрѣшностяхъ. Если, напримѣръ, ось вращенія экваторіала непараллельна оси міра, то ничего больше не остается, какъ опредѣлить горизонтальное и вертикальное уклоненія оси вращенія относительно истиннаго ея положенія, какъ это было указано выше (§ 34), и, зная, такимъ образомъ, неточности въ установкѣ этой оси, принять ихъ во вниманіе при обработкѣ наблюденій.

Ошибки въ конструкціи или въ установкѣ инструмента имѣютъ ту особенность, что на всѣ наблюденія онѣ вліяютъ совершенно одинаково и въ качественномъ и въ количественномъ отношеніи. Если, напримѣръ, точка нуля круга стоитъ невѣрно, то каждое наблюденіе съ этимъ инструментомъ, какъ бы хорошо оно ни было сдѣлано, будетъ отличаться отъ истины на величину ошибки нуля, которую выше мы называли ошибкой индекса. Точно также, если цапфы меридіаннаго круга не имѣютъ строго цилиндрической формы, то эта неправильность будетъ вызывать всегда одну и ту же ошибку въ опредѣленіи времени прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ. Изъ сказаннаго нетрудно видѣть, что

такія ошибки не могутъ быть исключены простымъ увеличиваніемъ числа наблюденій или, лучше сказать, онѣ всегда полностью будутъ входить въ полученный результатъ. Ихъ называютъ поэтому систематическими или постоянными ошибками.

Кромѣ указанной причины, опредѣленіе систематическихъ ошибокъ особенно важно потому, что часто характеръ этихъ ошибокъ таковъ, что онѣ слѣдуютъ извѣстнымъ законамъ и мѣняются періодически съ измѣненіемъ условій, достигая своей прежней величины, когда условія дѣлаются такими же, какими были прежде. Это имѣетъ мѣсто, между прочимъ, при эксцентричности алидады, при гнутіи круга, или же при существованіи ошибокъ дѣленій на кругѣ, что обыкновенно происходитъ отъ невѣрной установки круга подъ рѣзцомъ дѣлительной машины во время раздѣленія круга и т. д. Поэтому до тѣхъ поръ, пока инструментъ не изслѣдованъ самымъ тщательнымъ образомъ и не изучены всѣ его свойства, совершенно нельзя рѣшить, отчего происходитъ періодическая ошибка наблюденій, измѣняющаяся по опредѣленному, но еще неизвѣстному закону, и нельзя сказать, есть ли это результатъ инструментальныхъ погрѣшностей, или же это вовсе не ошибка, а свойство наблюдаемаго нами явленія; и до тѣхъ поръ, пока мы не сумѣемъ дать опредѣленный отвѣтъ на этотъ вопросъ, т.-е. до тѣхъ поръ, пока будетъ возможно смѣшиваніе двухъ совершенно различныхъ вещей, дальнѣйшее развитіе нашихъ свѣдѣній объ окружающей насъ природѣ невозможно.

Совершенно иной характеръ носятъ такъ называемыя ошибки наблюденій, которыя зависятъ отъ несовершенства нашихъ чувствъ или отъ другихъ подобныхъ причинъ. Эти ошибки не подчиняются, повидимому, никакому закону и слѣдуютъ простой случайности. Ихъ называютъ поэтому, въ отличіе отъ вышеуказанныхъ, случайными ошибками. Неточность, съ которой нашъ глазъ замѣчаетъ прохожденіе звѣзды черезъ нить, или съ которой ухо воспринимаетъ удары маятника часовъ, служащихъ для наблюденія, измѣненія погоды или температуры, вызывающія мгновенныя перемѣны въ величинѣ рефракціи или въ состояніи инструмента, бо́льшая или меньшая напряженность нашего вниманія и масса другихъ подобныхъ причинъ обусловливаютъ то, что наблюденія всегда даютъ намъ величины то нѣсколько бо́льшія, то нѣсколько меньшія истинныхъ. Положимъ, напримѣръ, что мы сдѣлали подрядъ нѣсколько опредѣленій широты мѣста и, принимая во вниманіе вышеупомянутыя систематическія ошибки инструмента, нашли:

въ первый день	48°	12′	35″
во второй »	48	12	33
въ третій »	48	12	34

Какое изъ этихъ чиселъ надо считать соотвѣтствующимъ истинѣ или наиболѣе близкимъ къ ней?

Простое разсужденіе открываетъ намъ путь къ рѣшенію этого вопроса. Такъ какъ ошибки, о которыхъ идетъ рѣчь, должны быть случайныя, то онѣ одинаковое число разъ и, вообще говоря, на одинаковую величину то уменьшаютъ, то увеличиваютъ искомый результатъ; поэтому съ большой вѣроятностью можно принять, какъ и во многихъ другихъ случаяхъ, что среднее ариѳметическое ближе всего подходитъ къ истинѣ, и, слѣдовательно, чтобы получить наиболѣе точный результатъ, нужно взять среднее ариѳметическое изъ всѣхъ отдѣльныхъ наблюденій. Въ послѣднемъ примѣрѣ среднее равно 48° 12′ 34″; эту величину, на основаніи только-что сказаннаго, и слѣдуетъ разсматривать какъ наиболѣе точное значеніе искомой широты мѣста.

Очевидно, что такой пріемъ дастъ тѣмъ болѣе точный результатъ, чѣмъ больше сдѣлано наблюденій, если только предположить, что всѣ они произведены при совершенно одинаковыхъ условіяхъ, и ни одному изъ нихъ нельзя отдать бо́льшаго предпочтенія, чѣмъ всѣмъ остальнымъ. Если же эти условія не соблюдены, что случается довольно часто,

если, напримѣръ, изъ 30 наблюденій 10 сдѣланы при лучшей погодѣ, 10 болѣе искуснымъ наблюдателемъ, а остальныя 10 съ болѣе совершеннымъ инструментомъ, или, короче, если наблюденія имѣютъ, какъ обыкновенно говорятъ, различный вѣсъ, то указанное выше простое правило болѣе не примѣнимо. Какъ же надо поступать въ данномъ случаѣ?

Еще труднѣе дать отвѣтъ на этотъ вопросъ въ томъ случаѣ, когда изъ наблюденій требуется найти возможно болѣе точныя значенія нѣсколькихъ величинъ сразу. Чтобы пояснить это примѣромъ, вспомнимъ (часть I, § 83), что астрономы составляютъ таблицы для солнца и планетъ, изъ которыхъ безъ большого труда можно найти положенія этихъ свѣтилъ для любого момента времени. Но въ основаніе своихъ вычисленій они должны для каждой планеты принять тѣ значенія шести ея элементовъ, которыя кажутся имъ наиболѣе вѣроятными. Такъ какъ взятыя значенія элементовъ не будутъ, безъ сомнѣнія, вполнѣ отвѣчать истинѣ, то вычисленное положеніе планеты не будетъ точно совпадать съ дѣйствительнымъ; эти, въ концѣ концовъ, неизбѣжныя разногласія вычисленій съ наблюденіями вызываютъ необходимость исправить ошибки нашихъ таблицъ, вводя болѣе точныя значенія основныхъ элементовъ. Какъ же мы должны поступать, чтобы достигнуть этой цѣли?

§ 48. **Способъ наименьшихъ квадратовъ.** Только-что поставленные вопросы относятся къ теоріи вѣроятностей, которая играетъ въ высшей степени важную роль не только въ астрономіи, но и въ общественной жизни, напримѣръ, въ вопросахъ о страхованіи, о лотереяхъ и т. д. Первыя основанія этой науки были положены Паскалемъ, Моавромъ, Гюйгенсомъ, Лейбницомъ, Бернулли и другими; но такъ называемымъ способомъ наименьшихъ квадратовъ, составляющимъ въ высшей степени трудное примѣненіе теоріи вѣроятностей къ цѣлямъ естествознанія, мы обязаны геніямъ Лапласа и Гаусса. Сущность этого способа мы постараемся выяснить на нижеслѣдующихъ примѣрахъ.

Положимъ, что въ какой-нибудь день мы съ возможно большей тщательностью пронаблюдали положеніе солнца и, сравнивъ наблюденія съ показаніями таблицъ, нашли, что послѣднія даютъ для долготы солнца величину, на $40''$ меньшую наблюденной. Чѣмъ обусловливается эта ошибка? Она можетъ зависѣть отъ того, что при вычисленіи принято невѣрное значеніе или эпохи, или эксцентриситета, или большой полуоси, короче говоря, отъ неточности какого-нибудь одного или нѣсколькихъ изъ шести элементовъ; но можетъ случиться, что и всѣ шесть элементовъ приняты неточно? И послѣднее допущеніе наиболѣе вѣроятно, такъ какъ мы не имѣемъ никакого основанія предполагать, что одна изъ основныхъ величинъ была взята вполнѣ точно.

Далѣе уже требуется нѣкоторое искусство для того, чтобы опредѣлить, какое вліяніе оказываетъ на долготу планеты каждый элементъ въ отдѣльности, и на сколько надо измѣнить всѣ элементы, чтобы уничтожить найденную выше ошибку въ $40''$, зависящую, по предположенію, исключительно отъ неточности элементовъ. Такъ какъ каждому элементу соотвѣтствуетъ опредѣленная часть этой ошибки, то очевидно, что число наблюденій, необходимыхъ для рѣшенія нашей задачи, должно равняться числу элементовъ, и мы должны, слѣдовательно, имѣть шесть наблюденій, чтобы найти всѣ тѣ поправки, которыя надо прибавить къ раньше принятымъ значеніямъ элементовъ, послѣ чего они уже точно представятъ наблюденныя величины.

Все это требуетъ длинныхъ и утомительныхъ вычисленій. Но когда, наконецъ, эти вычисленія будутъ выполнены и найденные шесть элементовъ будутъ вполнѣ соотвѣтствовать принятымъ во вниманіе шести наблюденіямъ, то спрашивается, будутъ ли эти новыя значенія элементовъ вполнѣ согласоваться съ истинными ихъ величинами? Это дѣйствительно было бы такъ, если бы наблюденія были совершенно точны и вполнѣ свободны отъ ошибокъ, чего, однако, никогда не бываетъ. Если бы даже мы совершенно освободили наблюденія отъ всѣхъ систематическихъ ошибокъ, то все же остаются еще случайныя ошибки, и чтобы при указанныхъ выше свойствахъ послѣднихъ имѣть возможность найти вѣроятнѣйшія

значенія планетныхъ элементовъ, нужно сравнивать таблицы нашихъ предшественниковъ не съ шестью, а съ возможно бо́льшимъ числомъ возможно лучшихъ наблюденій. Возьмемъ, напримѣръ, 100 наиболѣе удачныхъ наблюденій и каждое изъ нихъ сравнимъ съ таблицами. При этомъ надо замѣтить, что не всѣ наблюденія имѣютъ одно и то же достоинство, одинъ и тотъ же вѣсъ. Мы должны теперь узнать, какимъ образомъ, принимая во вниманіе и послѣднее обстоятельство, можно найти такія значенія шести элементовъ, чтобы они если не совершенно точно представляли всѣ 100 наблюденій, что, понятно, и невозможно, то, по крайней мѣрѣ, удовлетворяли бы ихъ лучше, чѣмъ какія-нибудь другія значенія этихъ элементовъ. Читатель пойметъ и безъ дальнѣйшихъ разъясненій, что эта задача является далеко не простой и не легкой; но, съ другой стороны, нетрудно видѣть, что рѣшеніе ея представляетъ одинъ изъ самыхъ важныхъ и существенно необходимыхъ вопросовъ астрономіи.

Главное значеніе способа наименьшихъ квадратовъ заключается не въ томъ, что онъ даетъ возможность отыскать значенія искомыхъ величинъ, наиболѣе близкія къ истинѣ, такъ какъ это очень часто можно сдѣлать и другими способами, а въ томъ, что онъ даетъ опредѣленныя указанія относительно точности получаемаго вычислителемъ результата. И послѣднее тѣмъ болѣе важно, что безъ указанія точности опредѣленной величины самое опредѣленіе не имѣетъ ровно никакого значенія. Такъ, напримѣръ, всѣ полученныя величины параллаксовъ неподвижныхъ звѣздъ лежатъ почти на самой границѣ того, что еще доступно нашимъ измѣреніямъ, и лишь правила теоріи вѣроятностей даютъ намъ увѣренность, что ошибки найденныхъ результатовъ еще меньше, чѣмъ самые результаты.

Такимъ образомъ, этотъ анализъ не только явился для геометровъ могущественнымъ средствомъ, позволяющимъ освободиться отъ ошибокъ наблюденій и достигать результатовъ, отличающихся недостижимой прежде опредѣленностью, но и послужилъ толчкомъ къ очень важнымъ изслѣдованіямъ, которыя безъ него, можетъ-быть, остались бы неизвѣстными. Такъ, напримѣръ, ускореніе средняго движенія луны (часть III, § 56) прежде считали простой ошибкой и почти не хотѣли его признавать до тѣхъ поръ, пока Лапласъ послѣ тщательнаго сравненія старыхъ и новыхъ наблюденій нашелъ, что вѣроятность существованія этого ускоренія почти граничитъ съ достовѣрностью. Получивъ такой результатъ, Лапласъ вновь пересмотрѣлъ всю теорію луннаго движенія, и, наконецъ, ему посчастливилось доказать, что неизвѣстная и такъ долго безъ всякаго успѣха разыскиваемая причина этого явленія заключается въ измѣненіи эксцентриситета земной орбиты. Точно также и къ своей гипотезѣ о происхожденіи солнечной системы Лапласъ пришелъ послѣ того, какъ убѣдился, что можно ставить милліонъ противъ одного за то, что малость наклонностей у всѣхъ планетныхъ орбитъ и совпаденіе направленій поступательнаго и вращательнаго движеній всѣхъ планетъ не представляютъ собою случайнаго явленія.

§ 49. **Обсерваторіи.** Въ предыдущихъ параграфахъ мы описали нѣкоторые изъ наиболѣе важныхъ астрономическихъ инструментовъ и показали, какъ ими надо пользоваться, чтобы выполнить ту или другую научную задачу. Теперь мы познакомимъ читателя съ устройствомъ тѣхъ зданій, гдѣ устанавливаются эти инструменты. Зданія эти, носившія у древнихъ грековъ названіе σκοπή, въ средніе вѣка стали называться Observatorium или Specula. Названіе обсерваторій за ними сохраняется и въ настоящее время. Впрочемъ, Гевелій въ 1680 году называлъ свою обсерваторію довольно страннымъ именемъ «Stellaeburgum».

Принципы, по которымъ строятся современныя обсерваторіи, значительно разнятся отъ тѣхъ, которыми руководились астрономы предшествующихъ столѣтій; это объясняется, главнымъ образомъ, тѣмъ, что точность, свойственная астрономическимъ наблюденіямъ, въ настоящее время требуетъ соотвѣтствующей установки инструментовъ и незыблемой прочности фундаментовъ. Англіи, отечеству новой практической астрономіи, мы обязаны тѣмъ, что, построивъ въ концѣ XVII столѣтія свою прекрасную гринвичскую обсерваторію, она дала тѣмъ самымъ первый образецъ учрежденія, соотвѣтствующаго современнымъ требо-

ваніямъ науки. Однако, этотъ примѣръ, принесшій скоро весьма важные результаты, долгое время не обращалъ на себя должнаго вниманія, и на континентѣ ни одна изъ построенныхъ до XIX столѣтія обсерваторій не удовлетворяла вполнѣ тѣмъ условіямъ, которыя теперь считаются необходимыми для всякой обсерваторіи, и о которыхъ мы считаемъ своимъ долгомъ сказать здѣсь нѣсколько словъ.

Прежде всего, та мѣстность, гдѣ выстроена обсерваторія, не должна подвергаться сотрясеніямъ, такъ какъ послѣднія сильно мѣшаютъ точнымъ наблюденіямъ; кромѣ того, въ зданіи должна царить достаточная тишина, чтобы можно было слышать, напримѣръ, удары маятника часовъ; поэтому надо избѣгать близости бойкихъ проѣзжихъ дорогъ, колоколенъ и т. п. Кругозоръ, по возможности, не долженъ быть стѣсненъ; впрочемъ, это второе условіе можетъ быть соблюдено съ гораздо меньшей строгостью, чѣмъ первое требованіе, и во всякомъ случаѣ неособенно важно, если отдѣльныя части горизонта покрыты высокими зданіями или холмами. Дѣйствительно, если только не закрыта ужъ слишкомъ большая или очень интересная часть неба, то астроному придется отказаться лишь отъ нѣкоторыхъ, быть-можетъ, не особенно важныхъ наблюденій, тогда какъ сотрясенія почвы или шумъ лишатъ добытые имъ результаты всякой точности. Какъ вслѣдствіе этихъ двухъ причинъ, такъ и для того, чтобы имѣть необходимое мѣсто для желательнаго со временемъ расширенія обсерваторіи, послѣдняя должна быть совершенно изолирована отъ другихъ построекъ и окружена свободнымъ находящимся въ ея распоряженіи участкомъ земли. Чтобы можно было вести точныя метеорологическія записи, которыми затѣмъ астрономы пользуются для опредѣленія вліянія атмосферныхъ условій на наблюденія, чтобы устранить вредное вліяніе теплоты, отражаемой почвой, на ясность изображеній, и чтобы защитить инструментъ отъ пыли, мѣстность, принадлежащую обсерваторіи, необходимо обсадить деревьями и другой растительностью такъ, чтобы она представляла собой родъ сада. Самое зданіе должно быть возможно ниже; кромѣ того, чтобы устранить вліяніе внѣшнихъ сотрясеній или неравномѣрнаго нагрѣванія зданія, подставки инструментовъ, требующихъ неизмѣнной установки, нужно совершенно изолировать отъ фундамента и вообще отъ всего остального строенія. Слѣдуетъ затѣмъ устроить прорѣзы по меридіану, а въ большихъ обсерваторіяхъ и по первому вертикалу, и продѣлать окна болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, которыя позволяли бы выставлять наружу всю объективную часть подвижныхъ инструментовъ. Кромѣ того, нужно имѣть, смотря по надобности, одну или двѣ вращающіяся башни, или другое какое-нибудь приспособленіе, позволяющее дѣлать наблюденія въ любомъ направленіи и служащее въ то же время необходимымъ прикрытіемъ инструмента отъ пыли, вѣтра и т. п. Далѣе надо устроить большія и крѣпкія террасы или платформы для такихъ наблюденій, которыя требуютъ вполнѣ открытаго небеснаго свода. Впрочемъ такія платформы излишни, когда подобныя наблюденія можно производить, ставя инструментъ и необходимыя для наблюденій принадлежности прямо въ саду. Наконецъ, весь персоналъ долженъ быть размѣщенъ въ жилыхъ строеніяхъ, примыкающихъ прямо къ обсерваторіи, такъ какъ только при этомъ условіи можно пользоваться каждой минутой благопріятной погоды дня или ночи.

Полный комплектъ инструментовъ состоитъ изъ главныхъ и вспомогательныхъ приборовъ. Къ первымъ относятся: меридіанный кругъ, пассажный инструментъ, установленный въ первомъ вертикалѣ, телескопъ съ параллактической установкой возможно большихъ размѣровъ, астрографъ, кометоискатель и нѣсколько малыхъ трубъ. Вспомогательные инструменты суть: часы съ маятникомъ, хронометры, спектральные аппараты, хронографы и т. д.; кромѣ того на обсерваторіяхъ имѣются геодезическіе и метеорологическіе приборы, но послѣдними обсерваторія снабжается лишь настолько, насколько это нужно для астрономическихъ изысканій; далѣе идутъ приспособленія для фотографическихъ цѣлей, и, наконецъ, устраивается физическій кабинетъ для спектроскопическихъ изслѣ-

дованій надъ различными земными элементами и тѣлами. Эта полная обстановка не является слишкомъ дорогой, но она можетъ оказаться совершенно безполезной, если нѣтъ достаточнаго числа наблюдателей. Поэтому теперь существуетъ всего лишь двѣ или три обсерваторіи, снабженныя полнымъ комплектомъ инструментовъ, большая же часть изъ нихъ занимается спеціальными измѣреніями или выполненіемъ какой-нибудь частной программы, пользуясь для этого бо́льшимъ или меньшимъ числомъ астрономическихъ инструментовъ.

По внѣшней формѣ всѣ большія современныя обсерваторіи можно раздѣлить, въ общемъ, на два рѣзко отличающихся другъ отъ друга класса. Къ первой категоріи относятся тѣ, въ которыхъ рабочіе кабинеты, библіотека и зданія, назначенныя для наблюденій и для квартиръ, расположены, вообще говоря, очень близко другъ къ другу, такъ что всѣ вмѣстѣ образуютъ родъ длиннаго зданія, растянутаго по линіи, перпендикулярной къ плоскости меридіана; ко второму же классу принадлежатъ тѣ обсерваторіи, въ которыхъ зданія, назначенныя для наблюденій, расположены въ видѣ креста, и къ одному концу этого креста примыкаютъ помѣщенія, служащія для квартиръ астрономовъ. Мы опишемъ здѣсь двѣ типичныя обсерваторіи, а именно пулковскую и вѣнскую, которыя не только являются блестящимъ памятникомъ просвѣщенной щедрости правительствъ, но и доставляютъ своимъ цѣлесообразнымъ устройствомъ и изящнымъ стилемъ вѣчную славу ихъ геніальнымъ строителямъ.

Пулковская обсерваторія близъ Петербурга была построена въ 1839 году архитекторомъ Брюловымъ по указаніямъ В. Я. Струве. Зданіе, изображенное схематически на рис. 329, стоитъ на довольно богатомъ растительностью холмѣ, посреди́нѣ отведеннаго подъ обсерваторію участка земли (площадью около 21 десятины); съ вершины этого холма, возвышающагося на 74 метра надъ уровнемъ моря, можно далеко видѣть всѣ окрестности, внизу же расположено большое Пулковское село съ значительнымъ по числу населеніемъ; это село лежитъ вдоль шоссе и отстоитъ на 20 верстъ отъ центра столицы и на 8 верстъ отъ царскосельскаго дворца. Къ главному зданію обсерваторіи ABC принадлежатъ также находящіяся въ саду отдѣльныя башни b', b'', снабженныя вращающейся крышей и служащія для практическихъ упражненій учащихся; коридоры J ведутъ къ примыкающимся къ обсерваторіи жилымъ постройкамъ K, въ одной изъ которыхъ находится также механическая мастерская; наконецъ, L суть одноэтажныя строенія, назначенныя для конюшенъ, прачешной, ледника, бани и т. д. Длина всей постройки въ направленіи съ запада на востокъ равна 260 метрамъ. Съ южной стороны, гдѣ холмъ понижается менѣе круто, чѣмъ съ другихъ сторонъ, на разстояніи одного километра отъ границы обсерваторской земли, нельзя строить никакихъ зданій безъ особаго разрѣшенія директора. Обсерваторія построена въ нѣкоторомъ удаленіи отъ научнаго центра, такъ какъ лишь на такомъ разстояніи отъ столицы прекращается болотистая мѣстность, и только тамъ можно было найти достаточно устойчивую почву. Такое уединеніе очень нежелательно для подобныхъ учрежденій, но въ данномъ случаѣ, благодаря внимательной заботѣ обо всѣхъ нуждахъ астрономовъ, оно почти неощутимо.

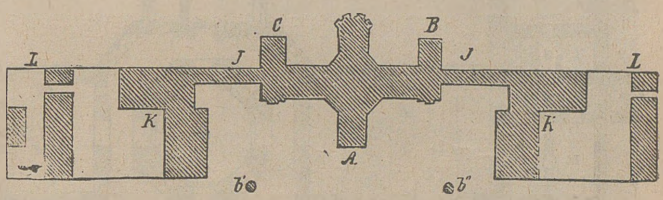


Рис. 329.

Для болѣе подробнаго описанія какъ самой обсерваторіи ABC, такъ и принадлежащихъ обсерваторіи инструментовъ намъ послужитъ рис. 330 (стр. 894), по которому, пользуясь приложеннымъ масштабомъ, можно получить понятіе о горизонтальныхъ размѣрахъ нижняго этажа. Лѣстница a обращеннаго на сѣверъ главнаго входа A, ведетъ черезъ

перистиль *b* и вестибюль *c* въ круглый залъ *G*, который восемью колоннами отдѣленъ отъ восьмиугольной галлереи, откуда можно пройти во всѣ остальныя помѣщенія нижняго этажа обсерваторіи. Колонны выдерживаютъ всю тяжесть купола, и ихъ фундаменты изолированы отъ остальнаго зданія. На одной изъ нихъ укрѣплены нормальные часы Бессельса. Четыре пролета *p* могутъ служить для сохраненія переносныхъ инструментовъ, остальные же четыре представляютъ проходы изъ круглаго зала въ восьмиугольную галлерею. Къ востоку и къ западу отъ главной залы находятся инструменты, установленные въ меридіанѣ, западный залъ *D* содержитъ большой пассажный инструментъ Эртеля съ отверстіемъ въ 16 сантиметровъ. Этотъ инструментъ покоится на столбахъ *d*, фундаменты которыхъ, подобно фундаментамъ другихъ инструментовъ, помѣщающихся въ залахъ *D*, *E*, *F*, совершенно изолированы отъ пола, а подъ землей окружены двойной стѣнкой, предохраняющей ихъ отъ внезапнаго измѣненія температуры. На разстояніи около

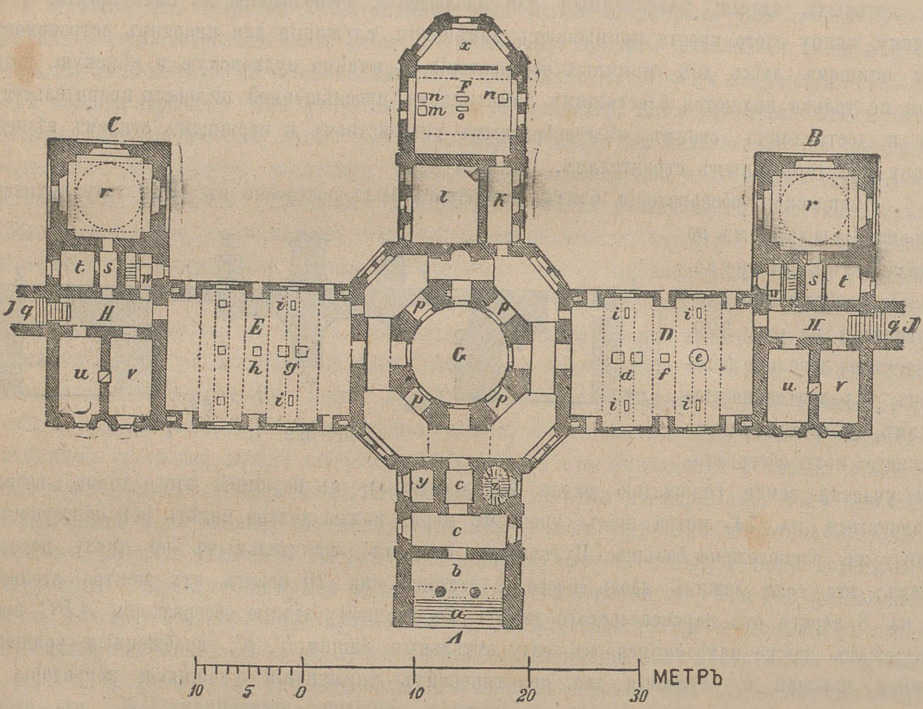
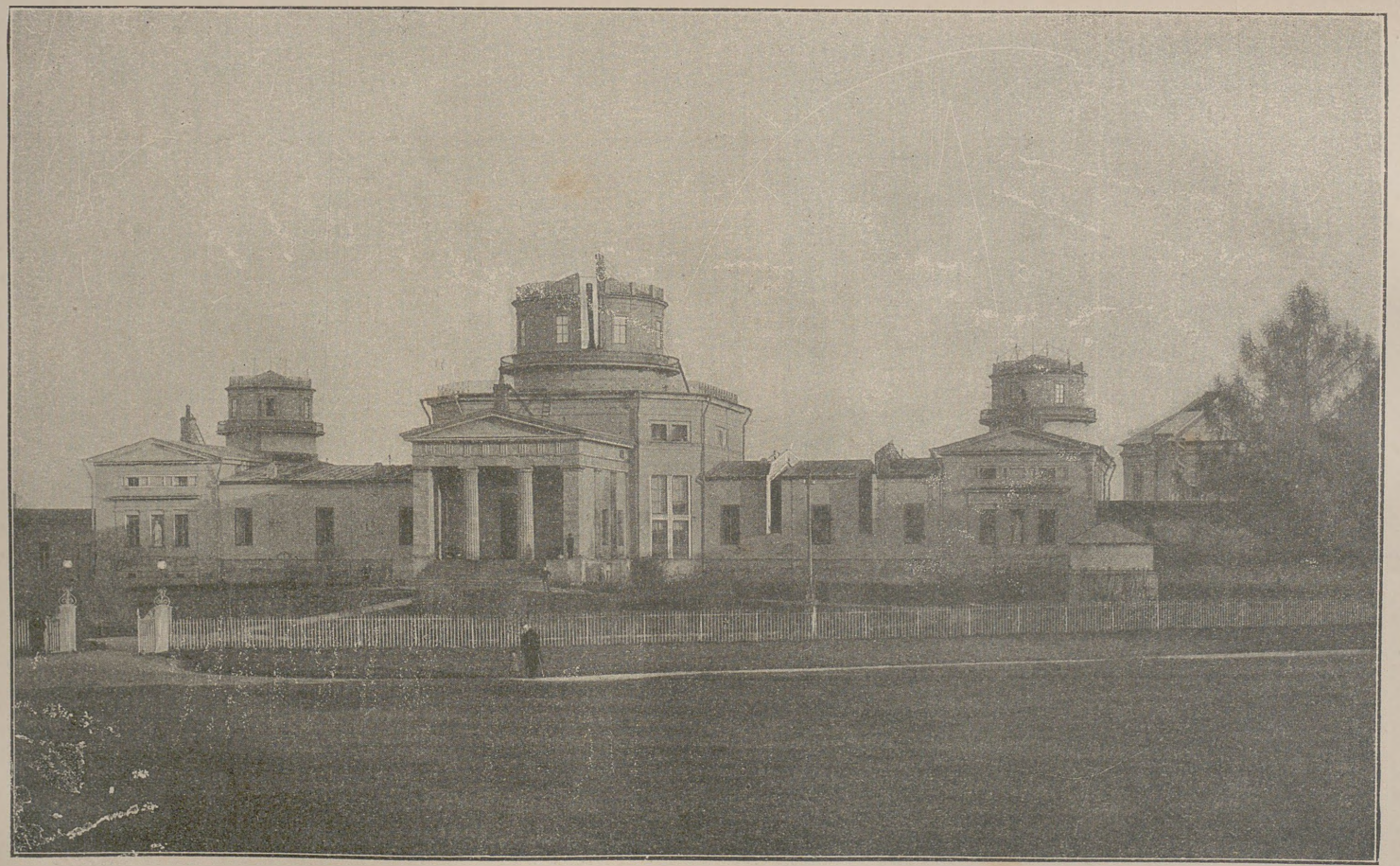


Рис. 330.

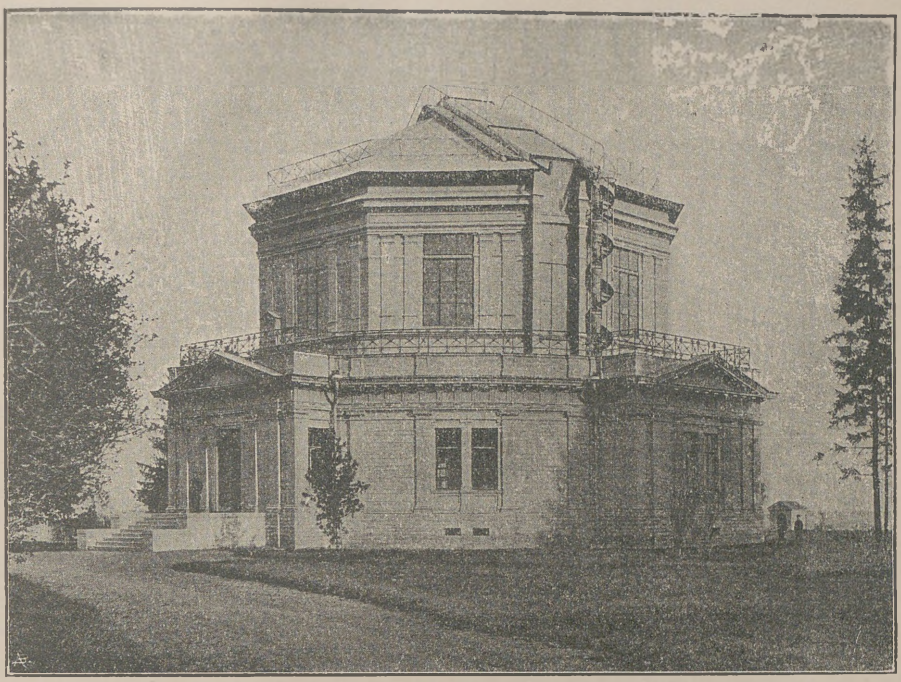
170 метровъ отъ пассажнаго инструмента находятся миры. Въ *e* установленъ вертикальный кругъ Эртеля; діаметръ этого круга равенъ 110 сантиметрамъ, отверстіе же трубы— 15 сантиметрамъ. На колоннѣ *f* укрѣплены часы Хаута. Въ восточной залѣ *E* находится меридіанный кругъ Репсольда, діаметръ котораго равенъ приблизительно 120 сантиметрамъ, а отверстіе трубы 15 сантиметрамъ. Въ *h* установлены часы Тиде, въ *i* устроены коллиматоры. Остальные три столба въ залѣ *E* служатъ для временной установки въ меридіанѣ того или другого инструмента. Къ югу отъ залы *G* корридоръ *K* ведетъ мимо помѣщенія *l*, служащаго для склада обсерваторскихъ изданій, въ комнату *F*, назначенную для наблюденій въ первомъ вертикалѣ; для этой цѣли здѣсь установлены пассажный инструментъ Репсольда съ отверстіемъ объектива въ 16 сантиметровъ, а на колоннахъ *m*, *n* и *n* укрѣплены часы Дента и коллиматоры. Комната *x*, сильно нагрѣваемая вслѣдствіе своего южнаго положенія, отдѣлена отъ рабочаго помѣщенія стѣной. Инструменты въ залахъ *D* и *E* стоятъ подъ деревянными чехлами, которые защищаютъ инструментъ отъ пыли и атмосфер-

Библ. Естеств.

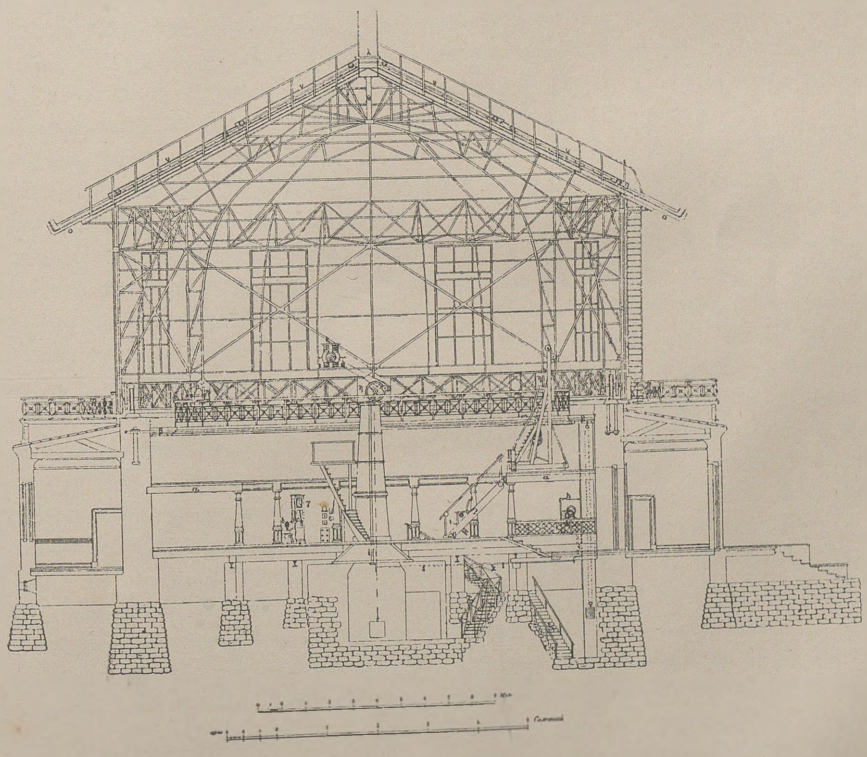


Общій видъ Пулковской обсерваторіи.

Тайны неба.



1. Башня 30-дюймоваго рефрактора въ Пулковѣ.



2. Разрѣзъ башни 30-дюймоваго рефрактора въ Пулковѣ.

ныхъ осадковъ; эти чехлы, поставленные на желѣзные рельсы, передъ началомъ работъ легко можно отодвинуть въ сторону. Надъ каждымъ изъ инструментовъ, помѣщенныхъ въ залахъ *D*, *E*, *F*, сдѣланы прорѣзы, которые по желанію открываются и закрываются при помощи люковъ. Изъ восточной и западной залы корридорчики *H* ведутъ въ комнаты *r*, *s* и *t*, которыя на западѣ служатъ рабочимъ кабинетомъ директора, а на востокѣ помѣщеніемъ для дневныхъ занятій астрономовъ. Въ комнаткѣ *u* на западѣ помѣщаются часы, соединенные электрическимъ токомъ съ Петербургомъ; рядомъ съ этой комнаткой помѣщается канцелярія *v*. На востокѣ комнаты *u* и *v* служатъ или для пріюта временныхъ гостей, или для дневныхъ работъ астрономовъ. Корридорчики *H* кончаются лѣстницами *q* и болѣе низкими корридорами *J*, ведущими въ жилыя помѣщенія. У главнаго входа особая комнатка *y* назначена для храненія и изслѣдованія хронометровъ, и температура въ ней можетъ быть измѣняема по произволу.

Колонны, образующія кругъ въ залѣ *G*, и комнаты *r* въ боковыхъ пристройкахъ *B* и *C* кончаются сводами, которые поддерживаютъ башни съ вращающимися куполами и установленные въ этихъ башняхъ инструменты. Въ средней башнѣ полъ возвышается подъ первымъ этажемъ на 20 метровъ, въ боковыхъ же на 16. Наверхъ ведутъ лѣстницы *W* и *Z*. Перспективное изображеніе самой обсерваторіи на прилагаемой при семъ таблицѣ позволяетъ составить общее понятіе объ устройствѣ и расположеніи башенъ. Въ нихъ вращающаяся часть поставлена на рельсы и приводится въ движеніе при помощи особой рукоятки. Продолженіе стѣнъ комнатъ *u*, *v* и восьмиугольнаго пространства, окружающаго залъ *G*, образуютъ верхній этажъ, гдѣ устроены комнаты для молодыхъ астрономовъ, помѣщеніе для библіотеки и т. п. Въ средней большой башнѣ установлены рефракторъ Мерца и Малера съ отверстіемъ въ 38 сантиметровъ и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 6,8 метровъ. Въ восточной башнѣ помѣщается геліометръ съ отверстіемъ въ 19 сантиметровъ, вышедшій также изъ мастерской Мерца и Малера. *Въ западной башнѣ установленъ астрографъ работы Репсольда. *

Какъ постройки *D*, *E* и *F*, такъ и самыя башни выстроены, во избѣжаніе вредныхъ вліяній температуры и сырости, изъ дерева и снабжены деревянными полами—предосторожность, совершенно необходимая при петербургскомъ климатѣ.

Упомянутый выше 38-сантиметровый рефракторъ Мерца не только при установкѣ былъ самымъ большимъ инструментомъ на земномъ шарѣ, но и оставался таковымъ въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ. И только въ новѣйшее время его весьма значительно превзошли гигантскіе телескопы, сооруженные, главнымъ образомъ, въ Англіи и въ Америкѣ. Чтобы вернуть обсерваторію на прежнюю высоту, въ 1880 году О. Струве, бывшій въ то время директоромъ этого учрежденія, побудилъ русское правительство пріобрѣсть новый телескопъ, который въ настоящее время занимаетъ весьма видное мѣсто среди самыхъ большихъ инструментовъ (сравни § 6, стр. 792). Объективъ этого телескопа шлифовался Альваномъ Кларкомъ, остальныя же части инструмента сдѣланы Репсольдомъ; установленъ онъ въ отдѣльной вращающейся башнѣ, выстроенной спеціально для этой цѣли и изображенной на прилагаемой при семъ таблицѣ. Точно также съ теченіемъ времени, по мѣрѣ развитія науки, пулковская обсерваторія была снабжена приборами для фотографическихъ изслѣдованій, превосходными спектральными аппаратами и другими необходимыми инструментами.

Мы не будемъ останавливаться на многочисленныхъ мелкихъ приборахъ, которыми богато снабжена обсерваторія, и упомянемъ только, что она имѣетъ превосходную библіотеку, которой принадлежатъ также нѣкоторыя весьма драгоцѣнныя рукописи.

Полный штатъ обсерваторіи состоитъ изъ директора, его помощника, 4 старшихъ астрономовъ, 4 адъюнктовъ, 2 вычислителей и нѣсколькихъ сверхштатныхъ астрономовъ *).

*) Подробное описаніе пулковской обсерваторіи читатель можетъ найти въ брошюрѣ А. А. Иванова: «Николаевская Главная Астрономическая Обсерваторія въ Пулковѣ». СПБ. 1901 г. Цѣна 50 коп.

Представителемъ второго типа обсерваторій является новая вѣнская обсерваторія, планъ которой былъ выработанъ архитекторами Фельнеромъ и Хельмеромъ по указаніямъ К. Литрова. Ее начали строить лѣтомъ 1874 года; но, къ сожалѣнію, ея основатель, который видѣлъ цѣль своей жизни въ устройствѣ въ Вѣнѣ новой обсерваторіи, удовлетворяющей всѣмъ современнымъ требованіямъ, не дожилъ до ея окончанія. Онъ умеръ послѣ тяжкой болѣзни осенью 1877 года въ Венеціи, когда стѣны зданія только-что были подведены подъ крышу; внутреннее же устройство, установка инструментовъ и т. под.—все это было произведено подъ руководствомъ Вейса.

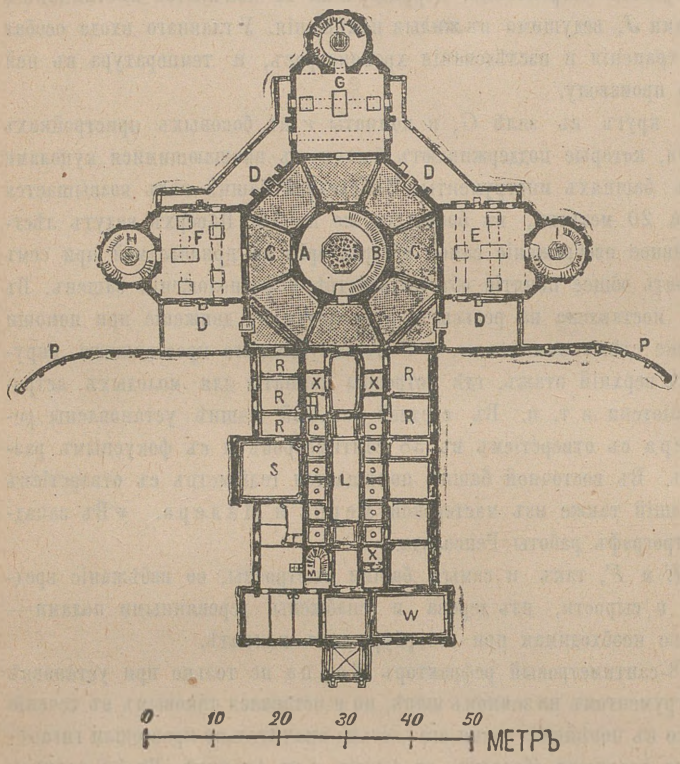


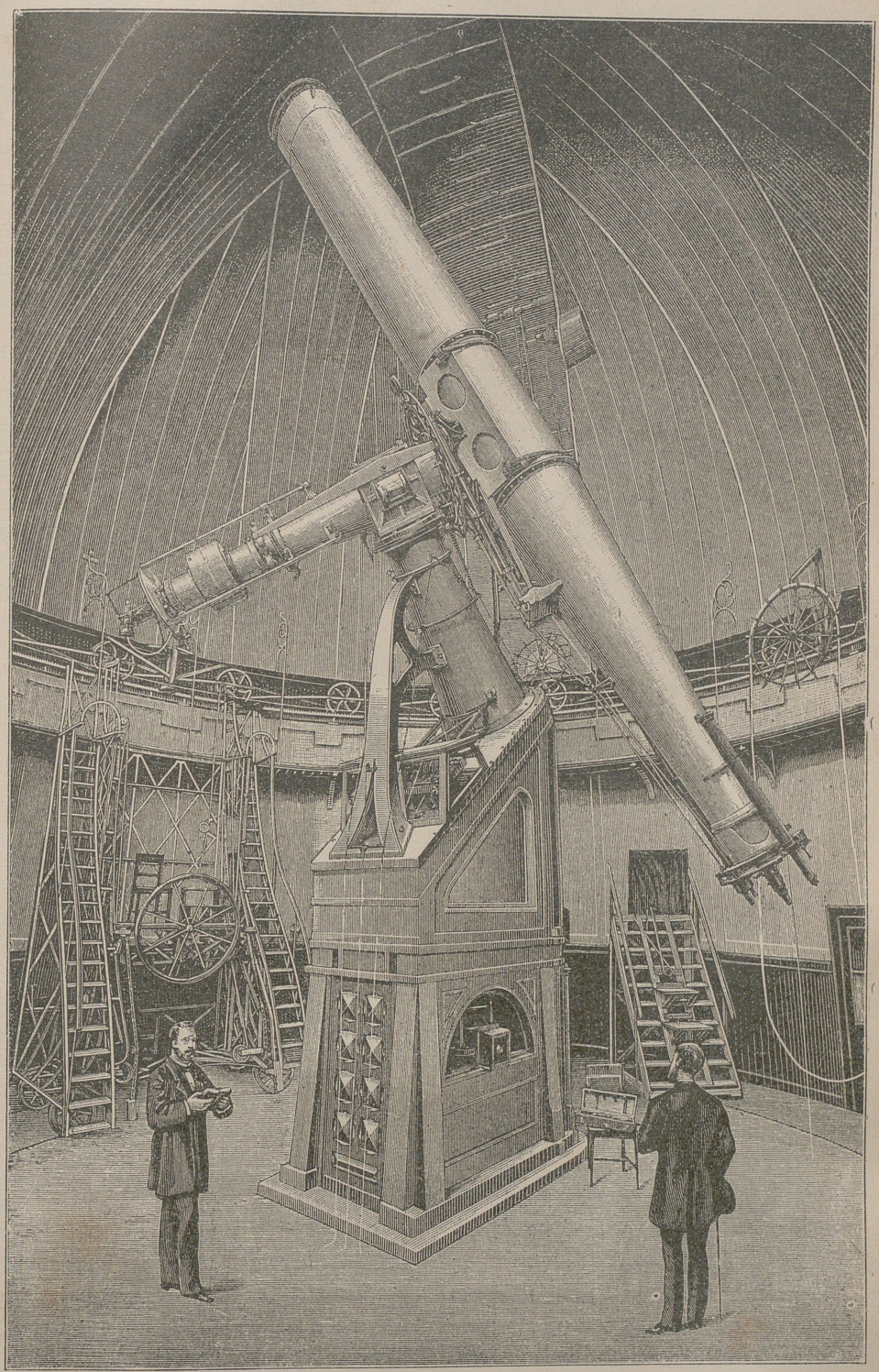
Рис. 331.

Новая вѣнская обсерваторія лежитъ посреди большого участка земли въ 5,5 гектаровъ *) на юго-восточномъ краю возвышенности, на которой во время послѣдней войны съ турками находился лагерь послѣднихъ, и которая вслѣдствіе этого извѣстна еще и теперь подъ именемъ турецкаго вала; она находится въ 4 километрахъ отъ башни Стефана, которую можно считать центромъ города, и въ 3 километрахъ отъ новаго университета. Эта возвышенность поднимается на 80 метровъ надъ среднимъ уровнемъ Дуная, такъ что совершенно выходитъ изъ области городскихъ тумановъ и пыли.

Надъ самой обсерваторіей возвышается куполъ AB, находящійся, какъ это видно изъ рисунка 331, почти посреди̇нѣ зданія; въ немъ помѣщается самый большой инструментъ обсерваторіи, а именно рефракторъ Грубба съ отверстіемъ въ 68 сантиметровъ и съ фокуснымъ разстояніемъ въ 10,5 метровъ (см. приложенную при семъ таблицу). Подъ куполомъ находится кольцеобразный залъ C, въ которомъ съ четырехъ сторонъ устроены выходы на террасу D, назначенную для наблюденій подъ открытымъ небомъ. Съ востока, сѣвера и запада сдѣланы пристройки, изъ которыхъ двѣ E и F предназначены для меридіанныхъ наблюденій, а третья G для пассажнаго инструмента въ первомъ вертикалѣ. Восточный меридіанный залъ E предназначенъ для главнаго меридіаннаго круга новой обсерваторіи. Западный залъ F снабженъ двумя прорѣзами: подъ однимъ изъ нихъ стоитъ меридіанный кругъ старой вѣнской обсерваторіи, построенный еще Хр. Штаркомъ по системѣ Рейхенбаха; подъ другимъ прорѣзомъ установлены переносный пассажный инстру-

*) Одинъ гектаръ немного менѣе десятины.

Переводчикъ.



27-дюймовый рефракторъ Вѣнской обсерваторіи.

ментъ и вертикальный кругъ. Эти приборы назначены для практическихъ работъ начинающихъ астрономовъ или же для какихъ-нибудь особыхъ изслѣдованій.

Каждое изъ упомянутыхъ выше трехъ боковыхъ строеній заканчивается башнею, причемъ западная башня *H* заключаетъ назначенный для текущихъ наблюденій рефрактора Альвана Кларка съ отверстіемъ въ 30 сантиметровъ; въ сѣверной башнѣ *K* помѣщается кометоискатель Мерца съ отверстіемъ въ 16 снт., построенный по идеѣ Вилларсо (сравни рис. 306, стр. 855); вращающійся куполъ этой башни оставляетъ открытой $^1/_6$ часть небеснаго свода, и объ его устройствѣ можно приблизительно судить по рис. 332. Наконецъ, въ западной башнѣ помѣщается рефракторъ Фраунгофера съ отверстіемъ въ 16 снт., бывшій главнымъ инструментомъ въ старой обсерваторіи.

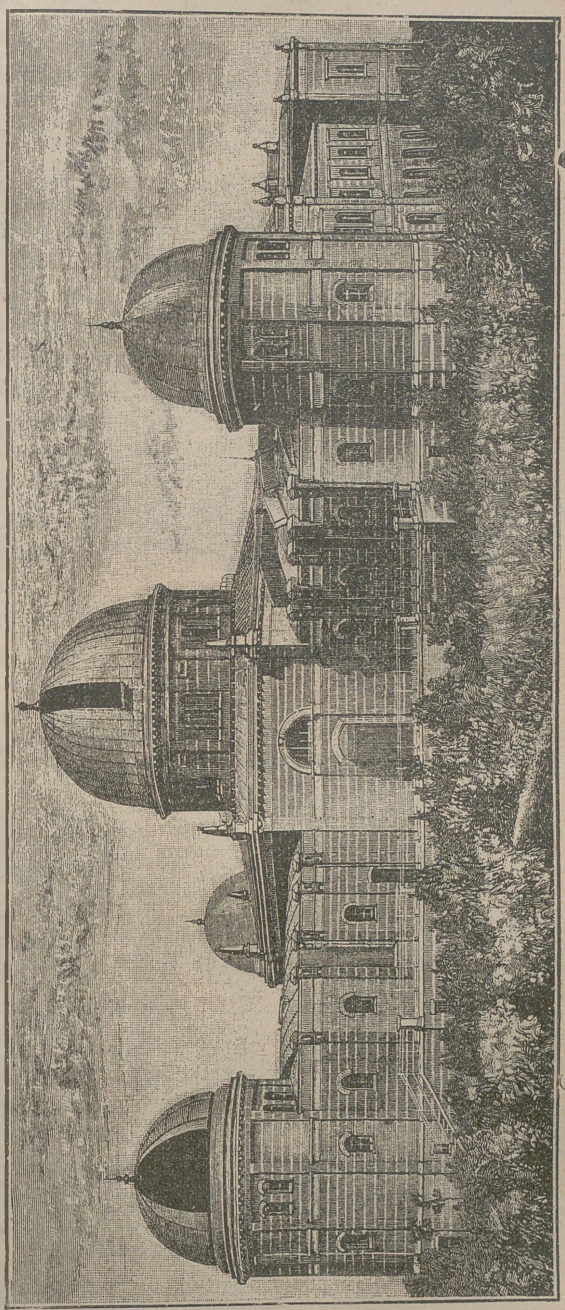


Рис. 332.

Приступая теперь къ описанію жилыхъ помѣщеній, мы прежде всего замѣтимъ, что нѣсколько покатая къ югу мѣстность, на которой стоитъ обсерваторія, позволила расположить первый и второй этажи такъ, какъ это указано на рис. 333 (стр. 898), представляющемъ собой сѣченіе обсерваторіи по плоскости меридіана. Такое расположеніе является очень удобнымъ, такъ какъ свѣтовые лучи отъ небесныхъ свѣтилъ идутъ высоко надъ крышей и не загораживаются постройками. Планъ, данный на рис. 331 (стр. 896), представляетъ собой горизонтальную плоскость, на которую спроектированы жилыя комнаты перваго и второго этажей. На этомъ рисункѣ видны: освѣщаемая сверху домовая лѣстница *L*, маленькая лѣстница *M* и примыкающія непосредственно къ обсерваторіи рабочія комнаты *R* и библіотека *S*. *W*—это кабинетъ директора, *X*—дворы, с ужащіе для

вентиляціи и освѣщенія внутреннихъ комнатъ. Въ нижнемъ этажѣ жилой постройки находятся квартиры двухъ наблюдателей, ассистентовъ и нѣсколькихъ служителей и комната для гостей, которымъ предоставляется возможность, въ виду отдаленности турецкаго вала, переночевать въ обсерваторіи. Въ подвалѣ, окна котораго выступаютъ болѣе чѣмъ на двѣ трети надъ уровнемъ земли, находятся нѣсколько жилыхъ помѣщеній, комната для часовъ, отдѣленіе библіотеки, мастерская для механическихъ работъ, хозяйственная комната и т. д. Рампы P ведутъ отъ южной части террасы D къ площадкѣ, лежащей передъ жилымъ строеніемъ.

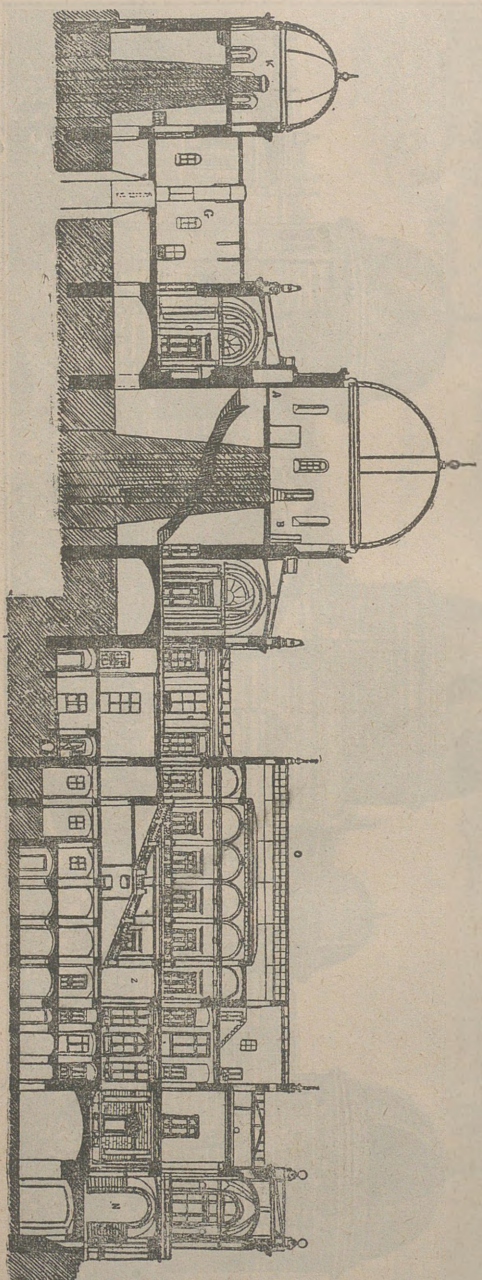


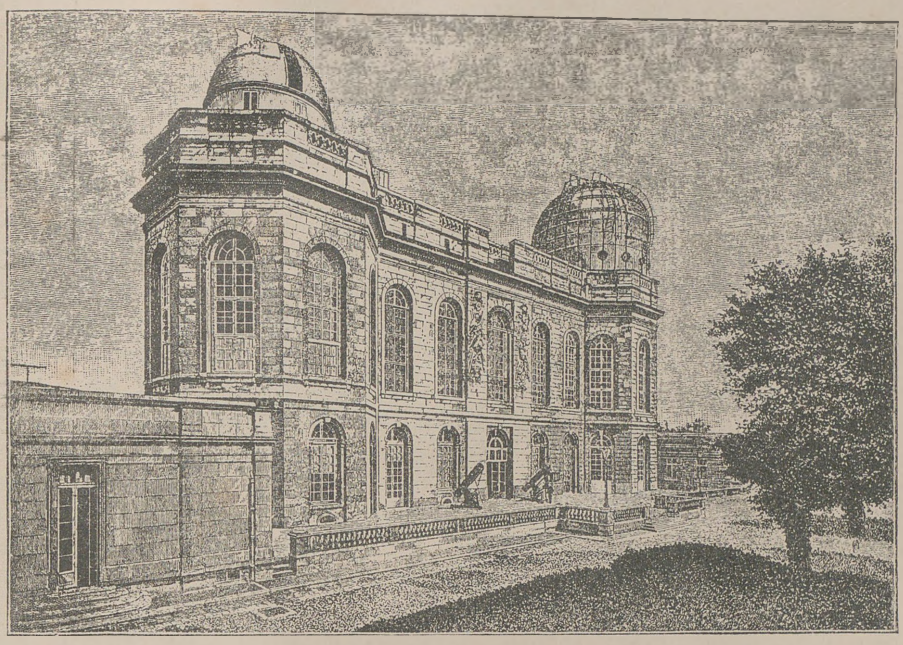
Рис. 333.

Замѣтимъ, что на рис. 331 (стр. 896) и 333 одинаковыя буквы имѣютъ одно и то же значеніе. Стеклянная крыша надъ лѣстницей L видна только на послѣднемъ рисункѣ, на которомъ она обозначена буквой O. Что же касается рис. 332 (стр. 897), то онъ представляетъ фотографію, снятую съ холма, находящагося въ западномъ углу обсерваторской земли.

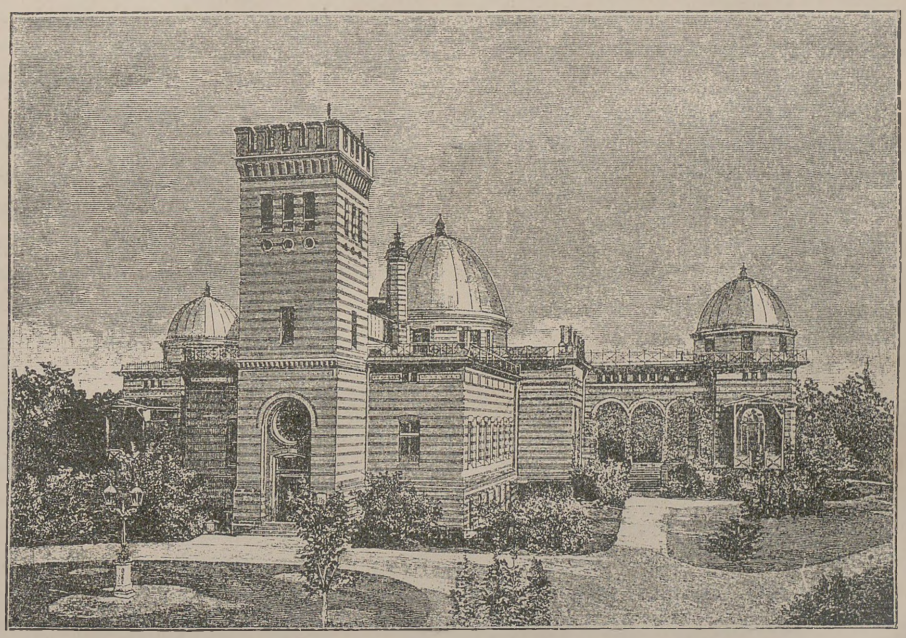
Здѣсь нельзя не упомянуть, что новая вѣнская обсерваторія, вскорѣ послѣ своего основанія, получила отъ частныхъ лицъ два щедрыхъ пожертвованія. Первое было получено отъ барона Альберта фонъ-Ротшильда, ревностнаго покровителя и мецената наукъ вообще и астрономіи въ частности, который обогатилъ обсерваторію колѣнчатымъ экваторіаломъ (équatorial coudé) съ отверстіемъ въ 38 см.; это былъ въ то время самый большой изъ подобныхъ инструментовъ, да и теперь онъ превзойденъ по размѣрамъ только новымъ колѣнчатымъ экваторіаломъ парижской обсерваторіи. Кромѣ того, баронъ Ротшильдъ предложилъ построить необходимое для новаго инструмента помѣщеніе на его средства и подарилъ обсерваторіи нѣкоторый капиталъ, проценты съ котораго даютъ возможность поддерживать инструментъ въ постоянномъ порядкѣ.

Второе пожертвованіе было сдѣлано любителемъ Біэла, который завѣщалъ вѣнской обсерваторіи свою частную обсерваторію, богато снабженную превосходными инструментами.

Въ самое послѣднее время при сооруженіи обсерваторій очень часто не только отдѣляютъ жилыя помѣщенія отъ самой обсерваторіи, но и для каждаго большого инструмента строятъ особыя башни, которыя иногда соединяются корридорами съ квартирами и между



1. Общій видъ Парижской обсерваторіи.



2. Общій видъ Потсдамской астро-физической обсерваторіи.

собой. Такова астрофизическая обсерваторія въ Потсдамѣ (см. прилагаемую при семъ таблицу), обсерваторіи въ Страсбургѣ и Ниццѣ, изъ которыхъ послѣдняя построена банкиромъ Бишоффсгеймомъ. Такое отдѣленіе жилыхъ помѣщеній отъ зданія самой обсерваторіи основывается на предположеніи, что, при непосредственной близости жилого зданія къ обсерваторіи, появляются воздушные потоки, которые могутъ вызвать нѣкоторыя неправильности въ рефракціи, повліять на отчетливость изображеній и т. п. Конечно, съ теоретической точки зрѣнія, несомнѣнно, что близость дымовыхъ трубъ и большихъ поверхностей крышъ, вообще говоря, обусловливаетъ токи воздуха, но можно очень сомнѣваться въ томъ, чтобы эти воздушныя теченія, при цѣлесообразномъ расположеніи построекъ, могли оказывать на практикѣ сколько-нибудь замѣтное вліяніе.

Такимъ образомъ, на нѣсколькихъ прекрасныхъ примѣрахъ мы выяснили, какими средствами долженъ располагать астрономъ для выполненія своей задачи. Ни одна наука не требуетъ столь дорогихъ инструментовъ и не зависитъ въ такой степени отъ матеріальной поддержки, какъ астрономія. Необыкновеннымъ успѣхомъ, который сдѣлала эта наука, мы обязаны, главнымъ образомъ, никогда не прекращавшейся щедрости, и здѣсь нельзя не отмѣтить въ высшей степени отраднаго соперничества между правительствомъ и частными лицами. Относительно щедрости правительства мы уже говорили выше, причемъ дали нашимъ читателямъ подробное описаніе двухъ наиболѣе замѣчательныхъ примѣровъ этого рода; этимъ мы и ограничимся. Что же касается частныхъ пожертвованій, то первый колоссальный телескопъ новаго времени, въ Гатесхэдѣ близъ Ньюкестля, былъ сооруженъ богатымъ частнымъ человѣкомъ Ньюоллемъ (Newall). Точно также снабженныя огромными телескопами обсерваторіи въ Ниццѣ, обсерваторія на горѣ Гамильтонъ и обсерваторія Іеркеса были сооружены и содержатся на средства частныхъ лицъ. Но не однѣ обсерваторіи возникли такимъ образомъ; изъ частныхъ пожертвованій на нужды астрономіи составляются значительные фонды, которые уже не разъ вызывали къ жизни новыя астрономическія изслѣдованія, а уже начатымъ оказывали значительную поддержку, облегчали печатаніе добытыхъ результатовъ и давали возможность отправлять экспедиціи въ далекія страны.

§ 50. **Важность любительскихъ работъ въ астрономіи.** Въ сочиненіяхъ, подобныхъ настоящему, нѣтъ надобности дѣлать какія-нибудь подробныя изысканія относительно того, насколько благотворное вліяніе оказали на развитіе астрономіи работы свободныхъ и независимыхъ ея покровителей и ихъ помощниковъ, искавшихъ въ своихъ занятіяхъ лишь удовлетвореніе любознательности. Вполнѣ достаточно только упомянуть такія имена, какъ: Ф. Байли (Baily), Гевелій, Шретеръ, Гюйгенсъ, Варренъ, Дела-Рю, Іог. и Дав. Фабриціусъ, Швабе, Р. Каррингтонъ, Вильямъ, Джонъ и Каролина Гершель, Хорроксъ, Ольберсъ, Энке, Гольдшмитъ, Палицшъ (Palitzsch), Галловей, Біэла, Дэвисъ, Россъ, В. Гасконь (Gascoigne), Ласселъ, а также имена многихъ другихъ любителей науки, съ которыми, какъ мы знаемъ изъ предыдущаго, неразрывно связаны постоянные успѣхи астрономіи; достаточно, говоримъ мы, упомянуть эти имена, чтобы читателю уже стало ясно, что безъ участія любителей развитіе этой области нашихъ знаній запоздало бы на цѣлыя столѣтія. Мы особенно подчеркиваемъ слово этой, такъ какъ намъ кажется, что ни въ какой другой наукѣ любительскія работы не принесли столь плодотворнаго результата, какъ въ астрономіи. Мы не будемъ также входить здѣсь въ разсужденія, которыя нерѣдко можно слышать относительно возвышенности астрономическихъ занятій, потому что тотъ, кто ищетъ въ астрономическихъ работахъ лишь удовольствія, лишь наслажденія красотой звѣзднаго неба, не принадлежитъ къ числу людей, заслуживающихъ глубокой признательности со стороны потомковъ.

Только трудолюбіе и глубокія изслѣдованія приносятъ пользу наукѣ и доставляютъ

работающимъ честь и славу. Причина того, что въ астрономіи любительскія работы приносятъ большую пользу, заключается, главнымъ образомъ, въ доступности этой науки. По какому другому предмету написано столько прекрасныхъ, популярныхъ сочиненій? Со временъ Фонтенеля, Ламберта и Лапласа общедоступная астрономія имѣетъ свою самостоятельную литературу, и среди именъ наиболѣе знаменитыхъ астрономовъ прошлыхъ столѣтій трудно найти такое, которое не было бы извѣстно любителямъ. Значительное число популярныхъ сочиненій по астрономіи вовсе не объясняется особой любезностью астрономовъ; всѣ ученые-спеціалисты склонны оставаться вѣрными удобному и полному гордости правилу: «arcere vulgus», понимая подъ словомъ «vulgus» всѣхъ не-спеціалистовъ. Въ настоящемъ случаѣ важную роль играетъ сущность предмета, позволяющая ученымъ выносить изъ своего кабинета и возвѣщать народу открытую ими самими или же другими лицами истину, освободивъ ее отъ ореола спеціальныхъ терминовъ; но такое общепонятное изложеніе каждаго вопроса можно сдѣлать только въ тѣхъ наукахъ, въ которыхъ открыты уже главные законы, и которыя по своей сущности представляютъ собой неразрывную цѣпь слѣдствій и причинъ. Астрономія уже цѣлыя столѣтія отличается этою особенностью, чѣмъ и объясняется то обстоятельство, что въ этомъ отношеніи она такъ сильно опередила всѣ другія науки, въ которыхъ въ послѣднее время также замѣчается стремленіе къ изложенію сущности предмета въ общедоступной формѣ. Это стремленіе къ простотѣ въ нѣсколько другой формѣ мы встрѣчаемъ также и на чисто научной почвѣ. Астрономъ, прежде чѣмъ достигнуть результата, долженъ выполнить такую массу совершенно механическихъ вычисленій и наблюденій, что онъ всегда думалъ о томъ, какъ бы сократить какимъ-нибудь образомъ предварительныя работы; кромѣ того: онъ долженъ имѣть въ виду потребности практиковъ въ полномъ смыслѣ этого слова, а именно: моряковъ, землемѣровъ и географовъ, которымъ недостаточно указать только общій планъ ихъ работъ, но для которыхъ нужно выработать возможно болѣе удобные, простые и, вообще говоря, вполнѣ доступные методы. Такимъ образомъ, выходитъ, что въ высшей степени сложныя сами по себѣ работы упрощаются настолько, что не остается желать ничего другого, какъ только удобной для работъ формы инструментовъ и ихъ доступности даже для людей сравнительно небогатыхъ. Наши методы, эфемериды и таблицы сводятъ бо́льшую часть задачъ на простыя ариѳметическія дѣйствія. Теперь одного часа хорошей погоды достаточно для опредѣленія географической долготы мѣста съ большей точностью, чѣмъ это можно было сдѣлать раньше, пользуясь наблюденіями, продолжавшимися нѣсколько мѣсяцевъ. Вмѣсто громоздкихъ и неудобныхъ астрономическихъ инструментовъ, которые, напримѣръ, еще Карстенъ Нибуръ долженъ былъ перевозить на верблюдахъ, явились небольшіе самые подходящіе для путешественниковъ инструменты, которые представляютъ значительныя удобства и нисколько не уступаютъ въ точности первымъ. Устройство обсерваторій въ настоящее время не требуетъ болѣе такихъ расходовъ, которые лишь въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ принять на себя отдѣльное лицо; сами обсерваторіи не связаны больше съ тѣмъ мѣстомъ, гдѣ онѣ возникли: такъ, Ласселъ, избѣгая угольной копоти, перенесъ свою обсерваторію изъ Старфильда близъ Ливерпуля на двѣ мили дальше въ Бродстонсъ; Дэвисъ жилъ сначала въ Ормскиркѣ, потомъ въ Кранбрукѣ, Ватерингбёри и, наконецъ, въ Хадденхамѣ, и обсерваторія вездѣ сопутствовала ему; теперь даже можно мечтать о переносной обсерваторіи, и, дѣйствительно, Томасъ Делль придумалъ очень цѣлесообразное устройство такой обсерваторіи. Хорошій телескопъ и вѣрные часы въ удобномъ и покойномъ мѣстѣ могутъ привести, при умѣломъ пользованіи, къ самымъ лучшимъ результатамъ. По всей вѣроятности никакой другой предметъ не даетъ такого удовлетворенія, какъ астрономія, что объясняется быстрымъ достиженіемъ результатовъ; ни одинъ предметъ не даетъ такъ часто подтвержденія непоколебимой правильности нашихъ взглядовъ; никакой другой предметъ не представляетъ столь широкаго поля для непрерывныхъ изслѣдованій природы

при почти полномъ отсутствіи тѣхъ трудностей, съ которыми неизбѣжно сопряжены обыкновенные опыты; астрономія не требуетъ отъ своихъ послѣдователей, чтобы они преодолѣвали врожденное отвращеніе къ разлагающемуся трупу, чтобы они предпринимали отважныя путешествія, чтобы они производили опасные для жизни опыты. Кромѣ того, астрономія имѣетъ передъ всѣми другими науками очень важное преимущество: она совершенно свободна отъ трудныхъ терминологій и классификацій. Въ то время, какъ другіе естествоиспытатели почти изнемогаютъ подъ бременемъ административной, если можно такъ выразиться, части своего труда и часто тратятъ здѣсь всѣ свои силы, астрономъ совершенно свободенъ отъ этой изнурительной работы; онъ совсѣмъ можетъ не употреблять словъ «классъ, разрядъ, фамилія, родъ, видъ» и тому подобныхъ выраженій, обозначающихъ подраздѣленія и совершенно необходимыхъ другимъ изслѣдователямъ для поддержанія порядка и опредѣленности въ ихъ научныхъ работахъ. Беззаботность, съ которой астрономъ устанавливаетъ родовыя различія или терминологію вообще, та смѣшная путаница въ этомъ отношеніи, которая иногда царитъ въ этой наукѣ, показываютъ, какъ неважно все это для астронома. Деламбръ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ называетъ кометы планетами особаго рода, но онъ могъ бы, не впадая въ противорѣчіе, считать планеты особымъ видомъ кометъ. Мы знаемъ, что существуютъ самосвѣтящіяся планеты, и имѣемъ всѣ данныя предполагать, что есть темныя центральныя тѣла. Для астронома важенъ не родъ, а лишь индивидуумъ, который характеризуется занимаемымъ имъ въ опредѣленный моментъ мѣстомъ. Задача астронома заключается въ томъ, чтобы представить себѣ весь необъятный небесный сводъ, на которомъ ни одинъ изъ наблюдаемыхъ объектовъ не сохраняетъ постоянно одного и того же положенія; въ одинъ годъ мѣста свѣтилъ уже замѣтно измѣняются, но отъ этого не происходитъ никакого безпорядка, такъ какъ измѣненіе совершается по опредѣленному, хорошо извѣстному намъ закону. Астроному, слѣдовательно, не нужны тѣ міріады именъ, которыя насчитываются въ другихъ наукахъ, гдѣ онѣ представляютъ настоящее мученіе. Лучшимъ подтвержденіемъ сказаннаго является то обстоятельство, что изъ небольшого сравнительно числа названій и именъ, которыя даны были древними нѣкоторымъ звѣздамъ и созвѣздіямъ, почти всѣ уже давнымъ-давно получили лишь историческій интересъ. Это, какъ намъ кажется, важное отличіе астрономіи отъ всѣхъ другихъ естественно-историческихъ наукъ вовсе не доказываетъ узкости трактуемой ею задачи; наоборотъ, изъ того, что астрономія изучаетъ отдѣльные индивидуумы, можно заключить о совершенной необъятности ея предмета, и нельзя даже предвидѣть того отдаленнаго, можетъ-быть, будущаго, когда число изслѣдуемыхъ небесныхъ тѣлъ превзойдетъ число видовъ животныхъ, растеній и т. п., какъ бы быстро не увеличивалось послѣднее съ развитіемъ соотвѣтственныхъ наукъ; такое изученіе индивидуумовъ поднимаетъ духъ изслѣдователя, такъ какъ въ этомъ заключается непосредственное изученіе природы; астрономы, такъ сказать, только собираютъ матеріалъ и не заботятся объ утомительной номенклатурѣ и классификаціи, которыя неизбѣжно предполагаютъ большее или меньшее проникновеніе въ сущность вещей, доступное человѣку лишь въ весьма незначительной степени, и въ которыхъ астрономъ совершенно не нуждается. Во всѣхъ же остальныхъ естественныхъ наукахъ этотъ вопросъ имѣетъ большое значеніе, и потому тамъ нельзя, какъ въ астрономіи, заниматься какой-нибудь отдѣльной отраслью науки, совершенно независимо отъ другихъ. Поэтому-то первые шаги въ изученіи другихъ отдѣловъ естествознанія представляютъ такъ мало интереса и такъ шатко обоснованы, тогда какъ изученіе астрономіи покоится на незыблемыхъ основахъ, разъ навсегда установленныхъ; въ примѣненіи къ данному случаю мы можемъ измѣнить смыслъ стариннаго изреченія и сказать: «родъ преходящъ, индивидуумъ вѣченъ»; это-то свойство астрономіи и привлекаетъ къ ней такъ много любителей. Въ самомъ дѣлѣ, никакая другая наука не можетъ дать такого вѣрнаго и сравнительно легкаго средства обезсмертить себя, какъ астрономія, потому что въ послѣдней благодарная область открытій

всецѣло предоставляется дилетантамъ. Профессіональный астрономъ только тогда занимается открытіями въ тѣсномъ смыслѣ слова, когда они нужны ему, чтобы при помощи ихъ разрѣшить другія, болѣе трудныя задачи. Дилетантъ можетъ по желанію выбрать предметъ занятій, и, какую бы цѣль онъ ни преслѣдовалъ, онъ можетъ быть увѣренъ, что настойчивость его увѣнчается успѣхомъ, и плоды его стараній будутъ радушно приняты всѣми. Кругъ дѣятельности дилетанта, какъ всякого волонтера, гораздо обширнѣе, чѣмъ кругъ дѣятельности спеціалиста. Всякій ученый, точно такъ же, какъ всякій полкъ солдатъ, долженъ имѣть опредѣленный планъ, съ которымъ должны согласоваться всѣ его дѣйствія; дилетантъ же не связанъ никакимъ планомъ, а между тѣмъ все-таки можетъ прославиться. Однако, эта свобода имѣетъ и невыгодныя стороны: она нерѣдко переходитъ въ безпорядочность, благодаря которой дилетанты въ астрономіи являются настоящимъ бичемъ для спеціалистовъ. Армія людей, которые, какъ удачно выразился однажды Джонъ Гершель, всякую науку, имъ незнакомую, считаютъ только зарождающейся и потому, напримѣръ, сразу берутся найти новыя основы астрономіи при помощи придуманной ими самими системы міра, думая отгадать астрономическія истины, не обладая никакими предварительными познаніями,—армія этихъ добровольцевъ виновата въ томъ, что многіе спеціалисты избѣгаютъ общенія съ дилетантами. Но гдѣ жнутъ много хлѣба, тамъ бываетъ и много мякины, и въ самомъ дѣлѣ, несмотря на то, что астрономія раньше всѣхъ своихъ сестеръ вступила на вѣрную дорогу изслѣдованія, она же больше, чѣмъ всякая другая наука, располагаетъ умъ къ пустымъ мечтаніямъ — путь, слѣдовать которому въ настоящее время столь же опасно, какъ когда-то было опасно уклоняться отъ него. Рвеніе дилетантовъ можно сравнить съ большой массой текучей воды, которая, если не обратить на нее никакого вниманія и предоставить самой себѣ, потечетъ по песку, принесетъ только вредъ и затопитъ страну, между тѣмъ какъ, при надлежащемъ обращеніи съ этой массой воды, она образуетъ потокъ, въ пользѣ котораго не можетъ быть никакого сомнѣнія. Отсюда самъ собою опредѣляется характеръ отношеній между профессіональными астрономами и любителями; отношенія эти должны быть дружелюбными. Если астрономъ-спеціалистъ видитъ, что дилетантъ относится къ дѣлу серьезно и настойчиво преслѣдуетъ свою цѣль, онъ не долженъ и не имѣетъ права отказывать ему въ помощи. И если дилетантъ воспользуется этой помощью, онъ можетъ быть увѣренъ въ успѣхѣ; рудники, надъ разработкой которыхъ онъ трудится, неисчерпаемы, и внимательный изслѣдователь всегда можетъ разсчитывать на то, что мы называемъ удачей. Если бы Кеплеръ не остановился случайно на Марсѣ, неравенства котораго были замѣтны даже при тогдашнихъ наблюдательныхъ средствахъ, если бы Вильямъ Гершель увидѣлъ Урана 11-ью днями раньше, когда это свѣтило находилось (часть I, § 58) въ стояніи, такъ что его трудно было признать за планету, то блестящія открытія, связанныя съ этими именами, вѣроятно, на долгое время были бы отложены. Брадлей и В. Гершель тщетно пытались опредѣлить параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ; но обширныя работы, предпринятыя ими для этой цѣли, увѣнчались неожиданными открытіями аберраціи свѣта и двойныхъ звѣздъ. Тотъ, кому удастся сдѣлать хоть сколько-нибудь важное астрономическое открытіе, можетъ быть увѣренъ, что въ немъ примутъ участіе, и не долженъ бояться, что на него не обратятъ вниманія, какъ могло бы случиться въ другихъ наукахъ; въ астрономіи за всякимъ признается право работать надъ любымъ вопросомъ.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

Элементы планетъ, спутниковъ и кометъ нашей солнечной системы.

Обзоръ планетной системы.

При сопоставленіи главнѣйшихъ элементовъ планетъ и спутниковъ нашей солнечной системы, мы начинаемъ съ большихъ планетъ. Въ таблицѣ *A*, I, прежде всего даны среднія разстоянія планетъ отъ солнца, или большія полуоси ихъ орбитъ, причемъ за единицу разстоянія принято среднее разстояніе отъ солнца до земли. Эти полуоси вычислены на основаніи приведенныхъ въ пятой колоннѣ сидерическихъ движеній по точному выраженію третьяго закона Кеплера, т.-е. по формулѣ:

$$a^3 = \frac{12589635(1+m)}{\mu^2},$$

въ которой a представляетъ большую полуось, μ—среднее суточное сидерическое движеніе и m—массу планеты, выраженную (*A*, IV, колонна 1) въ частяхъ солнечной массы.

Считая солнечный параллаксъ равнымъ 8,85″, мы должны эти большія полуоси помножить на 148636000, чтобы получить ихъ въ километрахъ, или на 20028900, чтобы выразить ихъ въ географическихъ миляхъ.

Слѣдующая колонна, озаглавленная «Эксцентриситетъ», даетъ отношеніе разстоянія между фокусомъ и центромъ даннаго эллипса къ его большой полуоси. Чтобы получить самое разстояніе отъ фокуса до центра эллипса, надо перемножить соотвѣтствующія числа второй и первой колоннъ. Полученный результатъ будетъ выраженъ въ единицахъ средняго разстоянія отъ солнца до земли, и, чтобы выразить его въ километрахъ, надо найденныя числа помножить на 148636000.

Помѣщенныя въ слѣдующихъ колоннахъ наибольшія (E) и наименьшія (e) разстоянія планетъ отъ солнца, выраженныя въ единицахъ средняго разстоянія земли отъ солнца, вычислены по слѣдующимъ точнымъ формуламъ:

$$E = a(1+\varepsilon); \qquad e = a(1-\varepsilon),$$

въ которыхъ a и ε означаютъ большую полуось и эксцентриситетъ орбиты планеты.

Напротивъ того, наибольшее (D) и наименьшее (d) разстоянія отъ земли, выраженныя въ милліонахъ километровъ, вычислены лишь приближенно, такъ какъ точное вычисленіе этихъ величинъ не имѣетъ значенія. При этомъ для обѣихъ внутреннихъ планетъ Меркурія и Венеры было принято:

$$D = 148{,}6 + E \qquad d = 148{,}6 - E,$$

а для всѣхъ же остальныхъ

$$D = E + 148{,}6 \qquad d = e - 148{,}6,$$

причемъ 148,6 есть среднее разстояніе земли отъ солнца, выраженное въ милліонахъ километровъ.

Четвертая колонна этой таблицы содержитъ точно вычисленное время ея послѣдняго прохожденія черезъ перигелій въ XIX столѣтіи.

Наконецъ, послѣдняя колонна даетъ не мѣняющееся съ теченіемъ времени суточное движеніе среднсй планеты въ плоскости ея орбиты.

Таблица *A*, II, содержитъ въ первыхъ трехъ колоннахъ времена обращенія: 1) по отношенію къ нѣкоторой постоянной точкѣ (сидерическое), 2) по отношенію къ точкѣ весенняго равноденствія (тропическое) и 3) по отношенію къ солнцу (синодическое), при-

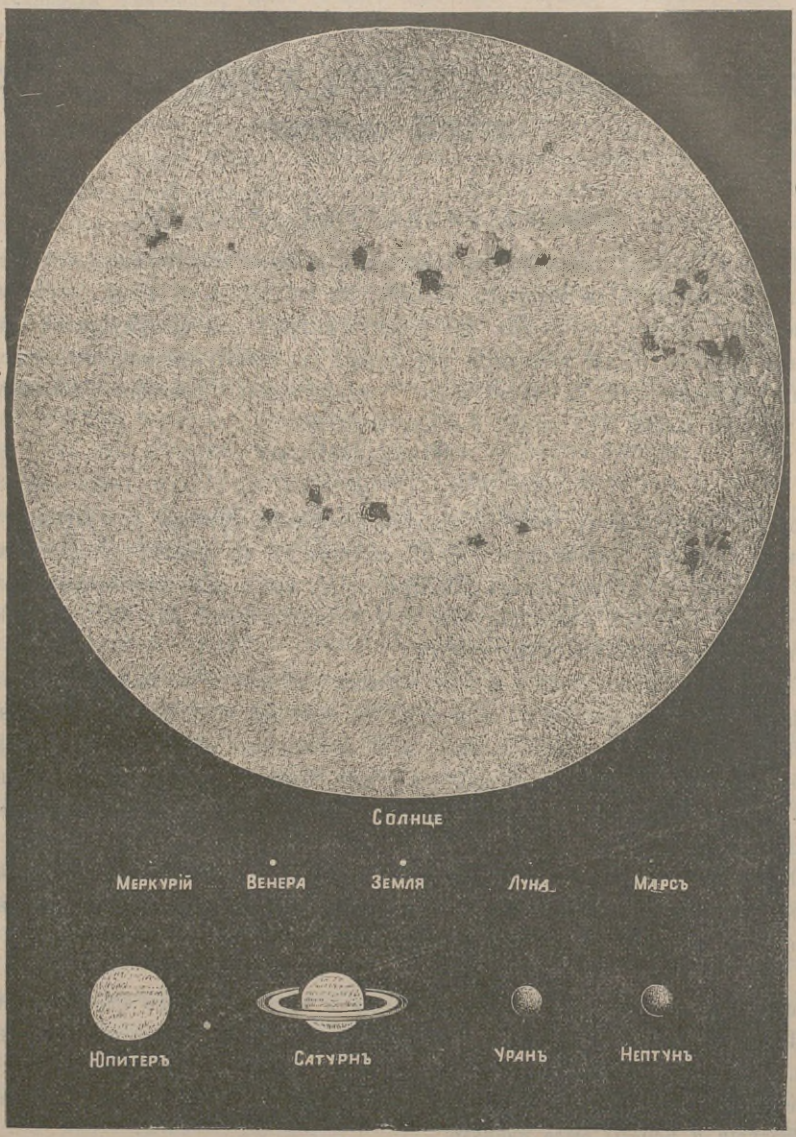


Рис. 334.

чемъ первыя два выражены въ среднихъ суткахъ, а послѣднее въ годахъ, суткахъ и часахъ (годъ равенъ 365,25 сутокъ).

Въ послѣднихъ трехъ колоннахъ находятся остальные элементы орбитъ, именно: долгота перигелія, долгота восходящаго узла и наклонность орбиты къ эклиптикѣ.

Въ таблицѣ *A*, III, приведены сначала вѣковыя измѣненія, которыя претерпѣваютъ элементы отдѣльныхъ планетъ отъ возмущеній со стороны остальныхъ планетъ. Въ шестой колоннѣ дана средняя скорость планетъ въ одну секунду при ихъ движеніи вокругъ солнца.

Эта скорость опредѣляется при помощи слѣдующаго выраженія:

$$v = \frac{k}{\sqrt{a}} = \frac{29{,}593}{\sqrt{a}} \text{ километровъ},$$

причемъ k есть характеристика нашей солнечной системы (часть I, § 78) и a—большая полуось орбиты.

Въ предпослѣдней колоннѣ дано пространство, проходимое планетой въ первую секунду при ея паденіи на солнце, причемъ для вычисленія служила слѣдующая формула

$$F = \frac{v^2}{2a},$$

въ которой v имѣетъ прежнее значеніе. Замѣняя v предыдущимъ выраженіемъ и выражая F въ миллиметрахъ, получаемъ формулу:

$$F = \frac{2{,}945}{a^2} \text{ миллиметровъ}.$$

Наконецъ, послѣдній столбецъ даетъ величину $\frac{1}{a^2}$, т.-е. количество свѣта и теплоты, получаемыхъ планетой отъ солнца, при ея среднемъ разстояніи отъ этого послѣдняго.

Что касается таблицъ A, IV, и A, V, то мы замѣтимъ только, что, при вычисленіи поверхности и объема, сжатіе, кромѣ земли, принято въ разсчетъ еще у Юпитера и Сатурна, потому что у другихъ планетъ на этотъ счетъ ничего достовѣрнаго неизвѣстно. Пусть a означаетъ экваторіальный и b—полярный діаметръ; тогда объемъ V планеты, если считать, что она имѣетъ форму эллипсоида вращеніи, вычисляется по формулѣ:

$$V = \frac{1}{6} a^2 b \pi.$$

При вычисленіи поверхности планетъ, для каждой изъ нихъ дана поверхность такого шара, объемъ котораго равняется объему упомянутаго выше эллипсоида вращенія, другими словами такого шара, діаметръ котораго имѣетъ слѣдующее выраженіе:

$$\delta = \sqrt[3]{a^2 b}.$$

* На рис. 334 даны сравнительные размѣры солнца и различныхъ планетъ. *

Далѣе, обозначимъ буквами M, V и D массу, объемъ и экваторіальный діаметръ планетъ, выраженные въ частяхъ массы, объема и экваторіальнаго діаметра земли (таблица A, IV, колонны 3, 8, 12). Въ такомъ случаѣ плотность планеты и отношеніе силы тяжести на ея поверхности къ силѣ тяжести на поверхности земли (табл. A, V, колонны 2 и 4) вычисляются по слѣдующимъ формуламъ:

$$\frac{M}{V} \text{ и } \frac{M}{D^2}.$$

При этомъ слѣдуетъ замѣтить, что приведенная въ таблицѣ IV масса земли представляетъ собою собственно сумму массъ земли и луны; при этихъ же вычисленіяхъ слѣдуетъ пользоваться массой одной земли, которая равна 1 : 326800. Далѣе, отношеніе силы тяжести на планетѣ и выраженное въ метрахъ пространство, проходимое тѣломъ при свободномъ паденіи на экваторѣ планеты *), мы вычисляли, не принимая въ разсчетъ центробѣжной силы, которая довольно значительна для внѣшнихъ планетъ. Если желательно принять въ разсчетъ центробѣжную силу, приведенную въ шестой колоннѣ, для тѣхъ тѣлъ, продолжительность вращенія которыхъ извѣстна, то нужно только числа четвертаго и пятаго столбцовъ уменьшить соотвѣтственнымъ образомъ, пользуясь дробями, помѣщенными въ шестомъ столбцѣ. Такъ, напр., для Сатурна имѣемъ:

дѣйствительное напряженіе тяжести: $1{,}00 - \frac{1}{6} \cdot 1{,}00 = 1{,}00 - 0{,}17 = 0{,}83$;

---

*) Числа пятаго столбца получаются изъ чиселъ четвертаго столбца простымъ умноженіемъ на 4,9072.

пространство, дѣйствительно проходимое падающимъ тѣломъ на поверхности Сатурна, равно

$$4{,}91 - \frac{1}{6} \cdot 4{,}91 = 4{,}91 - 0{,}82 = 4{,}09.$$

Послѣ этихъ замѣчаній укажемъ еще источники, откуда были заимствованы различныя данныя для нижеслѣдующихъ таблицъ.

Элементы 4 внутреннихъ планетъ (Меркурія, Венеры, Земли и Марса) заимствованы изъ опубликованнаго въ концѣ 1895 года изслѣдованія Ньюкомба, касающагося орбитъ этихъ планетъ; элементы Юпитера и Сатурна взяты изъ таблицъ Леверье, напечатанныхъ въ мемуарахъ парижской обсерваторіи, и, наконецъ, элементы Урана и Нептуна взяты изъ таблицъ этихъ планетъ, составленныхъ Ньюкомбомъ. Однако, элементы съ весьма отдаленной эпохи 1850,0 года, лежащей въ основаніи всѣхъ только-что названныхъ таблицъ, были приведены къ среднему равноденствію 1900,0 года, причемъ были приняты во вниманіе вѣковыя возмущенія. Точно такъ же годичныя измѣненія элементовъ (*A*, IV) взяты изъ тѣхъ же источниковъ. Поэтому они находятся въ полномъ соотвѣтствіи, строго говоря, только съ тѣми планетными массами, которыя служили основаніемъ при построеніи только-что упомянутыхъ таблицъ, и которыя въ нѣкоторыхъ случаяхъ болѣе или менѣе значительно отличаются отъ планетныхъ массъ, данныхъ въ таблицѣ *A*, IV. Впрочемъ, происходящая отъ этого разница совершенно неважна для цѣли настоящаго обзора.

Масса (*A*, IV) Меркурія взята изъ изысканій Баклунда, касающихся орбиты кометы Энке; массы Венеры и Юпитера заимствованы изъ изысканій Ньюкомба относительно орбитъ 4 внутреннихъ планетъ. Массы Марса, Сатурна и Урана выведены изъ многолѣтнихъ наблюденій надъ спутниками этихъ планетъ, произведенныхъ Холемъ. Для массы Нептуна взята средняя изъ величинъ, полученныхъ для нея Ньюкомбомъ, Холемъ и Г. Струве. Масса земли заимствована изъ соотвѣтственныхъ вычисленій Ньюкомба, опубликованныхъ въ 1865 году.

Массы планетъ, обладающихъ спутниками, относятся ко всей системѣ, включая сюда и спутники, а въ случаѣ Сатурна, включая также и кольцо.

Массы спутниковъ весьма ничтожны въ сравненіи съ массами главныхъ планетъ, за исключеніемъ спутника земли; масса кольца Сатурна, повидимому, тоже очень незначительна въ сравненіи съ массой самой планеты (часть II, § 87). Поэтому, если исключить землю, то данныя въ нашихъ таблицахъ массы можно разсматривать какъ массы главныхъ тѣлъ. Что же касается земли, то ея масса равна $\frac{1}{326800}$ солнечной массы, причемъ масса земного спутника составляетъ около 80-ой части земной массы (по Ганзену $\frac{1}{79{,}67}$, а по Ньюкомбу $\frac{1}{81{,}44}$). Только-что указанная масса земли и была употреблена при выводѣ чиселъ первыхъ двухъ колоннъ таблицы *A*, V.

Для діаметра Меркурія принятъ результатъ, средній изъ весьма большого числа точныхъ измѣреній. Діаметры Венеры и солнца приняты согласно съ произведенными геліометромъ измѣреніями нѣмецкихъ экспедицій, снаряженныхъ для наблюденія прохожденія Венеры въ 1874 и 1882 годахъ. Для діаметровъ Марса и Урана приняты тѣ величины, которыя были получены соотвѣтственно Гартвигомъ и Зелигеромъ послѣ тщательной обработки всего имѣющагося на лицо матеріала. Для экваторіальнаго и полярнаго діаметровъ Юпитера взяты среднія изъ величинъ, полученныхъ Бесселемъ (37,60″ и 35,21″) и Шуромъ (37,43″ и 35,02″). Экваторіальный и полярный діаметры Сатурна даны согласно съ измѣреніями Барнарда (17,77″ и 16,34″), а для діаметра Нептуна дана средняя изъ величинъ, найденныхъ Ласселлемъ и Мартомъ (2,28″) и Г. Струве (2,21″).

Относительно средней плотности земли ср. часть III, § 33. Для опредѣленія размѣровъ и формы земного сфероида приняты элементы Бесселя, а именно для экваторіаль-

наго радіуса принято 6377,40 километровъ, для полярнаго 6358,08 км. Элементы земного сфероида, выведенные Кларкомъ въ 1880 году изъ всѣхъ извѣстныхъ въ то время заслуживающихъ довѣрія градусныхъ измѣреній, лишь весьма немного отличаются отъ вышеприведенныхъ элементовъ. По Кларку экваторіальный радіусъ равенъ 6378,25 км, полярный радіусъ — 6356,52 км., сжатіе — $\frac{1}{293,5}$.

Продолжительность вращенія Меркурія вокругъ его оси по Скіапарелли равняется продолжительности его обращенія вокругъ солнца; вопросъ о продолжительности вращенія Венеры еще не разрѣшенъ окончательно, и потому время вращенія этой планеты въ нашихъ таблицахъ не приведено. Время вращенія Марса выведено изъ совокупности наблюденій Гюйгенса (1672) и новѣйшихъ; время вращенія Юпитера принято равнымъ времени вращенія краснаго пятна, которое было видимо въ послѣдніе годы; для временъ вращенія Сатурна и солнца приняты тѣ результаты, которые были получены соотвѣтственно А. Холемъ и Шпереромъ. О недостовѣрности этихъ данныхъ и вообще о вращеніи этихъ тѣлъ см. часть II, §§ 18, 78 и 83. Время вращенія Урана и Нептуна еще неизвѣстно. Однако, что касается перваго, то М. Холь на островѣ Ямайкѣ имѣлъ возможность наблюдать на немъ свѣтовыя колебанія, изъ которыхъ и вывелъ его періодъ вращенія въ $7^h\ 55^m$. Эта величина періода не противорѣчитъ теоретическимъ соображеніямъ, если принять сжатіе Урана равнымъ 0,1, т.-е. той величинѣ, которая на самомъ дѣлѣ была выведена многими астрономами изъ наблюденій.

Сжатіе Юпитера и Сатурна вычислено по вышеприведеннымъ экваторіальнымъ и полярнымъ діаметрамъ планетъ, сжатіе Марса было найдено Г. Струве по движенію линіи апсидъ Фобоса.

Группа таблицъ *B* содержитъ элементы орбитъ спутниковъ, начиная съ элементовъ луны, причемъ для этой послѣдней приняты тѣ элементы, которыми Ганзенъ воспользовался при вычисленіи своихъ лунныхъ таблицъ.

Что касается спутниковъ остальныхъ планетъ, то прежде всего необходимо упомянуть, что ихъ діаметры, за исключеніемъ 4 галилеевыхъ спутниковъ Юпитера, опредѣлены не прямыми измѣреніями, а вычислены по ихъ яркости, опредѣленной Пикерингомъ, причемъ было принято, что ихъ альбедо равняется альбедо ихъ главной планеты.

Далѣе, элементы спутниковъ Марса заимствованы изъ изслѣдованія ихъ орбитъ, опубликованнаго Холемъ, а элементы 4 галилеевыхъ спутниковъ Юпитера изъ таблицъ Дамуазо. Для среднихъ разстояній послѣднихъ изъ названныхъ спутниковъ приняты значенія, которыя получилъ Бессель изъ своихъ измѣреній, предпринятыхъ съ цѣлью опредѣленія массы Юпитера, между тѣмъ какъ ихъ діаметры даны согласно съ измѣреніями Барнарда. Формулы, по которымъ вычислены всѣ остальныя данныя, помѣщенныя въ таблицахъ I и II, уже были приведены въ объясненіяхъ къ таблицамъ большихъ планетъ.

Относительно спутниковъ Сатурна прежде всего должно упомянуть, что полуоси (a и A) ихъ орбитъ были вычислены на основаніи третьяго закона Кеплера по ихъ сидерическимъ временамъ обращенія (колонна 7) и по полуоси орбиты Япета, причемъ для послѣдней взята величина $514{,}53''$, являющаяся средней изъ величинъ, которыя были получены Делярю ($514{,}7''$) и Тиссераномъ ($514{,}37''$). Далѣе, элементы орбиты Гиперіона даны по Эйхельбергу, а элементы орбиты Япета по Тиссерану. Элементы орбитъ остальныхъ спутниковъ Сатурна взяты изъ работы Г. Струве, касающейся этихъ спутниковъ.

Орбиты спутниковъ Урана заимствованы изъ «Uranian and Neptunian Systems» Ньюкомба, а орбита спутника Нептуна дана согласно съ изслѣдованіями Г. Струве. Для

полуоси орбиты спутника Нептуна принято среднее изъ опредѣленій Ньюкомба (16,275″), Холя (16,349″) и Г. Струве (16,271″).

Конецъ этого отдѣла составляетъ сопоставленіе элементовъ орбитъ астероидовъ. Обзоръ начинается спискомъ именъ этихъ небесныхъ тѣлъ въ алфавитномъ порядкѣ, и въ этомъ спискѣ даны нумера астероидовъ не только по времени ихъ открытія, но и по среднему разстоянію ихъ отъ солнца, благодаря чему ихъ легко можно найти въ слѣдующей таблицѣ.

Среди астероидовъ есть такіе, которые наблюдались только во время одного противостоянія съ солнцемъ. У такихъ астероидовъ въ таблицѣ *C*, II, рядомъ съ ихъ именемъ стоятъ знаки: †, †* или (?). Первый знакъ показываетъ, что наблюденія производились въ теченіе долгаго времени и были распредѣлены болѣе или менѣе равномѣрно, такъ что къ опредѣленію орбиты можно питать нѣкоторое довѣріе. Второй знакъ показываетъ, что за точность орбиты нельзя ручаться, и, наконецъ, третій знакъ, которымъ помѣчена, напримѣръ, планета Бруція, показываетъ, что элементы должны быть разсматриваемы какъ довольно грубое приближеніе къ истинѣ.

Элементы орбитъ астероидовъ даны съ меньшею полностью, чѣмъ элементы орбитъ большихъ планетъ, потому что значительныя возмущенія, испытываемыя этими небесными тѣлами, влекутъ за собой быстрыя и притомъ довольно значительныя измѣненія въ орбитахъ. Нѣкоторыя интересныя свѣдѣнія не могли быть помѣщены въ таблицѣ *C*, II. Поэтому они даны въ прилагаемой при семъ небольшой таблицѣ, но уже не для отдѣльныхъ астероидовъ, а вообще для цѣлыхъ группъ этихъ небесныхъ тѣлъ.

Большая полуось орбиты	Средняя скорость въ одну секунду при движеніи вокругъ солнца	Паденіе на солнце въ первую секунду	Интенсивность свѣта и теплоты	Большая полуось орбиты	Средняя скорость въ одну секунду при движеніи вокругъ солнца	Паденіе на солнце въ первую секунду	Интенсивность свѣта и теплоты
	килом.	миллим.			килом.	миллим.	
2,0	20,925	0,736	0,250	3,1	16,808	0,307	0,104
2,1	20,421	0,668	0,227	3,2	16,543	0,288	0,098
2,2	19,952	0,609	0,207	3,3	16,290	0,271	0,092
2,3	19,513	0,557	0,189	3,4	16,049	0,255	0,087
2,4	19,102	0,511	0,174	3,5	15,818	0,240	0,082
2,5	18,716	0,471	0,160	3,6	15,597	0,227	0,077
2.6	18,353	0,436	0,148	3,7	15,385	0,215	0,073
2,7	18,010	0,404	0,137	3,8	15,181	0,204	0,069
2,8	17,685	0,376	0,128	3,9	14,985	0,194	0,066
2,9	17.378	0,350	0,119	4,0	14,797	0,184	0,063
3,0	17,086	0,327	0,111	4,1	14,617	0,174	0,060

Отдѣльныя данныя таблицы *C*, II, уже своими заголовками такъ точно охарактеризованы, что нѣтъ надобности въ дальнѣйшихъ объясненіяхъ. Только одно слѣдуетъ замѣтить, а именно, что подъ «средней величиной» подразумѣвается та величина, которую имѣлъ бы астероидъ во время противостоянія, если бы онъ въ это время находился на линіи узловъ и притомъ въ среднемъ разстояніи отъ солнца. Далѣе, діаметры астероидовъ вычислены по ихъ яркости въ предположеніи, что ихъ альбедо равняется средней величинѣ изъ альбедо Марса и альбедо Меркурія (часть II, § 71). Изъ непосредственныхъ измѣреній Барнарда взяты только діаметры Цереры, Паллады и Весты. Еще обратимъ вниманіе на то, что въ таблицахъ данъ уголъ эксцентриситета φ, который связанъ съ самимъ эксцентриситетомъ e уравненіемъ $e = Sin\,\varphi$.

Элементы астероидовъ заимствованы изъ новѣйшихъ таблицъ Баушингера.

Въ концѣ концовъ слѣдуетъ замѣтить, что числа, данныя въ нижеслѣдующихъ таб-

лицахъ иногда уклоняются отъ чиселъ, приведенныхъ въ самой книгѣ. Это происходитъ, главнымъ образомъ, оттого, что въ книгѣ часто употреблялись только круглыя числа съ тѣмъ, чтобы облегчить тѣ или другія вычисленія. Еще необходимо обратить вниманіе на то, что приведенные въ таблицахъ размѣры большихъ планетъ, въ особенности наиболѣе отдаленныхъ, весьма значительно измѣнились бы, если бы мы взяли другія данныя для ихъ видимыхъ діаметровъ. Мы знаемъ, что уголъ въ 1″ въ среднемъ разстояніи Нептуна отъ

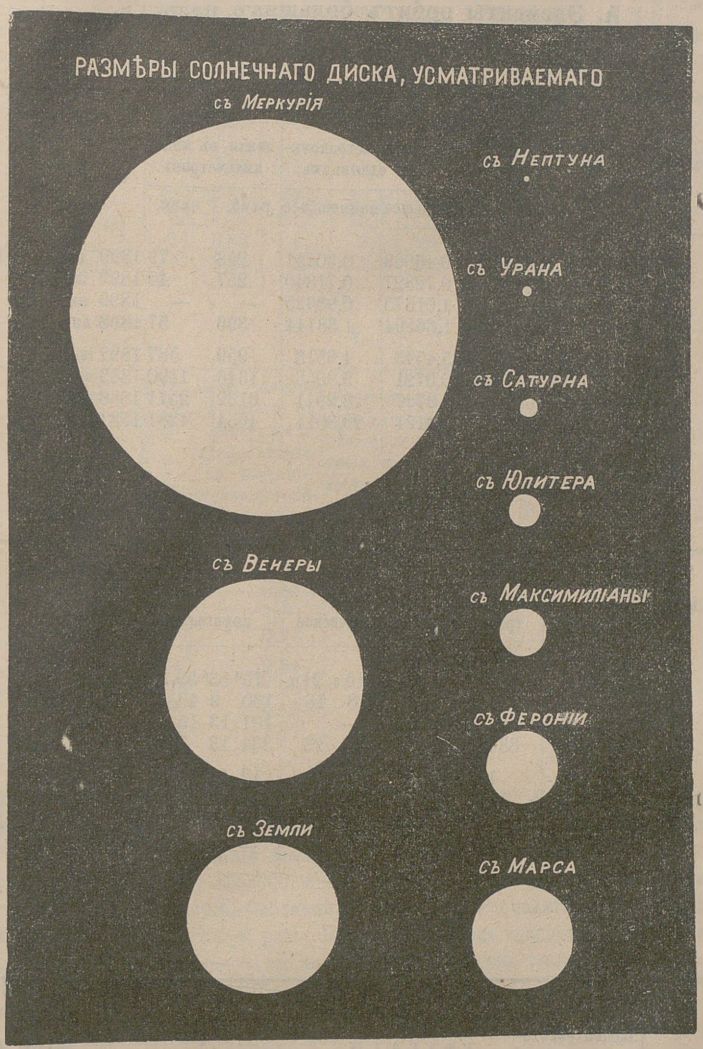


Рис. 335.

солнца соотвѣтствуетъ линейной длинѣ въ 21650 км. Поэтому если измѣнить его видимый діаметръ только на 0,1″, то его истинный діаметръ измѣнится уже на 2165 км., его поверхность—на $^1/_{11}$ и его объемъ—на $^1/_7$ поверхности объема, приведенныхъ въ нашихъ таблицахъ.

* Въ заключеніе этого обзора считаемъ интереснымъ обратить вниманіе читателя на рис. 335, на которомъ даны сравнительные размѣры солнечнаго диска, усматриваемаго съ различныхъ планетъ. *

А. Элементы орбитъ большихъ планетъ.

I.

Планеты	Большая полуось	Эксцентриситетъ	Разстояніе отъ солнца въ астрономическихъ единицахъ: наибольшее	наименьшее	Разстояніе отъ земли въ милл. километровъ: наиб.	наим.	Среднее гринвичское время прохожденія черезъ перигелій	Среднее суточное сидерическое движеніе.
Меркурій ☿	0,3870988	0,2056142	0,46669	0,30751	218	79	1899 дек. 6,0	14732,4197
Венера ♀ . .	0,7233322	0,0068207	0,72827	0,71840	257	40	1899 іюля 6,1	5767,6698
Земля ♁ . . .	1,0000000	0,0167510	1,01675	0,98325	—	—	1899 янв. 1,1	3548,1928
Марсъ ♂ . . .	1,5236914	0,0933574	1,66594	1,38144	396	57	1898 апр. 29,8	686,5183
Юпитеръ ♃ .	5,20280	0,0483351	5,4543	4,9513	959	587	1892 іюля 24,5	299,1284
Сатурнъ ♄ . .	9,53885	0,0559003	10,0721	9,0056	1646	1190	1885 окт. 19,5	120,4547
Уранъ ♅ . .	19,18336	0,0464961	20,0727	28,2941	3132	2571	1886 іюня 12.0	42,2308
Нептунъ ♆ .	30,05674	0,0084990	30,3121	29,8014	4654	4281	1881 март.19,6	21,5330

II.

Планеты	Время оборота: сидерическое	тропическое	синодическое	Долгота: перигелія	восходящаго узла	Наклонность
	сутки	сутки				
Меркурій . . .	87,96926	87,96843	0 г. 115 с. 21 ч.	75° 53′ 59,2″	47° 6′ 45,6″	7° 0′ 10,4″
Венера	224,70079	224,69514	1 218 16	130 9 49,0	75 46 49,2	7 23 37,1
Земля	365,25636	365,24220	—	101 13 15,5	—	—
Марсъ	686,97979	686,92972	2 48 23	334 13 7,1	48 47 9,3	7 51 1,3
Юпитеръ . . .	4332,59	4330,60	1 33 15	12 43 14,5	99 26 35,6	1 18 31,3
Сатурнъ . . .	10759,23	10746,95	1 12 20	91 5 38,7	112 47 2,7	2 29 32,1
Уранъ . . .	30688,51	30588,90	1 4 7	171 20 41,5	73 30 6,0	0 46 22,2
Нептунъ . . .	60186,64	59804,81	1 2 6	40 0 1,0	130 40 32,7	1 46 44,3

III.

Планеты	Годичное измѣненіе: эксцентриситета въ единицахъ седьмого десятичнаго знака	долготы: перигелія	долготы: восходящаго узла	наклонности	Средняя скорость въ одну секунду при движеніи вокругъ солнца	Паденіе на солнце въ первую секунду	Напряженность свѣта и теплоты
	°	″	″	″	кил.	милим.	
Меркурій	+ 2,05	+ 55,998	+ 42,667	+ 0,067	47,564	19,660	6,674
Венера	— 4,79	+ 50,689	+ 32,394	+ 0,067	34,795	5,631	1,911
Земля	— 4,18	+ 61,891	—	—	29,593	2,946	1,000
Марсъ	+ 9,06	+ 66,244	+ 27,768	— 0,022	23,974	1,269	0,431
Юпитеръ	+ 16,62	+ 57,939	+ 36,379	— 0,205	12,976	0,109	0,037
Сатурнъ	— 34,31	+ 70,441	+ 31,391	— 0,140	9,582	0,032	0,011
Уранъ	+ 27,39	+ 50,256	+ 18,568	+ 0,025	6,757	0,008	0,003
Нептунъ	+ 0,56	+ 51,014	+ 39,615	— 0,346	5,398	0,003	0,001

IV.

Планеты	Масса въ частяхъ массы		Видимый экваторіальный діаметръ, усматриваемый съ			Экваторіальный діаметръ въ		Поверхность въ		Объемъ въ	
	солнца	земли	солнца (среднiй)	земли наибольшiй	земли наименьшiй	киломъ.	частяхъ земного діаметра	милліонахъ кв. киломъ.	частяхъ земной поверхности	билліон. куб. кил.	частяхъ объема земли
Меркурій . . .	$^1/_{9700000}$	0,03	16,66″	12,2″	4,4″	4648	0,364	68	0,13	0,052	0,05
Венера	$^1/_{406690}$	0,79	23,23	62,2	9,7	12106	0,949	459	0,90	0,926	0,86
Земля	$^1/_{322800}$	1,00	17,70	—	—	12755	1,000	510	1,00	1,083	1,00
Марсъ	$^1/_{3104700}$	0,10	6,14	24,4	3,5	6742	0,529	142	0,28	0,160	0,15
Юпитеръ . . .	$^1/_{1047·35}$	308	37,51	49,4	30,3	140630	11,03	59332	116,3	1359	1255,0
Сатурнъ . . .	$^1/_{3486·5}$	93	17,77	21,2	15,3	122150	9,58	44224	86,7	874	867,2
Уранъ	$^1/_{22765}$	14	3,82	4,2	3,5	52810	4,14	8471	17,1	77	71,0
Нептунъ . . .	$^1/_{19310}$	17	2,24	2,3	2,2	48500	3,80	7389	14,5	60	55,0

V.

Планеты	Плотность по отношенію къ землѣ	Плотность по отношенію къ водѣ	Гиря, вѣсящая 1 килогр. на поверхности земли, вѣситъ на соотвѣтственныхъ планетахъ	Пространство, проходимое при свободномъ паденіи на экваторѣ въ первую секунду	Уменьшеніе тяжести вслѣдствіе вращенія	Время вращенія	Скорость точки на экваторѣ при суточномъ движеніи	Сжатіе
				метры			метры	
Меркурій . . .	0,688	3,80	0,25	1,23	—	87,969 сут.	5,8	—
Венера . . .	0,928	5,12	0,88	4,32	—	—	—	—
Земля	1,000	5,52	1,00	4,91	$^1/_{289}$	$23^h\ 56^m\ 4^s$	465	$^1/_{299}$
Марсъ	0,704	3,89	0,37	1,83	$^1/_{226}$	24 37 23	239	$^1/_{190}$
Юпитеръ . . .	0,246	1,36	2,54	12,44	$^1/_{11}$	9 55 36(?)	12403(?)	$^1/_{1517}$
Сатурнъ . . .	0,115	0,63	1,00	4,91	$^1/_6$	10 14 24(?)	10410(?)	$^1/_{1214}$
Уранъ	0,200	1,10	0,83	4,06	—	—	—	—
Нептунъ . . .	0,308	1,70	1,17	5,72	—	—	—	—

Считая видимый діаметръ солнца равнымъ 31′59,26″ при среднемъ удаленіи солнца отъ земли, мы легко находимъ, что этотъ діаметръ при прохожденіи земли черезъ перигелій дѣлается равнымъ 32′31,4″, а при прохожденіи земли черезъ афелій принимаетъ значеніе 31′27,1″. Истинный діаметръ солнца равняется 1383000 клм., поверхность солнца—599 биллiонамъ кв. клм. и объемъ 138 трилліонамъ куб. килом.,—величины, которыя превосходятъ соотвѣтствующія величины для земли въ 108,4, 11760 и 1275000 разъ. Принимая періодъ вращенія солнца равнымъ 25 суткамъ 6 час., находимъ, что скорость его экваторіальной точки достигаетъ 2,0 км. въ секунду.

Размѣры системы кольца Сатурна даны въ части II, § 87.

В. Элементы орбитъ спутниковъ.

1. Луна.

Сидерическое время оборота	27,32166 с.	= 27 с. 7 ч. 43 м. 11,5 с.
Тропическое » »	27,32150 »	= 27 » 7 » 43 » 4,7 »
Синодическое » »	29,53059 »	= 29 » 12 » 44 » 2,9 »
Аномалистическое время оборота		27,55460 сут.
Драконическій мѣсяцъ		27,21222 »
Эксцентриситетъ орбиты		0,054908 »
Среднее суточное тропическое движеніе		13°10′35,0286″

Наклонность орбиты луны къ эклиптикѣ	5° 8′39,96″
Наклонность экватора луны къ эклиптикѣ	1°28′25″
Экваторіальный горизонтальный параллаксъ, соотвѣтствующій среднему разстоянію луны отъ земли	0°57′2,06″
Видимый діаметръ при среднемъ разстояніи луны отъ земли	0°31′6,0″
Истинный діаметръ луны — 0,27266 земного діаметра	= 3478 км.
Среднее разстояніе отъ центра земли — 60,2778 земныхъ радіусовъ	= 384400 »
Наибольшее » » » » — 63,5875 » »	= 405450 »
Наименьшее » » » » — 56,9681 » »	= 363350 »
Отношеніе массы луны къ массѣ земли	$^1/_{79{:}67}$
Паденіе тѣлъ на поверхность въ 1-ю секунду	0,829 м.

Линія узловъ лунной орбиты совершаетъ полный оборотъ по эклиптикѣ въ 18,613, а линія апсидъ описываетъ полный кругъ въ 8,847 юліанскихъ лѣтъ (часть III, §§ 53 и 54); первое изъ этихъ движеній совершается съ востока на западъ, второе—въ обратномъ направленіи.

Во всѣхъ нижеслѣдующихъ таблицахъ d означаетъ видимый діаметръ спутника, усматриваемый съ центра планеты, D — его истинный діаметръ, выраженный въ километрахъ, a—уголъ, подъ которымъ видна съ земли полуось орбиты спутника при среднемъ удаленіи центральнаго тѣла отъ солнца, и A—полуось орбиты спутника, выраженная въ частяхъ экваторіальнаго діаметра центральнаго тѣла.

2. Спутники Марса.

Спутники	d	D	a	A	Эксцентриситетъ	Сидерическое время оборота
		км.				
Фобосъ	3,3′	8,3	8,50″	2,77	0,032079	0,3189113 сут.
Деймосъ	1,2	7,2	21,23	6,92	0,005741	1,262435

По изслѣдованіямъ Адамса и Тиссерана, сжатіе Марса, хотя и незначительное, служитъ причиной того, что орбиты обоихъ спутниковъ лежатъ приблизительно въ плоскости экватора Марса, восходящій узелъ (N) и наклонность (J) котораго по отношенію къ земному экватору по изслѣдованіямъ Г. Струве въ 1900,0 году были равны: $N = 47°10'$, $J = 37°25'$. По наблюденіямъ и вычисленіямъ Г. Струве, сжатіе Марса вызываетъ годичное передвиженіе линіи апсидъ Фобоса на 158°, а Деймоса на 6,4°.

3. Спутники Юпитера.

I.

Спутники	a	A	Эксцентриситетъ	Время оборота: сидерическое	Время оборота: синодическое	Долгота: періовіума	Долгота: восходящ. узла	Наклонность
I	1′51,74″	5,944	не замѣт.	1,7691374 сут.	1 с. 18 ч. 28,6 м.	—	314° 33,3′	3° 5,4
II	2 57,80	9,452	» »	3,5511806	3 13 17,9	—	144 27,8	3° 4,4
III	4 43,61	15,086	0,001348	7,1545529	7 3 59,6	180° 10,1′	315 2,7	3 0,5
IV	8 18,87	25,535	0,007243	16,6890164	16 18 5,1	241 38,0	220 51,1	2 41,0

II.

Спутники	Видимый діаметръ, усматриваемый: съ солнца при среднемъ разстояніи	Видимый діаметръ, усматриваемый: изъ центра Юпитера	Истинный діаметръ	Масса въ частяхъ массы Юпитера	Плотность въ предположеніи, что плотность Юпитера равняется 1	Паденіе на поверхности въ первую секунду	Паденіе на поверхность Юпитера въ 1 секунду.	Движеніе по орбитѣ въ теченіе одного часа
			км.			метры	метры	км.
I	1,05″	32,3′	3935	0,000016877	0,72	0,27	0,373	62043
II	0,87	16,5	3260	0,000023227	1,70	0,53	0,149	49145
III	1,52	18,1	5700	0,000088437	1,23	0,67	0,058	38935
IV	1,43	9,7	5360	0,000042475	0,71	0,36	0,016	29355

Спутники оказываютъ разнообразныя возмущенія другъ на друга, на основаніи которыхъ Дамуазо вычислилъ ихъ массы, приведенныя выше. О замѣчательныхъ соотношеніяхъ между движеніями этихъ спутниковъ было сказано въ части II, § 124.

Кромѣ этихъ 4 спутниковъ, открытыхъ тотчасъ же послѣ изобрѣтенія телескопа, Барнардомъ 9 сентября 1892 г. былъ открытъ еще одинъ, крайне слабый спутникъ, который отстоитъ отъ центра Юпитера только на 2,55 діаметра планеты (47,91″) и совершаетъ полный оборотъ вокругъ нея въ $11^h\ 57^m\ 22{,}6^s$. Орбита этого спутника имѣетъ замѣтный эксцентриситетъ, и его линія апсидъ обладаетъ быстрымъ движеніемъ (часть II, § 127).

4. Спутники Сатурна.

Спутники	d	D	a	A	Эксцентриситетъ	Сидерическое время обращенія
1. Мимасъ	8,7′	513 км.	0′ 26,79″	3,01	0,016	0,942426 сут.
2. Энцеладъ . . .	8,6	635	0 34,38	3,87	0,0047	1,370219
3. Θетида	10,7	989	0 42,57	4,79	. . .	1,887797
4. Діона	7,9	941	0 54,53	6,14	0,0040	2,736913
5. Рея	7,8	1225	1 16,16	8,57	. .	4,517495
6. Титанъ	6,4	2443	2 56,55	19,87	0,0291	15,94543
7. Гиперіонъ . . .	7,2	330	3 33,99	24,08	0,1056	21,27652
8. Япетъ	7,5	843	8 34,53	57,91	0,0296	79,32937

Орбиты внутреннихъ спутниковъ, до Реи включительно, лежатъ, какъ показалъ еще Лаплассъ въ своей «Небесной механикѣ», приблизительно въ плоскости экватора Сатурна, что обусловливается сжатіемъ этой планеты. По опредѣленіямъ Г. Струве, положеніе плоскости экватора Сатурна относительно эклиптики и относительно равноденствія 1886,2 года опредѣляется слѣдующими величинами:

долгота восходящаго узла . . . . $167°53{,}6'$
наклонность 28 2,0

Приблизительно подобныя-же положенія занимаютъ плоскости орбитъ Титана и Гиперіона. У Япета, напротивъ того, наклонность N равна $18°31'$, а восходящій узелъ ☊ $142°40'$.

Вслѣдствіе сжатія Сатурна, перисатурніи внутреннихъ спутниковъ также перемѣщаются съ большой скоростью съ запада на востокъ; это движеніе по изысканіямъ Г. Струве, приблизительно составляетъ у Мимаса 370° въ годъ, у Энцелада около 124°, у Титана только 0,5°. Линіи узловъ орбитъ спутниковъ Сатурна обладаютъ быстрымъ, обратнымъ движеніемъ, которое по Г. Струве у Мимаса составляетъ 365° въ годъ., у Θетиды —73°, у Реи—10° и т. д. Замѣчательныя соотношенія, которыя существуютъ между средними движеніями отдѣльныхъ спутниковъ, были разсмотрѣны подробно въ части II, § 129; они влекутъ за собой кромѣ приведенныхъ тамъ послѣдствій еще значительныя колебанія въ долготахъ этихъ свѣтилъ.

О точности фотометрическихъ опредѣленій діаметровъ спутниковъ см. часть II, § 129.

Размѣры системы колецъ читатель найдетъ въ части II, § 87.

5. Спутники Урана.

Спутники	d	D	a	A	Сидерическое время обращенія
1. Аріель	—	—	13,78″	7,21	2,52038 сут.
2. Умбріель	—	—	19,20	10,04	4,14118
3. Титанія	7,3′	910 км.	31,48	16,47	8,70590
4. Оберонъ	5,1	875	42,10	22,02	13,46327

Эксцентриситеты орбитъ этихъ спутниковъ нельзя указать съ точностью. Орбиты всѣхъ спутниковъ лежатъ, повидимому, въ одной и той же плоскости, вѣроятнѣйшее положеніе которой по отношенію къ эклиптикѣ и равноденствію 1880,0 года опредѣляется величинами:

долгота восходящаго узла . . . . . $165°54'$
наклонность 97 51

Судя по яркости спутниковъ въ сравненіи съ планетой, сумма массъ всѣхъ 4 спутниковъ едва составляетъ $^1/_{15000}$ массы планеты.

6. Спутникъ Нептуна.

	d	*D*	*a*	*A*	Эксцентриситетъ	Сидерическое время оборота
Спутникъ	30,9′	3630 т.м.	16,30″	14,55	0,0070	5,87683 сут.

Положеніе плоскости орбиты относительно плоскости земного экватора по Г. Струве опредѣляется величинами:

долгота восходящаго узла . $185{,}15^0 + 0{,}148^0$ $(t - 1890$ г.)
наклонность . . . . . $119{,}35 - 0{,}165$ $(t - 1890$ г.)

Измѣненіе положенія плоскости орбиты спутника по Тиссерану можетъ быть объяснено даже весьма малымъ сжатіемъ Нептуна (около 0,01), если эта плоскость составляетъ съ плоскостью экватора планеты значительный уголъ.

Вопросъ о томъ, существуютъ ли еще другіе спутники Нептуна, кромѣ вышеупомянутаго, былъ разобранъ въ части II, § 131.

---

* С. I. Алфавитный списокъ астероидовъ.

Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія.	№ по среднему разстоянію отъ солнца
Абунданція . . .	151	142	Ангелина	64	195	Бертольда	420	464
Августа	254	12	Андромаха	175	456	Беттина	250	431
Авзонія	63	76	Анна	265	89	Библисъ	199	439
Аврелія	419	141	Антигона	129	311	Біанка	218	182
Аврора	94	436	Антіопа	90	434	Богемія	371	216
Австрія	136	32	Антонія	272	271	Бононія	361	475
Агата	228	16	Аполлонія	358	319	Бразилія	293	310
Аглая	47	317	Арахнея	407	159	Бригитта	450	361
Адальберта . . .	330	4	Арета	197	226	Бруксалія	455	205
Аделинда	229	462	Аретуза	95	378	Бруна	290	43
Адельхейдъ	276	402	Аріадна	43	17	Брунгильда . .	123	200
Адеона	145	190	Арсиноя	404	138	Брунія	323	5
Адорея	268	383	Артемиза	105	61	Будроза	338	335
Адрастея	239	341	Аспазія	409	127	Бургундія	374	274
Адрія	143	247	Аспорина	246	202	Бурдигала	384	176
Аерія	369	172	Астеропа	233	179			
Азія	67	87	Астрея	5	129	Вала	131	93
Аквитанія	387	226	Асхера	214	151	Валентина . . .	447	348
Александра	54	206	Атала	152	421	Вальда	262	121
Алеманія	418	145	Аталанта	36	238	Вальпурга	256	354
Алетейя	259	429	Атамантисъ . . .	230	68	Ванадида	240	183
Алина	266	296	Ате	111	143	Варвара	234	71
Алиса	291	22	Аторъ	161	65	Ватикана	416	285
Алкеста	124	161	Атропа	273	77	Велледа	126	98
Алкмене	82	250				Верингія	226	208
Аллегенія	457	384	Баденія	333	400	Веста	4	54
Альма	390	175	Баварія	301	215	Вибилія	144	178
Альтея	119	134	Бавкида	172	67	Викторія . . .	12	44
Амалія	284	53	Бамберга	324	194	Вильгельмина . .	392	353
Амальтея	113	62	Баптистина . . .	298	27	Виргинія	50	173
Амвросія	193	128	Беатриса	83	92	Виндобона	231	336
Амитиція	367	20	Белизана	178	107	Винцентина . . .	366	422
Ампелла	198	106	Беллона	28	272	Вінна	397	166
Амфитрита	29	123	Беролина	422	24	Вѣра	245	386
Анахита	270	13	Берта	154	449			

Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца
Габріелла	355	118
Гавнія	362	131
Галатея	74	277
Галлія	148	261
Гамбурга	449	116
Гармонія	40	29
Гарумна	180	213
Геба	6	90
Гедда	207	30
Гейдельберга	325	454
Геката	100	381
Гекуба	108	452
Генріетта	225	460
Геометрія	376	33
Гера	103	204
Гегальдина	300	453
Герда	122	455
Германія	241	370
Герментарія	346	291
Герміона	121	467
Герта	135	91
Гесперія	69	346
Гестія	46	113
Гигіея	10	417
Гизела	352	11
Гильда	153	476
Гипатія	238	331
Гиптисъ	444	263
Глауке	288	247
Гоберта	316	440
Гонорія	236	292
Гордонія	305	380
Грація	424	268
Губерта	260	466
Гудрунъ	328	390
Гуенна	379	411
Даная	61	347
Дафна	41	258
Девоза	337	69
Дезидерата	344	144
Дейанира	157	136
Дейопея	184	446
Дембовска	349	338
Дидона	209	425
Дика	99	289
Динамена	200	223
Діана	78	157
Діонея	106	437
Діотима	423	374
Додона	382	403
Дорисъ	48	396
Доротея	339	359
Дрезда	263	323
Ева	164	165
Евгенія	45	212
Евдора	217	315
Евкратея	247	230
Евника	185	225
Евномія	15	168
Евриклея	195	316
Евринома	79	101
Европа	52	385
Евтерпа	27	47
Екатерина	320	360
Елена	101	135
Елисавета	412	251
Жозефина	303	403
Зелія	169	52
Зерингія	421	117
Ида	243	307
Идуна	176	442
Изабелла	210	214
Изара	364	21
Изисъ	42	99
Изольда	211	368
Иклея	286	448
Ильза	249	64
Ильматаръ	385	302
Ингеборгъ	391	38
Индустрія	389	148
Ино	173	232
Ирза	351	253
Ирена	14	139
Ирида	7	72
Ирма	177	265
Исмена	190	474
Истрія	183	287
Ифигонія	112	94
Іо	85	174
Іоанна	127	240
Калипсо	53	156
Калифорнія	341	14
Каллисто	204	189
Калліопа	22	333
Камилла	107	470
Кампанія	377	199
Каролина	235	318
Кассандра	114	191
Клавдія	311	327
Клариссa	302	81
Клементина	252	435
Клеопатра	216	288
Климена	104	433
Клитемнестра	179	342
Клитія	73	181
Кліо	84	56
Клоринда	282	45
Клото	97	187
Колга	191	328
Колумбія	327	275
Конкордія	58	203
Констанція	315	25
Кордуба	365	297
Корнелія	425	320
Коронида	158	312
Кримгильда	242	308
Ксантиппа	156	366
Лаврентія	162	363
Лакадьера	336	26
Лакримоза	208	325
Ламберта	187	221
Ламея	248	108
Лампетія	393	267
Лахезисъ	120	399
Леда	38	229
Лейкотея	35	352
Леона	319	461
Летиція	39	260
Лето	68	281
Либератриксъ	125	231
Либусса	264	294
Лигурія	356	241
Лидія	110	220
Лилея	213	239
Ломія	117	349
Лорлей	165	413
Лукреція	281	10
Людовика	292	114
Люмень	141	184
Лютеція	21	96
Люцина	146	210
Люція	222	412
Магдалина	318	451
Май	348	340
Майя	66	170
Маргарита	310	242
Марія	170	122
Марта	205	274
Массалія	20	82
Матезида	454	164
Матильда	253	169
Медея	212	392
Медуза	149	7
Мелета	56	147
Мелибея	137	397
Мельпомена	18	34
Мелюзина	373	401
Мениппе	188	249
Метида	9	73
Минерза	93	244
Миріамъ	102	180
Мирра	381	450
Мнемозина	57	428
Модестія	370	39
Монакія	428	36
Навзикая	192	79
Наталія	448	425
Немауза	51	58
Немезида	128	235
Ненетта	289	314
Нефтисъ	287	49
Низа	44	88
Никея	307	330
Ніоба	71	245
Нува	150	346
Океана	224	171
Ольга	304	80
Онона	215	255
Оппавія	255	234
Орнамента	350	406

Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца.
Остара	343	83	Прозерпина	26	177	Сіегена	386	329
Оттилія	401	458	Прокне	194	152	Софія	251	388
Офелія	171	426	Протогенея	147	418	Софрозюна	134	125
Охіо	439	415	Психея	16	337	Стефанія	220	48
			Пьеретта	312	276	Суевія	417	295
Павлина	278	243				Сцилла	155	334
Падуя	363	236	Регина	285	377			
Палатія	415	283	Роберта	335	110	Талія	23	160
Палесъ	49	389	Родопа	166	196	Тамара	326	37
Паллада	2	264	Роза	223	382	Терезія	295	290
Пальма	372	423	Розелія	314	427	Терпсихора	81	305
Пандора	55	246	Роксана	317	31	Терцидина	345	40
Панопея	70	153	Россія	232	120	Тира	115	66
Паріана	347	149	Руперто Карола	353	218	Тирца	267	269
Партенопа	11	105				Тисбе	88	254
Патриція	436	447	Сапіенція	275	262	Тихе	258	155
Паціенція	451	375	Сафо	80	35	Тія	405	132
Пейто	118	97	Свея	329	111	Тора	299	95
Пенелопа	201	193	Семеле	86	387	Толоза	138	103
Пентезилея	271	357	Сибилла	168	459	Туле	279	478
Персефона	399	371	Сива	140	219	Туснельда	219	50
Пиѳія	432	60	Силезія	257	394			
Полана	142	86	Сильвія	87	469	Уна	160	217
Полигимнія	33	309	Сири	332	266	Ундина	92	445
Поликсо	308	237	Сирона	116	259	Унитасъ	306	51
Помона	32	137	Сита	244	6	Уранія	30	57
Помпея	203	222						
Примно	261	41						

Продолженіе см. слѣд. 15 стр.

С. II. Элементы ор

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ км.	Средняя величина	Эпоха
1	Эросъ	1898 августа 13	Виттъ	16	9,7	1900 октября 31,5
2	Хунгарія	1898 сентября 11	Вольфъ	16	11,8	1898 октября 1,0
3	*C.*	1893 января 16	Вольфъ	—	13,5	1893 января 23,5
4	Адэльберта	1892 марта 18	Вольфъ	10	13,5	1892 марта 20,5
5	Брунія (?)	1891 декабря 22	Вольфъ	13	13	1892 января 1,5
6	Сита	1884 октября 14	І. Пализа	10	13,7	1884 октября 14
7	Медуза	1875 сентября 21	Перротенъ	14	12,9	1891 сентября 28
8	*B. D.*	1894 ноября 1	Вольфъ	—	13,3	1894 ноября 1,5
9	*F. A.*	1900 февраля 22	Шарлуа	—	12,5	1900 марта 22,5
10	Лукреція	1888 октября 31	І. Пализа	10	13,6	1888 ноября 2,5
11	Гизела	1893 января 12	Вольфъ	20	12,1	1893 марта 1,0
12	Августа	1886 марта 31	І. Пализа	11	13,4	1887 іюля 31,0
13	Анахита	1887 октября 8	Ц. Х. Ф. Петерсъ	34	11	1897 ноября 15,0
14	Калифорнія †*	1892 сентября 25	Вольфъ	13	13,1	1892 октября 12,0
15	Флора *	1847 октября 18	Хиндъ	91	8,9	1848 января 1,0
16	Агата	1882 августа 14	І. Пализа	7	14,5	1882 августа 24,5
17	Аріадна	1857 апрѣля 15	Погсонъ	45	10	1870 января 1,0
18	Ѳеодора	1898 октября 13	Коддингтонъ	13	13,1	1898 октября 18,5
19	Фотографика	1899 февраля 1	Вольфъ и Швассманъ	18	12,5	1899 марта 3,5
20	Амитиція	1893 мая 19	Шарлуа	18	12,5	1893 іюня 9,0
21	Изара	1893 марта 19	Шарлуа	25	11,7	1893 апрѣля 10,0
22	Азиса	1890 апрѣля 25	І. Пализа	10	13,6	1900 іюня 5,0

Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца	Планета	№ по времени открытія	№ по среднему разстоянію отъ солнца
Урда	167	303	Херсилія	206	228	Элеонора	354	293
Урсула	375	414	Хлоя	402	124	Элла	435	102
			Холмія	378	270	Эльвира	277	322
Фаетуза	296	23	Хризенсъ	202	379	Эльза	182	84
Фама	408	441	Хунгарія	434	2	Эльписъ	59	207
Федра	174	306				Эмилія	159	391
Фелиція	294	420	Целестина	237	252	Эмма	283	369
Фелицитасъ	109	202	Целута	186	55	Эндиміонъ	342	126
Феронія	72	28	Церера	1	256	Эосъ	221	362
Фидея	37	167	Цецилія	297	438	Эрато	62	407
Фидуція	380	192	Цибела	65	465	Эригона	163	59
Филагорія	274	367	Цирена	133	376	Эросъ	433	1
Филія	280	339	Цирцея	34	197	Этериджа	331	364
Филомела	196	395	Ціана	403	298	Этернитасъ	446	284
Философія	227	419				Этра	132	112
Флора	8	15	Чикаго	334	473	Эхо	60	75
Флорентина	321	321						
Фокея	25	78	Эвридика	75	188	Юева	139	279
Фортуна	19	100	Эвхарисъ	181	404	Юлія	89	119
Фотографика	443	19	Эгерія	13	130	Юнона	3	185
Фратернитасъ	309	163	Эгина	91	140	Юстиція	269	154
Фрейя	76	463	Эгле	96	373			
Фрина	77	186	Эдбурга	413	133	Янте	98	198
Фтія	89	104	Эдна	445	444			
Фэо	322	280	Эдуарда	340	233	Ѳемида	24	416
			Эйфрозюна	31	430	Ѳедора	440	18
Халдея	313	63	Эйхсфельда	442	46	Ѳетида	17	109
Харибда	88	355	Электра	130	393			

битъ астероидовъ.

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
304° 25′	177° 39′	303° 31′	10° 50′	12° 53′	2015″	1,76	1,46	1
55 38	122 50	174 40	22 30	4 15	1309	2,71	1,94	2
—	—	321 28	3 34	—	1183	3,00	2,08	3
181 4	—	358 47	19 59	—	1175	3,02	2,09	4
43 1	292 18	97 3	19 21	15 58	1119	3,17	2,16	5
12 26	163 50	208 40	2 49	7 53	1107	3,21	2,17	6
309 28	249 17	158 35	0 56	3 52	1106	3,21	2,17	7
337 18	356 39	72 36	3 28	8 34	1105	3,21	2,18	8
296 57	217 39	11 29	5 34	6 22	1099	3,23	2,18	9
353 48	14 13	31 10	5 20	7 34	1098	3,23	2,19	10
86 30	142 1	247 17	3 22	8 37	1092	3,25	2,19	11
101 28	230 49	28 21	4 32	6 58	1091	3,25	2,19	12
70 46	78 2	254 33	2 22	8 40	1089	3,26	2,20	13
34 33	291 54	28 53	5 40	11 8	1088	3,26	2,20	14
35 53	282 38	110 17	5 53	9 1	1086	3,27	2,20	15
0 40	16 6	313 18	2 33	13 55	1086	3,27	2,20	16
265 17	13 10	264 35	3 28	9 41	1085	3,27	2,20	17
284 38	176 9	292 21	1 36	6 11	1079	3,29	2,21	18
355 49	345 34	175 4	4 13	2 17	1078	3,29	2,21	19
94 7	53 35	83 2	2 57	5 25	1073	3,30	2,22	20
110 58	310 51	105 14	6 0	8 41	1072	3,31	2,22	21
87 40	329 2	160 58	1 50	5 21	1071	3,31	2,22	22

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
23	Фаетуза †* . . .	1890 августа 19	Шарлуа	12	13,3	1890 августа 22,0
24	Беролина	1896 октября 8	Виттъ	11	13,4	1896 декабря 4,5
25	Констанція † . . .	1891 сентября 4	I. Пализа	9	14	1891 сентября 4,5
26	Лакодьера	1892 сентября 19	Шарлуа	25	11,8	1892 сентября 22,0
27	Баптистина	1890 сентября 9	Шарлуа	11	13,5	1890 сентября 13,0
28	Феронія	1861 мая 29	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	34	11,2	1870 января 0,0
29	Гармонія *	1856 марта 31	Гольдшмидтъ . . .	69	9,2	1863 января 0,0
30	Ида	1879 октября 17	I. Пализа	26	11,8	1885 іюля 1,0
31	Роксана	1891 сентября 11	Шарлуа	22	12,2	1891 сентября 28,0
32	Австрія	1874 марта 18	I. Пализа	35	11,2	1879 декабря 10,0
33	Геометрія	1893 сентября 18	Шарлуа	26	11,8	1893 сентября 27,0
34	Мельпомена † . . .	1852 іюня 24	Хиндъ	96	9,3	1854 января 0,0
35	Сафо	1864 мая 3	Погсонъ	46	10,6	1899 декабря 8,0
36	Монакія	1897 ноября 18	Вилліеръ	12	13,5	1897 ноября 18,5
37	Танора	1892 марта 19	I. Пализа	38	11,1	1892 марта 20,0
38	Ингеборгъ † . . .	1894 ноября 1	Вольфъ	13	13,4	1894 декабря 21,0
39	Модестія	1893 іюля 14	Шарлуа	17	12,8	1893 іюля 14,5
40	Терцидина	1892 ноября 23	Шарлуа	37	11,2	1893 февраля 1,5
41	Примно	1886 октября 31	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	18	11,5	1886 декабря 3,0
42	*AW.*	1894 января 30	Вильсонъ	—	12	1894 февраля 3,5
43	Вруна †*	1890 марта 20	I. Пализа	11	13,9	1890 мая 7,5
44	Викторія *	1850 сентября 13	Хиндъ	61	9,7	1851 января 0,0
45	Клоринда	1889 января 28	Шарлуа	14	13,3	1888 февраля 10,0
46	Эйхсфельда	1899 февраля 15	Вольфъ и Швассманъ.	25	12,1	1900 іюля 23,0
47	Евтерпа *	1853 ноября 8	Хиндъ	75	9,7	1873 января 5,0
48	Стефанія †* . . .	1881 марта 19	I. Пализа	12	13,6	1887 января 0,5
49	Нефтисъ	1889 августа 25	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	47	10,7	1896 іюля 29,5
50	Туснельда	1880 сентября 30	I. Пализа	38	11,2	1889 января 21,0
51	Унитасъ	1891 марта 1	Миллозевичъ . . .	48	10,7	1895 апрѣля 20,0
52	Зелія	1876 сентября 28	Пр. Анри	37	11,3	1886 апрѣля 27,0
53	Амалія	1889 мая 29	Шарлуа	17	12,9	1889 іюня 10,0
54	Веста	1807 марта 29	Ольберсъ	193	6,5	1857 января 1,0
55	Целута	1878 апрѣля 6	Пр. Анри	35	11,4	1883 октября 12,0
56	Кліо	1865 августа 25	Р. Лютеръ	37	11,3	1894 августа 3,0
57	Уранія	1854 іюля 22	Хиндъ	58	9,9	1890 іюня 5,0
58	Немауза	1858 января 22	Лаврентъ	73	9,8	1881 августа 31,0
59	Эригона	1876 апрѣля 26	Перротенъ	26	12,0	1876 іюня 18,0
60	Пиѳія	1897 декабря 18	Шарлуа	38	11,3	1898 января 22,5
61	Артемида	1868 сентября 16	Ватсонъ	40	11,1	1874 февраля 9,0
62	Амазѣя	1871 марта 12	Р. Лютеръ	43	11,0	1871 марта 27,0
63	Халдея	1891 августа 30	I. Пализа	58	10,3	1891 сентября 8,0
64	Ильза	1885 августа 16	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	13	13,6	1896 сентября 1,0
65	Аторъ	1876 апрѣля 16	Ватсонъ	43	11,0	1884 августа 15,0
66	Тира	1871 августа 6	Ватсонъ	56	10,4	1881 мая 3,0
67	Бавкида	1877 февраля 5	Борелли	56	10,4	1886 октября 24,0
68	Атамантида	1882 сентября 3	де Балль	59	10,3	1886 октября 24,0
69	Девоза	1892 сентября 22	Шарлуа	36	11,4	1897 января 4,5
70	*DP.*	1898 іюля 16	Шарлуа	20	12,7	1898 августа 22,0
71	Варвара	1883 августа 12	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	32	11,7	1886 апрѣля 27,0
72	Ирида *	1847 августа 13	Хиндъ	124	8,4	1900 января 0,0
73	Метида *	1848 апрѣля 26	Грахамъ	124	8,9	1858 іюня 30,0
74	*F. S.*	1900 октября 31	Вольфъ	—	14,9	1900 октября 31,5
75	Эхо	1860 сентября 14	Фергюсонъ	42	11,1	1866 января 0,0
76	Авзонія	1861 февраля 10	де Гаспарисъ . . .	72	9,9	1873 іюля 24,0
77	Атропа	1888 марта 8	I. Пализа	34	11,6	1888 марта 9,5
78	Фокея	1853 апрѣля 6	Шакорнакъ	49	10,5	1883 іюня 12,0
79	Навзикая	1879 февраля 17	I. Пализа	76	9,3	1888 іюля 25,0
80	Ольга	1891 февраля 14	I. Пализа	23	12,4	1891 марта 12,0
81	Кларисса	1890 ноября 14	Шарлуа	12	13,9	1890 ноября 15,5
82	Массалія	1852 сентября 19	де Гаспарисъ . . .	106	9,2	1870 января 0,0
83	Остара †*	1892 ноября 15	Вольфъ	14	13,5	1892 декабря 11,0
84	Эльза	1878 февраля 7	I. Пализа	45	11,0	1884 ноября 23,0
85	*U.*	1893 марта 19	Шарлуа	—	13,0	1893 апрѣля 10,5
86	Полана	1875 января 28	I. Пализа	25	12,2	1875 января 30,5
87	Азія	1861 апрѣля 17	Погсонъ	41	11,2	1865 января 7,0
88	Низа	1857 мая 27	Гольдшмидтъ . . .	78	9,8	1860 января 28,0
89	Анна	1887 февраля 25	I. Пализа	12	13,8	1887 апрѣля 17,5

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
330° 33′	250° 2′	120° 56′	1° 45′	9° 6′	1068″	3,32	2,23	23
43 4	333 4	8 53	5 0	12 23	1066	3,32	2,23	24
9 28	171 22	161 14	2 25	9 40	1057	3,36	2,24	25
91 30	28 51	234 58	5 38	5 24	1049	3,39	2,25	26
228 17	132 50	8 6	6 18	5 32	1042	3,41	2,26	27
93 24	100 10	207 49	5 24	6 53	1040	3,41	2,26	28
186 48	267 19	93 35	4 16	2 40	1039	3,41	2,27	29
48 10	189 15	28 56	3 49	1 38	1028	3,45	2,28	30
4 12	185 3	150 39	1 45	4 55	1026	3,47	2.29	31
110 42	129 59	186 7	9 33	4 52	1026	3,47	2,29	32
102 43	313 24	302 11	5 25	9 51	1025	3,47	2,29	33
80 5	225 2	150 4	10 9	12 34	1020	3,48	2,29	34
13 46	136 59	218 33	8 37	11 33	1020	3,48	2,29	35
23 0	13 17	17 23	6 14	10 15	1009	3,52	2,31	36
298 49	236 57	32 1	23 47	10 48	1006	3,53	2,32	37
36 6	145 11	212 41	23 3	17 58	1004	3,54	2,32	38
312 27	66 23	291 0	7 52	5 11	1002	3,54	2,32	39
354 21	227 31	212 33	9 44	3 31	1001	3,55	2,33	40
248 9	63 17	96 16	3 38	5 10	997	3,56	2,33	41
—	—	21 40	4 34	—	996	3,56	2,33	42
56 49	103 33	10 19	22 13	15 4	995	3,56	2,33	43
66 3	66 5	235 35	8 23	12 39	995	3,57	2,33	44
54 42	293 27	144 38	9 1	4 42	992	3,58	2,34	45
80 44	81 47	134 40	6 4	4 5	988	3,58	2,34	46
90 32	354 8	93 51	1 36	10 1	987	3,60	2,35	47
131 13	75 9	258 26	7 34	14 54	985	3,60	2,35	48
30 46	119 10	142 7	10 2	1 18	983	3,61	2,35	49
130 33	140 4	200 48	10 47	12 55	982	3,61	2,35	50
274 15	165 29	141 39	7 15	8 43	980	3,62	2,36	51
263 22	332 11	354 43	5 31	7 29	980	3,62	2,36	52
326 13	54 59	233 57	8 5	12 47	979	3,62	2,36	53
198 21	147 11	103 23	7 8	5 6	978	3,63	2,36	54
67 31	312 37	14 34	13 10	8 37	978	3,63	2,36	55
341 59	12 27	327 25	9 21	13 35	977	3,63	2,36	56
239 52	83 43	308 15	2 6	7 21	975	3,64	2,36	57
161 40	358 36	175 43	9 58	3 54	975	3,64	2,36	58
113 21	295 7	160 19	4 46	11 0	973	3,64	2,37	59
188 27	170 59	88 37	12 7	8 15	971	3,64	2,37	60
270 47	54 45	187 55	21 31	10 7	971	3,65	2,37	61
343 28	76 4	123 4	5 2	4 55	967	3,66	2,37	62
227 53	312 51	176 34	11 35	10 21	967	3,67	2,38	63
332 21	39 16	334 49	9 41	12 29	967	3,67	2,38	64
8 17	292 13	18 27	9 3	7 59	967	3,67	2,38	65
170 32	93 57	309 3	11 34	11 7	966	3,67	2,38	66
53 12	357 13	331 57	10 2	6 33	966	3,67	2,38	67
13 52	137 19	239 40	9 26	3 33	965	3,68	2,38	68
351 49	95 59	355 34	7 52	7 55	964	3,68	2,38	69
355 39	58 28	263 41	7 24	14 13	964	3,68	2,38	70
205 23	189 34	144 13	15 21	14 3	962	3,69	2,39	71
9 5	141 31	260 34	5 28	13 21	962	3,69	2,39	72
57 5	2 32	68 32	5 36	7 5	962	3,69	2,39	73
19 50	325 32	36 26	13 30	12 43	961	3,69	2,39	74
65 45	266 31	192 2	3 34	10 39	958	3,70	2,39	75
29 30	292 12	337 58	5 48	7 10	957	3,71	2,39	76
261 20	118 28	158 59	24 24	9 19	955	3,71	2,40	77
341 35	88 29	214 2	21 35	14 48	954	3,72	2,40	78
324 20	27 41	343 25	6 52	14 9	952	3,72	2,40	79
194 1	169 53	158 46	15 48	12 49	952	3,73	2,40	80
327 46	52 15	7 49	3 26	6 22	950	3,73	2,41	81
142 0	252 45	206 29	0 41	8 12	948	3,74	2,41	82
15 7	6 58	38 40	3 18	13 23	948	3,74	2,41	83
1 48	308 11	106 33	2 10	10 47	945	3,75	2,41	84
—		89 0	7 49	—	944	3,76	2,42	85
281 59	287 45	292 18	2 14	7 39	943	3,76	2,42	86
296 3	103 24	202 41	6 0	10 40	941	3,76	2,42	87
4 50	340 26	131 3	3 42	8 39	941	3,77	2,42	88
330 11	250 37	335 27	25 46	15 9	941	3,77	2,42	89

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
157	Діана	1863 марта 15	Р. Лютеръ	66	10,6	1863 марта 9,0
158	*S.*	1892 декабря 8	Шарлуа	—	13,0	1892 декабря 17,5
159	Арахна	1895 октября 13	Вольфъ	36	11,9	1895 ноября 10,5
160	Талія	1852 декабря 15	Хиндъ	70	10,5	1860 января 1,0
161	Алкеста	1872 августа 23	Ц. Х. Ф. Петерсъ	77	10,3	1876 августа 17,0
162	*F. M.*	1900 октября 22	Вольфъ	—	13,7	1900 октября 22,5
163	Фратернитасъ †*	1891 апрѣля 6	І. Пализа	25	12,7	1891 мая 11,5
164	Матезида	1900 марта 28	Швассманъ	42	11,6	1900 апрѣля 27,5
165	Ева	1876 іюля 12	Павелъ Анри	44	11,5	1887 февраля 21,0
166	Віенна †*	1894 декабря 19	Шарлуа	27	12,6	1894 декабря 21,0
167	Фидея	1855 октября 5	Р. Лютеръ	75	10,4	1894 ноября 11,0
168	Евномія *	1851 іюля 29	де Гаспарисъ	148	8,6	1854 января 0,0
169	Матильда	1885 ноября 12	І. Пализа	19	13,4	1897 апрѣля 29,0
170	Майя	1861 апрѣля 10	Туттль	33	12,2	1885 декабря 16,0
171	Океана	1882 марта 30	І. Пализа	41	11,7	1890 февраля 5,0
172	Аерія	1893 іюля 4	Борелли	23	12,9	1893 августа 8,0
173	Виргинія	1857 октября 4	Фергюсонъ	41	11,7	1870 сентября 18,0
174	Іо	1865 сентября 19	Ц. Х. Ф. Петерсъ	60	10,9	1874 декабря 26,0
175	Альма †*	1894 марта 24	Бигурданъ	18	13,5	1897 декабря 23,0
176	Бурдигала	1894 февраля 11	Курти	41	11,7	1899 апрѣля 9,5
177	Прозернина *	1853 мая 5	Р. Лютеръ	72	10,5	1853 іюня 11,0
178	Вибилія	1875 іюня 3	Ц. Х. Ф. Петерсъ	66	10,7	1877 января 4,0
179	Астеропа	1883 мая 11	Борелли	50	11,3	1887 апрѣля 2,0
180	Миріамъ	1868 августа 22	Ц. Х. Ф. Петерсъ	28	12,6	1868 августа 19,0
181	Клитія	1862 апрѣля 17	Туттль	36	12,0	1875 марта 16,0
182	Віанка	1880 сентября 4	І. Пализа	48	11,4	1887 февраля 1,0
183	Банадисъ	1884 августа 27	Борелли	29	12,5	1897 августа 7,0
184	Люменъ	1875 января 13	Павелъ Анри	48	11,4	1884 апрѣля 12,0
185	Юнона	1804 сентября 1	Гардингъ	146	8,7	1876 марта 19,0
186	Фригга	1862 ноября 12	Ц. Х. Ф. Петерсъ	79	11,1	1884 ноября 3,0
187	Клото	1868 февраля 17	Темпель	69	10,6	1868 марта 1,0
188	Эвридика	1862 сентября 22	Ц. Х. Ф. Петерсъ	28	11,6	1862 октября 16,0
189	Каллисто	1879 октября 8	І. Пализа	36	12,0	1888 ноября 2,0
190	Адеона	1875 іюня 3	Ц. Х. Ф. Петерсъ	50	11,3	1887 января 17,0
191	Кассандра	1871 іюля 23	Ц. Х. Ф. Петерсъ	55	11,1	1874 ноября 16,0
192	Фидупія	1894 января 8	Шарлуа	29	12,6	1894 января 11,0
193	Пенелопа	1879 августа 7	І. Пализа	38	11,9	1897 ноября 15,0
194	Бамберга	1892 февраля 25	І. Пализа	97	9,9	1892 февраля 25,5
195	Ангелина	1861 марта 4	Темпель	73	10,5	1865 января 7,0
196	Родопа	1876 августа 15	Ц. Х. Ф. Петерсъ	30	12,5	1887 февраля 21,0
197	Цирцея	1855 апрѣля 6	Шакорнакъ	44	11,5	1860 іюня 17,0
198	Янте	1868 апрѣля 18	Ц. Х. Ф. Петерсъ	27	12,7	1894 января 15,0
199	Кампанія	1893 сентября 20	Шарлуа	47	11,5	1893 октября 7,5
200	Брунгильда	1872 іюля 31	Ц. Х. Ф. Петерсъ	41	11,8	1885 іюля 21,0
201	Аспорина	1885 марта 6	Борелли	43	11,7	1885 апрѣля 12,0
202	Фелицитасъ	1869 октября 9	Ц. Х. Ф. Петерсъ	37	12,0	1878 ноября 15,0
203	Конкордія	1860 марта 24	Р. Лютеръ	45	11,6	1865 января 7,0
204	Гера	1868 сентября 7	Ватсонъ	86	10,2	1875 марта 6,0
205	Брукзалія	1900 марта 22	Вольфъ и Швассманъ.	46	11,6	1900 іюня 16,5
206	Александра	1858 сентября 10	Гольдшмидтъ	63	10,9	1858 декабря 30,0
207	Эльписъ	1860 сентября 12	Шакорнакъ	64	10,9	1865 января 7,0
208	Веринтія	1882 іюля 19	І. Пализа	24	13,0	1891 августа 19,0
209	*D. U.*	1898 ноября 8	Шарлуа	34	12,3	1898 ноября 12,5
210	Люцина	1875 іюня 8	Борелли	58	11,1	1885 октября 9,0
211	*F. N.*	1900 октября 22	Вольфъ	—	13,9	1900 октября 22,5
212	Евгенія	1857 іюня 27	Гольдшмидтъ	70	10,7	1887 января 12,0
213	Гарумна	1878 января 29	Перротенъ	21	13,3	1887 февраля 1,0
214	Изабелла	1879 ноября 12	І. Пализа	30	12,5	1886 апрѣля 7,0
215	Баварія	1890 ноября 16	І. Пализа	28	12,7	1890 декабря 22,0
216	Богеміи	1893 іюля 16	Шарлуа	43	11,8	1893 августа 8,0
217	Уна	1876 февраля 20	Ц. Х. Ф. Петерсъ	43	11,8	1876 марта 10,0
218	Руперто-Карола(?)	1893 февраля 16	Вольфъ	14	14,2	1893 февраля 22,5
219	Сива	1874 октября 13	І. Пализа	51	11,4	1882 мая 18,0
220	Лидія	1870 апрѣля 19	Борелли	77	10,5	1870 мая 31,0
221	Ламберта	1878 апрѣля 11	Коджія	51	11,4	1882 января 18,0
222	Помпея	1879 сентября 25	Ц. Х. Ф. Петерсъ	45	11,7	1879 октября 1,0
223	Динамена	1879 іюля 27	Ц. Х. Ф. Петерсъ	54	11,3	1888 іюля 25,0

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
38° 13′	147° 45′	333° 58′	8° 39′	11° 48′	835″	4,24	2,62	157
—	—	358 8	3 27	—	835	4,24	2,62	158
17 44	79 38	295 10	7 32	3 55	834	4,24	2,62	159
196 32	56 22	67 38	10 13	13 24	833	4,26	2,63	160
55 54	56 14	188 25	2 56	4 30	833	4,26	2,63	161
348 14	17 56	29 42	10 23	12 20	832	4,26	2,63	162
239 6	332 8	358 0	3 56	5 2	832	4,27	2,63	163
351 43	175 50	32 34	6 19	6 25	831	4,27	2,63	164
114 46	281 55	77 37	24 25	20 18	831	4,28	2,63	165
53 15	136 42	228 41	12 44	14 18	829	4,28	2,63	166
352 37	59 17	8 5	3 6	10 17	827	4,29	2,64	167
122 6	94 0	293 52	11 44	10 48	825	4,30	2,64	168
286 50	153 46	180 2	6 38	15 26	825	4,30	2,64	169
29 26	39 15	8 25	3 6	9 58	824	4,30	2,64	170
225 25	276 55	353 32	5 52	2 26	824	4,30	2,64	171
287 30	266 43	94 29	12 44	5 29	824	4,31	2,65	172
2 17	196 43	173 29	2 48	16 30	822	4,31	2,65	173
84 29	119 13	203 51	11 53	11 12	821	4,32	2,65	174
332 2	188 29	305 29	12 9	7 26	821	4,32	2,65	175
119 47	30 33	48 13	5 39	8 22	821	4,32	2,65	176
351 6	190 30	45 55	3 36	5 1	820	4,33	2,66	177
50 0	290 28	76 48	4 49	13 37	820	4,33	2,66	178
210 57	121 54	222 29	7 39	5 43	817	4,34	2,66	179
1 13	143 5	211 37	5 5	14 47	817	4,34	2,66	180
111 59	50 13	7 42	2 24	2 24	815	4,35	2,66	181
272 13	59 30	170 57	15 13	6 40	815	4,35	2,67	182
296 52	297 35	114 55	2 6	12 4	815	4,35	2,67	183
153 43	54 48	319 5	11 58	12 19	815	4,35	2,67	184
106 32	243 59	170 54	13 1	14 55	814	4,36	2,67	185
343 50	57 6	1 57	2 28	7 31	814	4,36	2,67	186
74 19	264 59	160 47	11 45	14 54	814	4,36	2,67	187
26 41	334 31	359 55	5 0	17 51	813	4,37	2,67	188
140 55	51 17	205 54	8 17	9 52	812	4,37	2,67	189
4 31	40 57	77 44	12 41	8 14	812	4,37	2,67	190
71 55	348 30	164 29	4 55	8 6	811	4,38	2,68	191
129 59	237 2	95 11	6 10	6 34	810	4,38	2,68	192
53 2	177 43	157 9	5 43	10 25	810	4,38	2,68	193
120 39	40 8	329 1	11 18	19 33	808	4,39	2,68	194
335 47	172 27	311 10	1 20	7 22	808	4,39	2,68	195
92 56	260 48	129 38	12 1	12 15	807	4,41	2,69	196
107 44	325 0	184 49	5 27	6 4	805	4,41	2,69	197
331 3	154 50	354 10	15 34	10 49	805	4,41	2,69	198
338 7	192 40	210 36	6 40	4 26	805	4,41	2,69	199
240 54	120 45	308 32	6 25	7 2	802	4,42	2,69	200
289 50	93 21	162 39	15 38	6 3	801	4,42	2,69	201
357 53	52 24	4 29	8 1	17 14	801	4,43	2,70	202
21 24	27 50	161 20	5 2	2 26	800	4,44	2,70	203
196 59	184 44	136 18	5 24	4 37	799	4,44	2,70	204
296 11	265 41	77 42	11 47	17 57	798	4,45	2,70	205
52 11	340 27	313 49	11 47	11 28	796	4,46	2,71	206
334 19	207 58	170 50	8 37	6 44	794	4,47	2,71	207
30 52	150 9	135 31	15 50	11 43	793	4,47	2,71	208
294 43	80 9	49 39	6 26	9 23	793	4,48	2,72	209
137 49	143 3	84 17	13 6	3 45	791	4,48	2,72	210
14 39	163 34	205 36	4 36	5 54	791	4,48	2,72	211
230 57	84 19	148 4	6 35	4 42	791	4,48	2,72	212
5 24	169 20	314 51	0 53	9 34	790	4,49	2,72	213
151 24	11 35	32 46	5 18	7 3	789	4,49	2,72	214
151 50	119 55	142 34	4 53	3 46	789	4,51	2,72	215
37 46	337 17	284 13	7 23	3 34	788	4,51	2,72	216
92 46	46 5	9 20	3 51	3 53	788	4,51	2,72	217
44 0	317 40	103 16	5 35	19 15	787	4,51	2,72	218
308 52	193 6	107 6	3 12	12 30	786	4,51	2,73	219
226 46	278 33	57 15	6 0	4 33	785	4,51	2,73	220
288 15	191 51	22 13	10 43	13 50	785	4,52	2,73	221
333 12	53 43	348 38	3 13	3 25	784	4,52	2,74	222
277 46	82 44	325 18	6 55	7 41	783	4,53	2,74	223

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
224	*B. Z.*	1894 декабря 1	Шарлуа	22	13,2	1894 декабря 2,5
225	Евника	1878 марта 1	Ц. Х. Ф. Петерсъ	97	10,0	1889 августа 29,0
226	Арета	1879 мая 21	І. Пализа	28	12,7	1888 мая 6,0
227	Аквитанія	1894 марта 5	Курти	107	9,8	1895 іюля 3,5
228	Херсилія	1879 октября 13	Ц. Х. Ф. Петерсъ	39	12,0	1887 іюня 21,0
229	Леда	1856 января 12	Шакорнакъ	52	11,4	1856 февраля 24,0
230	Евкрате	1885 марта 14	Р. Лютеръ	62	11,0	1885 марта 3,0
231	Либератриксъ	1872 сентября 11	Пр. Анри	57	11,2	1885 октября 29,0
232	Ино	1877 августа 1	Борелли	62	11,0	1881 августа 3,5
233	Эдуарда †*	1892 сентября 25	Вольфъ	26	12,9	1892 ноября 1,0
234	Оппавія	1886 марта 31	І. Пализа	17	13,8	1889 марта 2,0
235	Немезида	1872 ноября 25	Ватсонъ	76	10,6	1880 іюля 7,0
236	Надуя	1893 марта 17	Шарлуа	48	11,6	1893 мая 14,5
237	Поликсо	1891 марта 31	Борелли	63	11,0	1891 апрѣля 1,0
238	Аталанта	1855 октября 5	Гольдшмидтъ	40	12,0	1856 января 0,0
239	Лилея	1880 февраля 6	І. Пализа	46	11,7	1885 апрѣля 12,0
240	Іоанна	1872 ноября 5	Пр. Анри	29	10,5	1879 апрѣля 4,0
241	Лигурія †*	1893 января 21	Шарлуа	42	11,9	1893 февраля 9,0
242	Маргарита †	1891 мая 16	Шарлуа	20	13,5	1891 іюня 17,5
243	Паулина	1888 мая 16	І. Пализа	28	12,7	1888 іюня 15,0
244	Минерва	1867 августа 24	Ватсонъ	69	10,8	1879 февраля 3,0
245	Ніоба	1861 августа 13	Р. Лютеръ	90	10,7	1896 января 5,0
246	Пандора	1858 сентября 10	Сирль	69	10,8	1858 декабря 30,0
247	Глауке	1890 февраля 10	Р. Лютеръ	31	12,5	1890 февраля 5,0
248	Адрія	1875 февраля 23	І. Пализа	33	12,4	1880 марта 29,0
249	Менита (?)	1878 іюня 18	Ц. Х. Ф. Петерсъ	25	13,0	1897 сентября 1,0
250	Алкмена	1864 ноября 27	Р. Лютеръ	58	11,2	1877 сентября 21,0
251	Елисавета	1896 января 7	Вольфъ	38	12,1	1896 февраля 14,0
252	Целестина	1884 іюня 27	І. Пализа	27	12,8	1887 января 12,0
253	Ирза	1892 декабря 16	Вольфъ	36	12,2	1892 декабря 20,5
254	Тисбе	1866 іюня 15	Ц. Х. Ф. Петерсъ	70	10,8	1879 августа 22,0
255	Онона	1880 апрѣля 7	Кнорре	28	12,7	1891 ноября 7,0
256	Церера	1801 января 1	Піацци	402	7,4	1866 января 23,0
257	*B. H.* †*	1894 ноября 19	Борелли	25	13,0	1894 ноября 23,5
258	Дафна	1856 мая 22	Гольдшмидтъ	64	10,5	1884 мая 27,0
259	Сирона	1871 сентября 8	Ц. Х. Ф. Петерсъ	73	10,7	1871 сентября 13,0
260	Летиція	1856 февраля 8	Шакорнакъ	116	9,5	1883 января 13,0
261	Галлія	1875 августа 8	Пр. Анри	64	11,0	1875 сентября 12,0
262	Сапіенція	1888 апрѣля 15	І. Пализа	40	12,0	1888 апрѣля 16,0
263	Гиптисъ	1899 марта 31	Коджія	59	11,2	1899 мая 30,5
264	Паллада	1802 марта 28	Ольберсъ	243	8,0	1851 ноября 2,0
265	Ирма	1877 ноября 5	Павелъ Анри	33	12,4	1886 октября 24,0
266	Сири (?)	1892 марта 19	Вольфъ	150	12,6	1893 іюня 29,0
267	Лампетія	1894 ноября 4	Вольфъ	64	11,0	1894 ноября 4,5
268	Грація	1896 декабря 31	Шарлуа	27	12,8	1897 февраля 28,0
269	Гипца	1887 мая 27	Шарлуа	16	14,0	1891 апрѣля 21,0
270	Холмія	1893 декабря 6	Шарлуа	30	12,6	1893 декабря 6,0
271	Антонія	1888 февраля 4	Шарлуа	19	13,6	1889 іюня 3,5
272	Белона	1854 марта 1	Р. Лютеръ	97	10,1	1886 февраля 26,0
273	Марта	1879 октября 13	І. Пализа	28	12,7	1886 февраля 26,0
274	Бургундія	1893 сентября 18	Шарлуа	47	11,7	1893 сентября 17,0
275	Колумбія †*	1892 марта 22	Шарлуа	25	13,0	1892 іюня 17,5
276	Пьеретта	1891 августа 28	Шарлуа	32	12,5	1893 февраля 9,0
277	Галатея	1862 августа 29	Темпель	45	11,8	1873 января 9,0
278	*B. K.* †*	1894 ноября 30	Шарлуа	25	13,0	1894 декабря 3,5
279	Юева	1874 октября 10	Ватсонъ	68	10,9	1885 января 2,0
280	Фэо	1891 ноября 27	Борелли	35	12,3	1891 декабря 7,0
281	Лето	1861 апрѣля 29	Р. Лютеръ	82	10,5	1889 декабря 27,0
282	*F. H.*	1900 іюня 14	Вольфъ и Швассманъ	33	12,4	1900 іюня 4,5
283	Палатія	1896 февраля 7	Вольфъ	49	11,6	1900 января 0,0
284	Этернитасъ	1899 октября 27	Вольфъ и Швассманъ	49	11,6	1899 октября 30,0
285	Ватикана	1896 мая 4	Шарлуа	52	11,5	1901 мая 29,5
286	*M.*	1893 марта 10	Шарлуа	26	13	1893 марта 17,5
287	Истрія	1878 февраля 8	І. Пализа	31	12,6	1888 апрѣля 7,5
288	Клеопатра	1880 апрѣля 10	І. Пализа	98	10,1	1884 февраля 17,0
289	Дика (?)	1868 мая 28	Борелли	17	14	1868 іюня 5,0
290	Терезія	1890 августа 17	І. Пализа	21	13,5	1893 апрѣля 10,0

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
156° 43′	18° 39′	251° 17′	2° 38′	10° 19′	783″	4,53	2,74	224
328 9	221 34	153 47	23 15	7 11	783	4,53	2,74	225
286 29	241 57	82 5	8 50	9 15	783	4,53	2,74	226
353 6	153 33	128 38	17 58	13 47	783	4,53	2,74	227
184 58	300 24	145 26	3 45	2 20	782	4,53	2,74	228
24 4	164 24	296 31	6 58	8 57	782	4,53	2,74	229
92 31	53 30	0 16	25 8	13 52	781	4,54	2,74	230
31 6	106 39	169 26	4 38	4 29	481	4,54	2,74	231
285 15	225 11	148 35	14 15	11 50	781	4,54	2,74	232
320 17	37 44	27 37	4 43	6 42	779	4,56	2,74	233
267 18	149 8	14 14	9 31	4 40	779	4,56	2,75	234
279 1	300 25	76 33	6 16	7 19	779	4,56	2,75	235
179 37	290 22	65 10	5 58	4 3	778	4,56	2,75	236
262 22	107 45	182 10	4 20	2 5	778	4,56	2,75	237
353 57	43 14	359 9	18 42	17 19	778	4,56	2,75	238
294 0	159 33	122 24	6 47	8 14	777	4,57	2 75	239
67 50	89 19	31 45	8 17	3 51	776	4,57	2,75	240
42 45	74 4	356 19	8 17	13 47	776	4,57	2,75	241
48 49	320 42	230 34	3 6	6 32	776	4,57	2,76	242
40 0	136 51	62 30	7 50	7 42	775	4,58	2,76	243
241 7	269 33	5 9	8 36	7 59	775	4,58	2,76	244
278 59	265 23	316 23	23 17	10 0	775	4,58	2,76	245
16 51	0 32	10 58	7 13	8 10	774	4,58	2,76	246
325 4	77 52	121 30	4 20	11 56	774	4,58	2,76	247
335 52	247 42	333 40	11 29	4 9	773	4,59	2,76	248
23 2	66 37	241 45	11 45	10 15	773	4,59	2,76	249
238 21	105 8	26 57	2 51	12 50	773	4,59	2,76	250
282 59	87 46	106 47	13 47	2 27	772	4,59	2,76	251
178 40	197 13	84 36	9 47	4 14	772	4,59	2,76	252
330 43	28 9	99 40	9 13	8 46	772	4,60	2,77	253
295 16	31 44	277 36	5 14	9 15	771	4,60	2,77	254
55 44	314 4	25 14	1 43	2 1	771	4,60	2,77	255
310 35	67 31	80 49	10 36	4 36	771	4,60	2,77	256
55 25	265 38	68 13	6 16	13 12	771	4,60	2,77	257
12 41	42 21	178 51	15 55	15 24	771	4,60	2,77	258
211 45	88 44	64 24	3 35	8 15	771	4,61	2,77	259
95 20	206 14	157 16	10 21	6 31	770	4,61	2,77	260
318 42	250 54	145 13	25 21	10 40	770	4,61	2,77	261
21 3	31 53	134 46	4 44	9 16	769	4,61	2,77	262
229 23	151 49	196 12	10 14	9 59	769	4,61	2,77	263
310 35	308 38	172 44	34 38	13 51	769	4,61	2,77	264
352 12	33 18	349 17	1 27	13 41	769	4,61	2,77	265
313 25	293 36	32 4	2 53	5 3	768	4,62	2,77	266
67 32	85 38	215 2	14 52	19 14	768	4,62	2,77	267
47 5	330 9	99 32	8 12	6 13	767	4,62	2,77	268
293 33	190 55	74 1	6 1	5 36	767	4,62	2,77	269
33 28	153 47	233 9	6 59	7 35	766	4,63	2,78	270
145 48	59 15	37 50	4 28	1 41	766	4,63	2,78	271
2 10	339 41	144 45	9 22	8 35	766	4,63	2,78	272
139 40	172 9	212 26	10 40	1 55	766	4,63	2,78	273
115 14	20 53	219 38	8 59	4 36	766	4,64	2,78	274
277 52	301 25	355 32	7 9	3 41	766	4,64	2,78	275
188 2	257 13	7 29	9 5	9 15	766	4,64	2,78	276
74 57	169 24	197 54	3 59	13 39	765	4,64	2,78	277
136 44	20 40	259 52	3 32	7 16	765	4,64	2,78	278
299 55	161 54	2 28	10 57	10 17	765	4,64	2,78	279
40 17	109 42	254 4	7 57	14 18	765	4,64	2,78	280
312 51	300 13	44 54	7 58	10 48	764	4,64	2,78	281
16 25	2 21	229 40	14 28	10 35	762	4,65	2,79	282
351 8	293 39	128 12	8 6	17 36	762	4,65	2,79	283
55 8	278 2	42 33	10 39	7 2	761	4,65	2,79	284
6 13	195 36	58 33	12 56	12 37	761	4,65	2,79	285
163 43	—	10 27	5 0	—	761	4,65	2,79	286
118 56	262 11	142 54	26 26	20 26	761	4,66	2,79	287
95 26	176 22	215 45	13 2	14 29	759	4,67	2,79	288
350 36	198 52	42 2	13 53	13 48	759	4,68	2,80	289
138 54	143 37	277 29	2 40	9 40	758	4,68	2,80	290

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
291	Германтарія . .	1892 ноября 25	Шарлуа	52	11,5	1895 іюня 19,0
292	Гонорія	1884 апрѣля 26	І. Пализа	54	11,4	1890 августа 20,5
293	Элеонора	1893 января 17	Шарлуа	103	10,0	1894 мая 14,5
294	Либусса	1886 декабря 17	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	39	12,1	1895 августа 18,0
295	Суевія	1896 мая 6	Вольфъ	29	12,7	1896 мая 11,5
296	Алина	1887 мая 17	І. Пализа	48	11,7	1898 декабря 20,0
297	Кордуба †* . . .	1893 марта 21	Шарлуа	38	12,2	1893 апрѣля 10,0
298	Ціана	1895 мая 18	Шарлуа	42	12,0	1895 іюня 12,5
299	*E D.*	1898 декабря 8	Шарлуа	—	12,5	1898 декабря 9,5
300	*C. H.*	1896 января 7	Шарлуа	44	11,9	1896 января 8,5
301	*D. M.*	1897 декабря 18	Шарлуа	24	13,2	1898 января 21,5
302	Ильматаръ (?) . .	1894 марта 1	Вольфъ	94	10,3	1897 декабря 25,0
303	Урда	1876 августа 28	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	27	13,0	1886 августа 25,0
304	*F. D.*	1899 декабря 6	Килеръ	5	16,7	1899 декабря 31,0
305	Терпсихора . . .	1864 сентября 30	Темпель	48	11,8	1886 апрѣля 7,0
306	Федра	1877 сентября 2	Ватсонъ	52	11,6	1886 іюня 26,5
307	Ида	1884 сентября 29	І. Пализа	24	13,3	1891 февраля 20,0
308	Кримгильда . . .	1884 сентября 22	І. Пализа	32	12,6	1884 сентября 26,5
309	Полигимнія . . .	1854 октября 28	Шакорнакъ . . .	49	11,8	1888 ноября 8,0
310	Бразилія †* . . .	1890 мая 20	Шарлуа	28	12,9	1890 іюня 17,5
311	Антигона	1873 февраля 5	Ц. Х. Ф. Петерсъ .	98	10,3	1873 февраля 14,0
312	Коронисъ	1876 января 4	Кнорре	37	12,3	1883 іюля 12,0
313	*F. Q.*	1900 октября 22	Вольфъ	—	13,3	1900 ноября 20,0
314	Ненетта	1890 марта 10	Шарлуа	35	12,5	1890 марта 17,0
315	Евдора	1880 августа 30	Коджія	26	13,1	1885 декабря 28,0
316	Евриклея	1879 апрѣля 19	І. Пализа	33	12,6	1896 ноября 20,0
317	Аглая	1857 сентября 15	Р. Лютеръ	65	11,2	1867 декабря 13,0
318	Каролина	1883 ноября 28	І. Пализа	40	12,2	1886 апрѣля 27,0
319	Аполлонія † . . .	1893 марта 8	Шарлуа	35	12,5	1893 марта 3,5
320	Корнелія	1896 декабря 28	Шарлуа	26	13,1	1897 января 20,5
321	Флорентина . . .	1891 октября 15	І. Пализа	25	13,2	1891 ноября 7,0
322	Эльвира	1888 мая 3	Шарлуа	26	13,1	1888 мая 6,0
323	Дрезда	1886 ноября 3	І. Пализа	24	13,3	1889 мая 1,0
324	*D H.*	1897 августа 25	Шарлуа	56	11,5	1897 сентября 30,0
325	Лакримоза . . .	1879 октября 21	І. Пализа	42	12,1	1887 мая 12,0
326	*C. J.*	1896 января 7	Шарлуа	35	12,5	1896 января 8,5
327	Клавдія	1891 іюня 11	Шарлуа	28	13,0	1891 іюля 10,0
328	Колга	1878 сентября 30	Ц. Х. Ф. Петерсъ	45	12,0	1882 мая 18,0
329	Сіегена †* . . .	1894 марта 1	Вольфъ	91	10,5	1894 апрѣля 5,0
330	Никея	1891 марта 5	Шарлуа	27	13,1	1891 марта 8,5
331	Гипатія	1884 іюля 1	Кнорре	51	11,7	1888 мая 26,0
332	*C. B.*	1895 августа 22	Шарлуа	23	13,5	1895 августа 23,5
333	Калліопа	1852 ноября 16	Хиндъ	126	9,8	1886 сентября 14,0
334	Спилла (?) . . .	1875 ноября 8	І. Пализа	23	13,5	1875 ноября 8,5
335	Будроза	1892 сентября 25	Шарлуа	43	12,1	1892 ноября 21,0
336	Виндобона	1882 сентября 10	І. Пализа	38	12,4	1886 мая 17,0
337	Психея	1852 марта 17	де Гаспарисъ . . .	139	9,6	1860 января 1,0
338	Дембовска	1892 декабря 9	Шарлуа	128	9,8	1895 мая 10,0
339	Филія	1888 октября 29	І. Пализа	15	14,4	1888 ноября 2,0
340	Май	1892 ноября 28	Шарлуа	31	12,9	1893 января 20,0
341	Адрастея	1884 августа 18	І. Пализа	17	14,2	1890 декабря 9,5
342	Клитемнестра . .	1877 ноября 11	Ватсонъ	60	11,5	1886 іюня 26,5
343	*D. J*	1897 августа 27	Шарлуа	29	13,1	1897 сентября 2,5
344	*C. U.*	1896 сентября 3	Вольфъ	—	12,0	1896 сентября 3,5
345	Гесперія	1861 апрѣля 29	Скіапарелли . . .	88	10,7	1874 декабря 26,0
346	Нува	1875 октября 18	Ватсонъ	58	11,6	1884 мая 25,5
347	Даная	1860 сентября 9	Гольдшмидтъ . . .	77	11,0	1860 сентября 29,0
348	Валентина	1899 октября 27	Вольфъ и Швассманъ.	47	12,1	1901 февраля 8,0
349	Ломія	1871 сентября 12	Борелли	64	11,4	1871 сентября 13,0
350	*B. N.*	1894 декабря 28	Шарлуа	49	12,0	1895 января 22,5
351	*F. K.*	1900 сентября 21	Вольфъ и Швассманъ.	18	14,2	1900 октября 28,5
352	Лейкотея	1855 апрѣля 19	Р. Лютеръ	53	12,2	1886 марта 28,0
353	Вильгельмина (?) .	1894 ноября 4	Вольфъ	45	12,2	1894 ноября 4,5
354	Вальпурга	1886 апрѣля 3	І. Пализа	28	13,2	1892 іюля 4,0
355	Харибда †* . . .	1894 марта 6	Шарлуа	56	11,7	1894 марта 12,5
356	*N* †*	1893 марта 11	Шарлуа	51	11,9	1893 марта 12,5
357	Пентезилея . . .	1887 октября 13	Кнорре	34	12,8	1897 сентября 16,0

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
229° 21′	287° 4′	92° 26′	8° 45′	5° 52′	758″	4,68	2,80	291
341 12	170 30	186 41	7 37	10 55	758	4,68	2,80	292
81 5	5 21	140 34	18 22	6 31	758	4,68	2,80	293
317 0	336 41	50 4	10 27	7 45	758	4 68	2,80	294
30 49	344 23	200 1	6 35	7 44	757	4,69	2,80	295
39 10	148 6	236 26	13 22	9 10	756	4,70	2,81	296
142 43	208 31	184 45	12 43	8 13	755	4,70	2,81	297
102 3	247 46	245 45	9 8	5 37	752	4,72	2,81	298
339 43	204 6	254 11	8 3	5 4	751	4,72	2,81	299
245 34	143 53	96 25	9 33	12 30	746	4,75	2,83	300
15 12	174 57	249 50	14 33	14 56	743	4,78	2,83	301
280 41	185 7	345 45	13 41	7 28	740	4,81	2,85	302
59 15	128 25	166 20	2 11	1 55	736	4,82	2,85	303
296 42	46 40	92 45	3 13	1 13	736	4,82	2,85	304
137 41	46 35	2 25	7 55	12 0	734	4,82	2,85	305
11 46	284 53	328 53	12 8	8 5	733	4,84	2,86	306
71 29	108 10	326 2	1 9	2 36	732	4,84	2,86	307
276 58	275 4	207 55	11 17	7 0	732	4,84	2,86	308
31 45	334 13	9 12	1 55	19 29	730	4,85	2,87	309
92 29	82 22	62 13	15 45	6 48	730	4,85	2,87	310
281 39	102 50	138 0	12 11	11 58	728	4,85	2,87	311
239 55	137 42	281 10	1 0	3 1	728	4,86	2,87	312
32 16	251 10	105 44	3 10	4 53	728	4,86	2,87	313
128 38	186 11	182 32	6 39	11 48	728	4,87	2,87	314
149 51	150 29	164 2	10 16	17 59	728	4 87	2,87	315
289 6	118 7	7 44	7 0	2 26	727	4,88	2,88	316
69 8	309 3	4 11	5 1	7 43	726	4,88	2,88	317
320 24	202 46	66 33	9 4	3 17	725	4,89	2,88	318
86 53	248 19	172 54	3 32	8 26	725	4,89	2,88	319
295 6	118 48	61 37	4 4	3 27	724	4,89	2,88	320
328 59	29 39	40 36	2 37	2 31	724	4,90	2,88	321
216 29	128 55	233 36	1 8	3 11	723	4,90	2,88	322
204 18	155 34	217 55	1 17	4 36	723	4,90	2,89	323
172 11	221 46	311 58	19 38	5 54	723	4,91	2,89	324
98 28	124 58	5 27	1 47	0 53	721	4,92	2,89	325
158 43	194 6	108 8	19 26	13 37	721	4,92	2,89	326
129 50	54 16	81 12	3 16	0 59	721	4,92	2,89	327
244 47	223 16	159 48	11 29	4 56	720	4,93	2,90	328
135 42	216 31	167 14	20 17	9 47	720	4,93	2,90	329
74 35	320 15	101 39	6 7	8 23	716	4,95	2,91	330
226 33	204 41	184 32	12 22	4 57	714	4,96	2,91	331
350 2	33 32	317 16	4 13	10 31	714	4,96	2,91	332
303 12	351 41	66 40	13 44	5 56	714	4,97	2,91	333
339 5	39 9	43 4	14 4	14 49	714	4,97	2,91	334
342 39	112 17	288 34	6 2	1 21	712	4,98	2,91	335
348 14	260 25	352 51	5 10	8 40	710	4,99	2,92	336
333 44	222 39	150 34	3 4	7 44	710	4,99	2,92	337
229 6	340 37	33 3	8 17	5 10	709	4,99	2,92	338
312 22	82 43	11 17	7 28	6 25	704	5,07	2,95	339
341 56	4 16	90 33	9 45	3 51	694	5,10	2,96	340
45 25	205 9	181 32	6 8	13 7	692	5,13	2,97	341
299 40	102 27	253 13	7 47	6 30	692	5,13	2,97	342
26 1	5 56	298 46	5 8	6 53	692	5,13	2,97	343
—	—	243 53	5 52	—	692	5,13	2,97	344
266 25	281 18	187 18	8 28	9 47	690	5,14	2,98	345
261 13	147 42	207 45	2 8	7 30	690	5,15	2,98	346
4 35	7 11	334 17	18 17	9 29	689	5,15	2,98	347
86 59	318 58	72 21	4 49	2 36	687	5,16	2,99	348
309 4	58 58	349 30	14 57	1 19	686	5,17	2,99	349
187 25	—	284 14	20 10	—	685	5,18	2,99	350
337 54	272 45	135 56	12 37	14 11	685	5,18	2,99	351
341 10	205 42	355 48	8 12	13 1	685	5,18	2,99	352
42 10	134 52	212 8	16 12	11 12	683	5,19	3,00	353
41 47	40 58	183 46	13 18	3 43	683	5,19	3,00	354
199 38	328 41	355 24	6 31	3 42	682	5,19	3,00	355
92 54	284 3	133 43	11 38	9 44	682	5,20	3,00	356
321 43	50 31	337 6	3 35	5 58	681	5,20	3,00	357

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
358	*D.*	1893 января 12	Вольфъ	—	12,5	1893 января 19,5
359	Доротея †*	1892 сентября 25	Вольфъ	35	12,8	1892 октября 1,5
360	Екатерина (?)	1891 октября 11	І. Пализа	18	14,2	1891 декабря 2,5
361	Бригитта	1899 октября 10	Вольфъ и Швассманъ.	46	12,2	1899 ноября 9,5
362	Эосъ	1882 января 18	І. Пализа	68	11,3	1898 марта 15,0
363	Лаврентія	1876 апрѣля 21	Пр. Анри	44	12,3	1889 декабря 7,0
364	Этериджа	1892 апрѣля 1	Шарлуа	40	12,5	1892 мая 5,0
365	*D. Y.*	1898 ноября 13	Вольфъ и Виллигеръ.	—	13,5	1898 ноября 13,5
366	Ксантиппа (?)	1875 ноября 22	І. Пализа	53	11,9	1875 ноября 27,5
367	Филагорія	1888 апрѣля 3	І. Пализа	24	13,6	1893 марта 21,0
368	Изольда	1879 декабря 10	І. Пализа	64	11,5	1895 ноября 26,0
369	Эмма	1889 февраля 8	Шарлуа	56	11,8	1889 февраля 9,5
370	Германія	1884 сентября 12	Р. Лютеръ	73	11,2	1884 августа 15,0
371	Персефона †	1895 февраля 23	Вольфъ	32	13,0	1895 марта 1,5
372	*A. B.* †*	1893 мая 19	Шарлуа	26	13,5	1893 іюля 17,5
373	Эгле	1868 февраля 17	Коджія	68	11,4	1873 марта 6,0
374	Діотима	1896 декабря 7	Шарлуа	74	11,2	1896 декабря 8,5
375	Пацієнція	1899 декабря 4	Шарлуа	94	10,7	1900 января 0,0
376	Церена	1873 августа 16	Ватсонъ	71	11,3	1893 марта 21,0
377	Регина †*	1889 августа 3	Шарлуа	14	14,9	1889 августа 19,5
378	Аретуза	1867 ноября 23	Р. Лютеръ	71	11,3	1874 февраля 9,0
379	Хризеисъ	1879 сентября 11	Ц. Х. Ф. Петерсъ	95	10,7	1885 декабря 8,0
380	Гордонія	1891 февраля 13	Шарлуа	42	12,5	1891 мая 28,5
381	Геката	1868 іюля 11	Ватсонъ	55	11,9	1874 декабря 26,0
382	Роза	1882 марта 9	І. Пализа	28	13,3	1891 декабря 17,0
383	Адорея	1887 іюня 9	Борелли	42	12,5	1889 октября 28,0
384	Аллегенія	1900 сентября 16	Вольфъ и Швассманъ.	11	15,5	1900 октября 28,5
385	Европа	1858 февраля 4	Гольдшмидтъ	117	10,3	1858 января 8,0
386	Вѣра	1885 февраля 6	Погсонъ	42	12,5	1887 сентября 19,0
387	Семеле	1866 января 4	Титьенъ	44	12,4	1896 мая 4,0
388	Софія	1885 октября 4	І. Пализа	25	13,6	1890 августа 24,0
389	Палесъ	1857 сентября 19	Гольдшмидтъ	85	11,0	1863 ноября 14,0
390	Гудрунъ (?)	1892 марта 18	Вольфъ	47	12,3	1892 марта 22,5
391	Эмилія	1875 января 26	Павелъ Анри	46	12,3	1885 сентября 19,0
392	Медея	1880 февраля 6	І. Пализа	49	12,2	1885 января 22,0
393	Электра	1873 февраля 17	Ц. Х. Ф. Петерсъ	104	10,6	1876 января 30,0
394	Силезія	1886 апрѣля 5	І. Пализа	37	12,8	1898 іюня 3,0
395	Филомела	1879 мая 14	Ц. Х. Ф. Петерсъ	119	10,3	1884 февраля 17,0
396	Дорисъ	1857 сентября 19	Гольдшмидтъ	88	10,9	1862 іюля 25,0
397	Мелибея	1874 апрѣля 21	І. Пализа	59	11,8	1887 ноября 28,0
398	*D. E.*	1896 декабря 31	Шарлуа	—	13,0	1897 января 12,5
399	Лахезисъ	1872 апрѣля 10	Борелли	63	11,7	1884 іюля 6,0
400	Баденія	1892 августа 22	Вольфъ	39	12,7	1892 сентября 22,0
401	Мелузина	1893 сентября 15	Шарлуа	37	12,8	1893 октября 27,0
402	Адельхейдъ	1888 апрѣля 17	І. Пализа	78	11,2	1888 іюня 3,5
403	Додона †	1894 января 29	Шарлуа	51	12,1	1894 марта 28,5
404	Эвхарисъ	1878 февраля 2	Коттено	69	11,5	1881 августа 31,0
405	Жозефина	1891 февраля 12	Милозевичъ	57	11,9	1895 декабря 16,0
406	Орнамента	1892 декабря 14	Шарлуа	39	12,7	1892 декабря 11,0
407	Эрато	1866 сентября 14	Фёрстеръ и Лессеръ	47	12,3	1874 декабря 26,0
408	*D. N.*	1897 декабря 18	Шарлуа	41	12,6	1898 января 18,5
409	*A. U.* †*	1894 января 29	Шарлуа	29	13,3	1894 февраля 24,0
410	*B. U.* †	1895 марта 15	Шарлуа	18	14,5	1895 марта 18,5
411	Гуенна	1894 января 8	Шарлуа	41	12,6	1894 января 15,0
412	Люція	1882 февраля 9	І. Пализа	35	12,9	1888 апрѣля 16,0
413	Дорлей	1876 августа 9	Ц. Х. Ф. Петерсъ	83	11,1	1886 апрѣля 7,0
414	Урсула	1893 сентября 18	Шарлуа	87	11,0	1896 марта 5,0
415	Охіо	1898 октября 13	Кодингтонъ	39	12,7	1900 января 0,0
416	Ѳемида	1853 апрѣля 5	де Гаспарисъ	97	10,8	1853 мая 5,0
417	Гигіея	1849 апрѣля 12	де Гаспарисъ	173	9,5	1874 декабря 26,0
418	Протогенея	1875 іюля 10	Шульгофъ	43	12,5	1884 января 28,0
419	Философія	1882 августа 12	Павелъ Анри	36	12,9	1886 февраля 16,0
420	Фелиція	1890 іюля 15	Шарлуа	19	14,3	1891 декабря 17,0
421	Атала	1875 ноября 2	Павелъ Анри	49	12,2	1880 сентября 25,0
422	Винцентина	1893 марта 21	Шарлуа	48	12,3	1900 августа 12,5
423	Пальма	1893 августа 19	Шарлуа	110	10,5	1893 августа 8,0
424	Дидона	1879 октября 22	Ц. Х. Ф. Петерсъ	70	11,5	1896 ноября 20,0

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
—	—	133° 21′	11° 45′	—	681″	5,20	3,00	358
28° 43′	158° 45′	174 24	9 54	5° 49′	678	5,23	3,01	359
23 36	142 55	221 4	9 19	6 42	678	5,23	3,01	360
19 18	358 39	15 30	10 23	5 22	678	5,23	3,01	361
201 46	188 0	142 37	10 51	5 35	677	5,23	3,01	362
265 25	106 51	38 6	6 5	10 30	677	5,24	3,02	363
227 35	332 48	23 4	6 4	5 30	674	5,27	3,03	364
—	—	216 46	3 16	—	673	5,28	3,03	365
286 32	269 45	246 33	7 29	15 17	670	5,29	3,04	366
323 25	116 28	93 39	3 41	7 10	669	5,30	3,04	367
1 10	170 43	265 19	3 52	9 16	669	5,31	3,04	368
135 20	51 32	305 44	8 3	8 44	668	5,31	3,04	369
10 25	69 17	272 22	5 30	5 52	666	5,33	3,05	370
353 58	180 49	347 23	13 8	3 51	665	5,34	3,06	371
317 19	85 7	229 59	7 48	11 8	664	5,34	3,06	372
327 4	200 20	322 58	16 7	8 5	664	5,34	3,06	373
144 40	199 14	70 20	11 14	2 18	663	5,35	3,06	374
9 31	334 51	89 56	15 14	4 30	663	5,35	3,06	375
315 13	284 44	321 9	7 14	8 5	663	5,35	3,06	376
357 36	12 29	312 10	17 17	11 56	661	5,36	3,06	377
78 39	146 15	244 21	12 51	8 24	659	5,38	3,07	378
286 16	353 27	137 55	8 48	5 30	658	5,38	3,07	379
47 52	251 41	210 59	4 25	11 25	653	5,43	3,09	380
65 21	179 33	128 12	6 23	9 26	653	5,43	3,09	381
333 23	58 25	48 35	1 59	6 57	653	5,43	3,09	382
220 51	60 22	121 41	2 25	7 55	653	5,43	3,09	383
351 1	129 9	250 38	12 53	10 20	652	5,43	3,09	384
134 55	334 17	129 47	7 25	5 48	650	5,44	3,10	385
234 26	325 11	62 12	5 11	11 21	650	5,45	3,10	386
203 38	300 25	87 55	4 48	12 47	650	5,45	3,10	387
255 5	283 16	157 4	10 29	5 30	650	5,45	3,10	388
20 1	101 43	290 29	3 9	13 43	650	5,45	3,10	389
68 47	102 54	353 14	16 8	6 54	647	5,48	3,11	390
248 58	326 18	135 9	6 4	5 55	647	5,48	3,11	391
45 42	100 28	315 27	4 18	6 7	645	5 49	3,11	392
299 29	234 33	146 1	22 55	12 2	645	5,50	3,11	393
214 42	26 0	35 26	3 40	7 17	645	5,50	3,11	394
203 6	232 25	73 21	7 16	0 38	645	5,50	3,11	395
235 11	249 15	185 3	6 29	4 24	645	5,50	3,11	396
84 6	105 56	203 42	13 21	12 23	645	5,50	3,11	397
—	—	295 24	9 31	—	645	5,50	3,11	398
47 33	239 32	342 42	6 59	3 4	644	5,50	3,12	399
339 58	16 28	355 18	3 51	10 7	644	5,51	3,12	400
10 6	348 34	4 36	15 27	8 7	644	5,51	3,12	401
92 13	266 56	211 39	21 53	4 41	644	5,51	3,12	402
295 26	267 59	315 47	7 26	9 56	644	5,51	3,12	403
264 39	310 51	144 46	18 35	12 44	644	5,51	3,12	404
33 30	74 2	345 19	6 55	3 43	643	5,51	3,12	405
9 40	330 6	90 34	24 49	9 12	643	5,51	3,12	406
180 40	272 45	125 43	2 12	9 59	642	5,52	3,12	407
97 30	209 21	117 7	1 49	9 43	642	5,52	3,12	408
67 1	314 27	93 26	2 40	10 26	642	5,52	3,12	409
337 44	229 27	328 41	10 37	5 16	642	5,53	3,13	410
98 57	177 57	172 45	1 37	11 3	641	5,53	3,13	411
309 38	177 28	80 17	2 11	8 29	641	5,53	3,13	412
302 57	335 16	304 7	11 11	4 2	640	5,54	3,13	413
198 43	344 11	337 20	15 57	5 35	640	5,54	3,13	414
30 58	231 9	202 28	19 7	4 12	640	5,54	3,13	415
37 46	98 26	35 47	0 49	7 2	638	5,54	3,13	416
174 56	313 41	285 19	3 48	6 18	637	5,55	3,14	417
108 15	135 38	251 12	1 54	1 40	637	5,55	3,14	418
302 53	255 7	330 59	9 15	12 10	637	5,56	3,14	419
87 9	180 10	136 54	6 15	14 29	637	5,56	3,14	420
282 8	41 49	41 28	12 12	4 55	637	5,57	3,14	421
8 42	314 5	347 52	10 35	3 30	637	5,57	3,14	422
285 21	113 59	328 22	23 41	15 41	637	5,58	3,14	423
151 37	249 48	2 0	7 14	3 46	637	5,58	3,14	424

№	Планета	Время открытія	Открывшій планету	Радіусъ	Средняя величина	Эпоха
				км.		
425	Наталія	1899 октября 27	Вольфъ и Швассманъ.	25	13,7	1899 ноября 29,5
426	Офелія	1877 января 13	Борелли	52	12,1	1886 октября 24,0
427	Розалія †*	1891 сентября 1	Шарлуа	22	14,0	1891 декабря 3,5
428	Мнемозюна	1859 сентября 22	Р. Лютеръ	101	10,7	1866 декабря 8,0
429	Алетейя	1886 іюня 28	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	52	12,1	1880 декабря 12,0
430	Эйфрозюна	1854 сентября 1	Фергюсонъ	88	11,0	1867 января 0,0
431	Беттина	1885 сентября 3	І. Пализа	65	11,7	1894 апрѣля 5,0
432	*J.* (?)	1893 февраля 11	Шарлуа	50	12,2	1893 февраля 15,5
433	Климена	1868 сентября 13	Ватсонъ	50	12,2	1885 октября 29,0
434	Антіопа	1866 октября 1	Р. Лютеръ	68	11,6	1870 января 0,0
435	Клементина	1885 октября 11	Перротенъ	35	13,0	1885 декабря 28,0
436	Аврора	1867 сентября 6	Ватсонъ	77	11,3	1883 іюля 12,0
437	Діона	1868 октября 10	Ватсонъ	77	11,3	1888 мая 6,0
438	Цецилія	1890 сентября 9	Шарлуа	30	13,3	1890 октября 3,0
439	Библись	1879 іюля 9	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	46	12,4	1884 апрѣля 17,0
440	Гоберта †	1891 сентября 8	Шарлуа	30	13,3	1891 декабря 28,5
441	Фама	1895 октября 13	Вольфъ	29	13,4	1895 октября 15,5
442	Идуна	1877 октября 14	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	54	12,1	1877 ноября 20,0
443	*F. P.*	1900 октября 22	Вольфъ	—	15,3	1900 октября 22,5
444	Эдна	1899 октября 2	Коддингтонъ	34	13,1	1900 января 0,0
445	Ундина	1867 іюля 7	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	95	10,9	1889 августа 29,0
446	Дейопея	1878 февраля 28	І. Пализа	47	12,4	1884 марта 28,0
447	Патриція	1898 сентября 13	Вольфъ и Швассманъ.	47	12,4	1898 сентября 20,5
448	Иклея	1889 августа 3	І. Пализа	32	13,2	1889 августа 29,0
449	Берта	1875 ноября 4	Пр. Анри	51	12,2	1878 апрѣля 9,0
450	Мирра	1894 января 10	Шарлуа	48	12,4	1894 февраля 24,0
451	Магдалина	1891 сентября 24	Шарлуа	32	13,2	1891 ноября 7,0
452	Гекуба	1869 апрѣля 2	Р. Лютеръ	67	11,7	1878 ноября 17,0
453	Геральдина	1890 октября 3	Шарлуа	24	13,9	1890 октября 4,0
454	Гейдельберга	1892 марта 4	Вольфъ	48	12,4	1892 апрѣля 15,0
455	Герда	1872 іюля 31	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	74	11,5	1884 сентября 24,0
456	Андромаха	1877 октября 1	Ватсонъ	51	12,3	1877 октября 11,0
457	*D. X.*	1898 ноября 6	Вольфъ и Виллигеръ	—	—	1898 ноября 19,5
458	Оттилія	1895 марта 16	Вольфъ	48	12,6	1895 апрѣля 20,0
459	Сибилла	1876 сентября 28	Ватсонъ	78	11,6	1881 іюня 12,0
460	Генріетта	1882 апрѣля 19	І. Пализа	48	12,7	1890 октября 23,5
461	Леона †*	1891 октября 8	Шарлуа	24	14,2	1891 ноября 7,0
462	Аделинда	1882 августа 22	І. Пализа	34	13,5	1897 мая 12,0
463	Фрейя	1862 октября 21	Д'Арре	67	12,0	1887 сентября 29,0
464	Бертольда	1896 сентября 3	Вольфъ	59	12,3	1896 сентября 1,0
465	Цибелла	1861 марта 8	Темпель	108	11,0	1886 февраля 26,5
466	Губерта	1886 октября 3	І. Пализа	28	13,9	1889 февраля 10,0
467	Германіона	1872 мая 12	Ватсонъ	105	11,2	1878 апрѣля 29,0
468	*Y.*	1893 апрѣля 14	Вольфъ	—	13,0	1893 апрѣля 17,5
469	Сильвія	1866 мая 16	Погсонъ	74	11,9	1866 мая 2,0
470	Камилла	1868 ноября 17	Погсонъ	102	11,2	1868 декабря 17,0
471	*C. N.*	1896 января 16	Шарлуа	37	13,4	1896 февраля 14,0
472	*E. A.*	1898 ноября 19	Вольфъ и Швассманъ.	—	13,0	1898 ноября 13,5
473	Чикаго	1892 августа 23	Вольфъ	94	12,0	1897 марта 11,5
474	Исмена	1878 сентября 22	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	94	12,0	1887 декабря 18,0
475	Бононія †*	1893 марта 11	Шарлуа	53	13,3	1893 марта 12,5
476	Гильда	1875 ноября 2	І. Пализа	73	12,6	1883 декабря 19,0
477	*X.*	1893 марта 18	Вольфъ	—	13,0	1893 марта 21,5
478	Туле	1888 октября 25	І. Пализа	50	13,8	1891 февраля 20,0

Примѣчаніе. Для средняго суточнаго движенія, времени оборота и большой полуоси

величинахъ, не имѣютъ никакого значенія для тѣхъ лицъ, для которыхъ

Средняя аномалія эпохи	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Уголъ эксцентриситета	Среднее суточное движеніе	Время оборота	Большая полуось	№
47° 48′	292° 17′	38° 44′	12° 42′	9° 54′	636″	5,58	3,14	425
256 52	43 26	101 16	2 34	6 41	636	5,58	3,14	426
17 48	185 36	171 22	12 34	10 49	636	5,58	3,15	427
59 54	213 49	200 6	15 10	6 16	635	5,58	3,15	428
179 57	152 35	88 33	10 43	6 43	635	5.58	3,15	429
11 9	62 10	31 29	26 27	12 44	634	5,58	3,15	430
100 18	65 32	25 31	12 56	7 4	634	5,60	3,15	431
138 27	231 52	138 16	14 6	1 31	633	5,61	3,16	432
338 30	16 37	43 34	2 54	9 1	633	5,61	3,16	433
255 49	230 43	71 27	2 17	9 51	633	5,61	3,16	434
35 27	151 40	203 23	10 1	4 47	633	5,61	3,16	435
256 3	45 23	4 25	8 4	4 44	631	5,63	3,16	436
165 23	322 47	63 19	4 38	10 7	630	5,65	3,17	437
17 13	347 42	333 31	7 35	8 18	630	5,65	3,17	438
307 27	171 32	89 53	15 23	9 44	626	5,65	3,17	439
307 43	307 6	124 34	2 19	8 5	626	5,65	3,17	440
354 29	100 37	299 29	9 6	7 55	626	5,65	3,17	441
5 36	179 19	201 11	22 31	9 26	622	5,68	3,18	442
310 1	301 28	156 34	1 22	11 54	622	5,68	3,18	443
19 2	77 38	293 23	21 24	11 58	622	5,68	3,18	444
306 2	223 29	102 51	9 56	5 48	622	5,69	3,19	445
18 34	194 36	335 35	1 12	3 54	622	5,70	3,19	446
342 35	26 41	352 1	18 38	4 42	622	5,70	3,19	447
326 41	214 40	149 37	17 55	0 50	622	5,70	3,19	448
15 55	146 44	37 40	20 59	4 50	622	5,70	3,19	449
227 3	145 7	125 21	12 35	7 0	619	5,71	3,20	450
271 1	272 59	162 58	10 33	4 17	617	5,71	3,20	451
254 20	179 49	352 18	4 24	5 54	617	5,74	3,21	452
38 4	283 4	42 13	0 47	2 33	617	5.75	3.21	453
100 6	72 5	345 31	8 36	8 43	614	5,77	3,22	454
153 15	21 38	178 52	1 36	2 29	614	5,77	3,22	455
32 5	298 31	25 36	3 12	12 9	614	5.77	3,22	456
—	—	227 4	22 27	—	589	5,94	3,31	457
324 32	181 20	39 8	6 6	2 19	584	6,02	3,33	458
268 53	161 13	209 47	4 32	4 4	572	6,20	3,37	459
58 10	98 19	200 41	20 42	15 19	568	6,25	3,39	460
342 43	218 12	189 5	10 44	12 46	564	6,26	3,39	461
268 0	302 4	30 52	2 10	8 47	563	6,30	3.41	462
301 39	238 37	212 12	2 3	9 43	562	6,32	3,42	463
259 35	202 0	246 59	6 40	2 50	562	6,32	3,42	464
269 7	100 59	158 54	3 29	6 6	558	6,36	3,43	465
150 25	160 54	168 46	6 16	6 19	552	6,41	3,45	466
228 22	283 50	77 0	7 35	7 5	552	6,41	3,45	467
—	—	124 24	0 18	—	550	6,45	3,46	468
269 8	263 24	76 22	10 56	4 28	545	6,49	3,48	469
296 48	298 17	176 15	9 54	4 36	545	6,52	3,49	470
63 17	301 48	113 29	9 39	5 19	538	6,59	3,52	471
	—	227 33	27 24	—	509	6,97	3,65	472
185 11	234 37	134 18	4 38	0 50	460	7,77	3,92	473
350 17	289 22	177 5	6 7	9 20	453	7,85	3 95	474
53 37	75 47	19 32	12 37	11 33	452	7,88	3,96	475
113 54	57 59	228 20	7 53	9 44	452	7,88	3,96	476
—	—	72 18	1 34	—	423	8,39	4,12	477
155 37	233 18	75 26	2 23	4 43	403	8,80	4,26	478

здѣсь даны лишь приблизительныя величины; но небольшія ошибки, могущія встрѣтиться въ этихъ

предназначена настоящая книга. *

Списокъ вычисленныхъ кометъ.

Въ приведенномъ ниже спискѣ вычисленныхъ кометъ звѣздочка, стоящая рядомъ съ текущимъ нумеромъ, означаетъ, что въ слѣдующихъ за спискомъ примѣчаніяхъ находятся тѣ или другія свѣдѣнія о данной кометѣ.

Въ этомъ спискѣ, по обычаю астрономовъ, кометы разнумерованы и расположены по времени ихъ прохожденія черезъ перигелій, а не по времени ихъ открытія. При этомъ, между прочимъ, сдѣланъ опытъ охарактеризовать каждую комету. Такъ, если во второй колоннѣ рядомъ съ годомъ стоитъ звѣздочка (*), то это значитъ, что комета была открыта невооруженнымъ глазомъ; если, кромѣ того, во время своего наибольшаго блеска, комета достигала необыкновеннаго развитія, или, какъ говорили прежде, была страшной величины, то такая комета обозначена 2 звѣздочками (**). Если же комета была открыта посредствомъ телескопа, но во время всего періода ея видимости могла быть наблюдаема также невооруженнымъ глазомъ, то она обозначена крестикомъ (†); кометы, найденныя въ телескопъ и потомъ сильно развившіяся, означены крестикомъ и звѣздочкой (†*); наконецъ, если комета во все время своей видимости могла быть наблюдаема только въ телескопъ, то къ соотвѣтственному году ничего не прибавлено. При такой классификаціи, конечно, неизбѣженъ нѣкоторый произволъ, и трудно достичь полной точности. Такъ, въ вопросѣ можно ли причислить ту или другую комету къ блестящимъ явленіямъ, мнѣніе часто сильно раздѣляется, въ особенности при описаніяхъ, относящихся къ древнимъ временамъ; часто не менѣе трудно бываетъ рѣшить вопросъ, была ли комета видна невооруженнымъ глазомъ, или нѣтъ. Для многихъ кометъ въ этомъ отношеніи встрѣчаются противорѣчивыя утвержденія, и это легко объясняется тѣмъ, что наблюдатель, обладающій особенно острымъ зрѣніемъ, легко могъ замѣтить комету и невооруженнымъ глазомъ, въ особенности когда онъ точно знаетъ ея мѣсто, тогда какъ вообще она была невидима безъ телескопа. Несмотря на подобныя неточности, упомянутыя выше данныя о кометахъ вообще представляютъ весьма большой интересъ.

Наклонность орбитъ, слѣдуя Гаусу, мы считаемъ отъ 0^0 до 180^0. Въ прежнія времена наклонности считали только отъ 0^0 до 90^0, но зато различали у кометъ прямое и обратное движенія (часть II, § 134). Если буквами Ω', ω', i', назовемъ долготу восходящаго узла, разстояніе перигелія отъ узла и наклонность орбиты какой-нибудь кометы, обладающей обратнымъ движеніемъ, по старому способу обозначенія, а буквами Ω, ω и i тѣ же величины по новому способу обозначенія, то слѣдующія простыя соотношенія будутъ связывать однѣ величины съ другими:

$$\Omega' = \Omega \qquad \Omega = \Omega'$$
$$\omega' = 360 - \omega \qquad \omega = 360 - \omega'$$
$$i' = 180 - i \qquad i = 180 - i'.$$

Разстояніе перигелія отъ солнца въ нижеслѣдующихъ таблицахъ дано въ частяхъ большой полуоси земной орбиты.

У тѣхъ комстъ, движеніе которыхъ достаточно хорошо представляется параболическими элементами, столбцы, озаглавленные «эксцентриситетъ», «большая полуось» и «время оборота», остались не заполненными. Эксцентриситеты меньше единицы принадлежатъ эллиптическимъ орбитамъ, больше единицы—гиперболическимъ.

Начиная съ кометы 1742 года, въ нижеслѣдующей таблицѣ дается также день открытія кометы, потому что для многихъ изысканій, а также и для сужденія о надежности выведенныхъ изъ наблюденій элементовъ, важно знать, наблюдалась ли комета въ какой-нибудь одной части орбиты, а именно до прохожденія черезъ перигелій или послѣ прохожденія, или же на обѣихъ этихъ вѣтвяхъ. Для древнихъ кометъ промежутокъ времени, въ теченіе котораго производились наблюденія надъ кометой, обыкновенно бывалъ гораздо короче того промежутка, въ теченіе котораго она вообще была видима; кромѣ того, часто еще далеко не всѣ эти наблюденія пригодны къ опредѣленію орбиты; поэтому указывать день открытія такихъ кометъ было бы безцѣльно. Все только-что сказанное въ нѣкоторой степени можетъ быть отнесено также къ значительному числу позднѣйшихъ кометъ, а именно до конца XVIII столѣтія.

Объ астрономѣ, открывшемъ комету, которая тотчасъ послѣ открытія дѣлалась доступной для невооруженнаго глаза, благодаря своей необыкновенной яркости, въ сущности нѣтъ надобности и говорить; поэтому въ такихъ случаяхъ имя его и не упоминается. Если же, напротивъ того, комета, видимая во время ея открытія невооруженнымъ глазомъ, все же была такъ слаба, что требовалось внимательное изученіе неба для отысканія ея, то тотъ астрономъ, который первый далъ извѣстіе объ кометѣ, считается открывшимъ ее; кромѣ того, имя открывшаго заключено въ скобки въ тѣхъ случаяхъ, когда неизвѣстно никакихъ подробностей о видимой величинѣ кометы во время ея открытія. Впрочемъ, многія кометы были открыты нѣсколькими астрономами и любителями астрономіи въ теченіе короткаго времени и притомъ независимо другъ отъ друга. Въ такомъ случаѣ указывается имя астронома, который первый по времени открылъ комету, если только эти открытія не были сдѣланы въ разныхъ мѣстахъ въ одну и ту же ночь.

Орбиты всѣхъ кометъ, появлявшихся до конца XV столѣтія, за весьма немногими исключеніями, настолько неточны, что имъ почти совершенно нельзя довѣрять; это, между прочимъ, вытекаетъ изъ того, что ихъ немногочисленныя наблюденія нерѣдко могутъ быть представляемы нѣсколькими совершенно различными системами элементовъ (см., напр., примѣчанія къ №№ 4, 5, 6, 14 и 15). Нѣкоторыя кометныя орбиты, какъ, напр., орбиты кометъ 565, 1006, 1299, 1351, 1362 и 1746 годовъ, не могутъ дать даже приблизительнаго понятія объ истинномъ движеніи этихъ кометъ; поэтому въ нижеслѣдующемъ спискѣ онѣ вовсе не приведены. Тѣмъ же недостаткомъ страдаютъ, вѣроятно, многія орбиты позднѣйшихъ кометъ; однако, недостовѣрность этихъ орбитъ не можетъ быть доказана безъ особыхъ подробныхъ изысканій; поэтому такія орбиты помѣщены въ таблицѣ. Къ числу такихъ орбитъ относятся, между прочимъ, орбиты кометъ 1402 (№ 25), 1668 (№ 53), 1780 II (№ 100), 1826 III (№ 157) и т. д.

Наконецъ, необходимо упомянуть, что для тѣхъ кометъ, для которыхъ было сдѣлано нѣсколько опредѣленій орбиты, были выбраны элементы, оказавшіеся, послѣ тщательнаго изслѣдованія, наиболѣе достовѣрными.

Еще намъ остается прибавить нѣсколько словъ о періодическихъ кометахъ. Для періодическихъ кометъ, наблюдавшихся уже много разъ во время ихъ прохожденія черезъ перигелій, элементы даны только при первомъ ихъ достовѣрномъ появленіи; позднѣйшія же появленія лишь помѣчены внизу соотвѣтствующей страницы. Но, кромѣ этого, ниже въ особыхъ таблицахъ дано сопоставленіе всѣхъ періодическихъ кометъ съ подробными замѣчаніями относительно каждой изъ нихъ.

Списокъ вычис

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Продолжительность видимости въ дняхъ	Вычислитель
	до Р. Хр.	*Старый стиль*			меньше	очень		
1*	372**	зима	120° —	270°—330°	150°	малое.	?	Пингре.
2*	137**	апрѣля 29	350 —	220 —	160 -	1,010	83(?)	Пирсъ.
3*	69*	іюль	150 -	165 —	70 —	0,79	35(?)	Пирсъ
4*	12**	октябрь 8,80	108 —	28 —	170 —	0,58	63(?)	Хиндъ.
	послѣ Р. Хр.							
5	66*	январь 14,2	67 40′	32 40′	139° 30′	0,445	50	Хиндъ.
6	141*	мартъ 29,1	120 55	12 50	163 0	0.720	60(?)	Хиндъ.
7	240**	ноябрь 10,0	82	189 —	44 —	0,37	60(?)	Буркхардъ.
8*	539*	октябрь 20,6	255 30	58 -	10 —	0,341	60(?)	Буркхардъ.
9	568*	августъ 29,33	24 20	294 15	4 8	0,907	69	Ложье.
10	574*	апрѣль 7,29	15 22	128 17	46 31	0,963	63(?)	Хиндъ.
11	770**	іюнь 6,65	86 46	88 54	120 29	0,603	59	Хиндъ.
12	837**	мартъ 1,00	277 30	206 33	169 —	0,580	37	Пингре.
13	961*	декабрь 30,17	82 32	350 35	100 27	0,552	64	Хиндъ.
14*	989*	сентябрь 12,0	180 —	84 —	163 —	0,568	30	Буркхардъ.
15*	1066**	май 30	110	230 —	110 —	0,34	67	Пингре.
16	1092*	февраль 15,0	30 40	125 40	28 55	0,928	120	Хиндъ.
17	1097**	сентябрь 21,9	125 0	207 30	73 30	0,738	25	Буркхардъ.
18	1231*	январь 30,31	121 18	13 30	6 5	0,948	105	Пингре.
19*	1264**	іюль 19,80	159 34	140 55	16 29	0,825	120	Хёкъ.
20*	1301**	октябрь 24,0	186 —	138 -	167 —	0,640	46	Ложье.
21	1337**	іюнь 15,08	90 41	93 1	139 32	0,828	63	Ложье.
22*	1366*	октябрь 21,46	169 21	217 25	152 23	0,980	4	Хиндъ.
23*	1378*	ноябрь 8,77	107 46	47 17	162 4	0,584	45(?)	Ложье.
24	1385*	октябрь 16,27	166 44	268 31	127 45	0,774	12	Хиндъ.
25*	1402**	мартъ 21	91 —	117 —	55 —	0,38	?	Хиндъ.
26	1433**	ноябрь 7,777	189 19	96 20	104 0	0,4928	46	Челорія.
27	1449*	декабрь 9,375	356 52	261 18	155 40	0,3274	49	Челорія.
28*	1457 I*	январь 17,986	194 54	249 40	13 16	0,7034	4	Челорія.
29	1457 II*	августъ 8,007	185 8	184 24	9 52	0,7604	90(?)	Челорія.
30	1468*	октябрь 7,416	65 12	61 15	135 41	0,853	81	Ложье.
31*	1472**	февраль 29,891	256 53	296 8	165 48	0,479	68(?)	Челорія.
32*	1491*	январь 4,91	155 —	268 —	105 -	0,756	23(?)	Пирсъ.
33*	1499*	сентябрь 6,19	33 30	326 30	21 0	0,954	?	Хиндъ.
34	1500*	май 17	20	310 —	105 —	1,40	40(?)	Хиндъ.
35*	1506*	сентябрь 3,67	242 13	132 50	134 59	0,386	25(?)	Ложье.
36*	1532**	октябрь 18,34	24 25	87 23	32 36	0,519	115	Ольберсъ.
37*	1533*	іюнь 14,89	278 21	299 19	28 14	0,327	67	Ольберсъ.
38	1556**	апрѣль 22,191	100 53	175 14	32 26	0,4908	53	Хёкъ.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
75	1742 *	февраль 8,6252	328° 30,2′	185° 9,5′	112° 28,3′	0,77005	—
76*	1743 I*	январь 10,8539	25 25,9	67 32,0	2 16,3	0,8382	—
77	1743 II*	сентябрь 20,6534	119 2,1	6 2,2	134 22,9	0,5230	—
78*	1744 **	мартъ 1,34628	151 26,9	45 44,9	47 7,3	0,22221	—
79 *	1747 †	мартъ 3,3056	230 16,8	147 18,8	100 53,7	2,19860	—
80	1748 I*	апрѣль 28,7872	17 28,4	232 51,8	94 31,6	0,8404	—
81	1748 II*	іюнь 18,894	245 39	33 8	67 3	0,625	—
82	1757 *	октябрь 21,3361	268 45,2	214 12,8	12 50,3	0,3375	—
83	1758 *	іюнь 11,1438	36 48	230 50	68 19	0,2154	—
84*	1759 II†	ноябрь 27,0083	273 54,6	139 39,7	79 6,6	0,8014	—

ленныхъ кометъ.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Продолжительность видимости въ дняхъ	Вычислитель
39*	1558*	сентябрь 13,55	119° 37′	335° 3′	110° 53′	0,281	30 (?)	Хёкъ.
40	1577**	октябрь 26,954	255 38	25 20	104 50	0,1775	87	Вольштедтъ.
41*	1580*	ноябрь 28,500	89 20	19 7	64 34	0,6023	70	Шьельерупъ.
42	1582*	май 6,42	331 57	227 14	118 34	0,168	28 (?)	Мартъ.
		Новый стиль						
43*	1585*	октябрь 8,033	331 24	37 44	6 6	1,0948	45	ПетерсъиСавичъ
44	1590*	февраль 8,034	307 40	165 37	150 30	0,5677	12	Хиндъ.
45	1593*	іюль 18,575	12 4	164 15	87 58	0,089	44	Лакайль.
46*	1596*	іюль 25,221	59 26	330 21	128 2	0,5672	26 (?)	Хиндъ.
47	1618 I*	августъ 17,133	24 55	293 25	21 28	0,513	31	Пингре.
48*	1618 II**	ноябрь 8,357	287 21	75 44	37 11	0,3895	60 (?)	Бессель.
49	1652*	ноябрь 12,659	300 9	88 10	79 28	0,8475	23	Галлей.
50	1661*	январь 26,887	35 22	81 54	33 1	0,4427	40	Мешень.
51*	1664**	декабрь 4,490	310 33	81 16	158 42	1,0255	124	Линделефъ.
52	1665**	апрѣль 24,225	156 7	228 2	103 55	0,1065	68 (?)	Галлей.
53*	1668**	февраль 24,788	206 43	193 26	27 7	0,251	?	Хендерсонъ.
54	1672*	мартъ 1,4532	109 33	298 6	82 57	0,6955	50	Берберихъ.
55	1677*	май 6,0322	99 12	236 49	100 57	0,2806	12	Галлей.
56*	1678*	августъ 27,592	166 6	161 40	3 4	1,2380	26	Довесъ.
57*	1680†*	декабрь 18,0000	350 39	272 9	60 39	0,0062	126	Энке.
58	1683*	іюль 13,0971	87 48	173 25	96 47	0,5595	48	Плуммеръ.
59*	1684*	іюнь 8,269	330 20	268 10	65 25	0,9583	17	Нейгебауеръ.
60	1686*	сентябрь 15,831	81 55	354 4	34 56	0,336	45 (?)	Хиндъ.
61*	1689**	ноябрь 30.165	78 11	279 24	63 11	0,0644	30 (?)	Холечекъ.
62*	1695**	ноябрь 9,71	204 —	216 —	22 —	0,844	21	Буркхардъ.
63	1698*	октябрь 17,021	151 11	65 53	169 5	0,7287	26	Хиндъ.
64	1699*	январь 13,406	109 33	321 41	109 23	0,749	13	Хиндъ.
65	1701*	октябрь 17,42	165 —	299 —	138 —	0,593	4	Буркхардъ.
66*	1702*	мартъ 13,613	309 47	188 59	4 25	0,647	15	Буркхардъ.
67	1706*	январь 30,2120	59 25	13 11	55 14	0,4269	29	Струйкъ.
68*	1707*	декабрь 11,9948	27 8	52 50	88 38	0,8590	59	Струйкъ.
69*	1718*	январь 14,9122	6 16	127 55	148 52	1,0254	18	Аргеландеръ.
70	1723*	сентябрь 27,6344	331 22	14 14	130 0	0,9988	69	Шпбреръ.
71*	1729†	іюнь 16,1542	10 26	310 37	77 4	4,0505	178	Хиндъ.
72	1737 I*	январь 30,3537	99 33	226 22	18 21	0,2228	59	Брадлей.
73*	1737 II*	іюнь 2,237	129 52	132 5	61 52	0,835	7 (?)	Хиндъ.
74*	1739*	іюнь 17,4229	104 47	207 25	124 17	0,6736	82	Лакайль.

Комета Галлея (№ 23): 1456** іюнь 8,2; 1531* августъ 24,9; 1607* октябрь 26,7224; 1682** сентябрь 14,8016.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго орбиту	№
—	—	1742 февраль 5	90	(Грантъ).	Баркеръ.	75
—	—	1743 февраль 10	18	Гришовъ.	Ольберсъ.	76
—	—	1743 августъ 18	26	Клингенбергъ.	Д'Арре.	77
—	—	1743 декабрь 9	87	Клингенбергъ.	Плуммеръ.	78
—	—	1746 августъ 13	114	Шезо.	Лакайль.	79
—	—	1748 апрѣль 26	66	—	Лемонье.	80
—	—	1748 май 19	3	Клингенбергъ.	Бессель.	81
—	—	1757 сентябрь 13	35	Брадлей (?).	Брадлей.	82
—	—	1758 май 26	160	(Де-ла Нуксъ).	Пингре.	83
—	—	1760 январь 25	52	Мессье.	Пингре.	84

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
85	1759 III*	декабрь 16,8476	301° 21,5′	79° 50,1′	175° 7,5′	0,9658	—
86	1762	май 28,3410	115 28,9	348 33,1	85 38,2	1,0091	—
87*	1763 †	ноябрь 1,8679	88 34,9	356 24,1	72 31,9	0,49829	0,99868
88	1764 *	февраль 12,5775	104 49,7	120 4,6	127 6,5	0,55522	—
89	1766 I	февраль 17,368	100 55	244 11	139 10	0,5053	—
90*	1766 II*	апрѣль 26,9953	177 2	74 11	8 1,8	0,39898	0,86400
91	1769 †*	октябрь 7,62689	329 7,5	175 4,0	40 45,8	0,12276	0,99925
92	1770 I†	августъ 13,54735	224 17,9	131 58,9	1 34,5	0,67431	0,78684
93	1770 II	ноябрь 22,24167	260 19,4	108 42,2	148 34,1	0,5282	—
94	1771 †	апрѣль 19,14144	76 8,2	27 53,2	11 15,9	0,90183	—
95	1772	февраль 16,66180	213 3,0	257 15,6	17 3,1	0,98602	0,72451
96	1773 †	сентябрь 5,61330	314 5,5	121 5,5	61 14,3	1,12689	—
97	1774	августъ 14,7472	135 58,2	180 50,2	82 48,6	1,42528	—
98	1779	январь 4,09284	62 10,3	25 4,2	32 31,0	0,71316	—
99	1780 I†	сентябрь 30,93280	237 5,3	123 41,3	125 36,8	0,09630	0,99995
100	1780 II	ноябрь 28,851	254 9	141 1	107 56	0,515	—
101	1781 I	іюль 7,19537	156 10,8	83 0,6	81 43,4	0,77586	—
102	1781 II†	ноябрь 29,5297	61 19,8	77 22,9	152 47,9	0,96100	
103*	1783	ноябрь 19,93685	354 36,9	55 40,5	45 6,9	1,45929	0,55246
104	1784 *	январь 21,2061	336 5,0	56 49,4	128 50,8	0,70786	
105	1785 I	январь 27,33199	205 39,7	264 12,3	70 14,2	1,14340	—
106	1785 II†	апрѣль 8,42049	127 10,6	64 41,1	92 37,8	0,42724	0,99646
107	1786 I	январь 30,88	182 30	334 8	13 36	0,3348	0,84836
108	1786 II	іюль 8,57397	323 15,0	195 23,5	50 58,6	0,39424	—
109	1787	май 10,83194	99 7,4	106 51,6	131 44,2	0,34891	—
110	1788 I†	ноябрь 10,31582	57 48,6	156 56,7	167 32,3	1,06301	—
111	1788 II	ноябрь 20,30903	30 25,5	352 24,4	64 30,4	0,75731	—
112	1790 I	январь 16,797	114 25	172 50	150 16	0,747	—
113	1790 II	январь 30,87628	207 5,4	268 36,6	54 6,4	1,04438	0,81933
114	1790 III†	май 21,24740	119 27,6	33 11,0	116 7,6	0,79796	—
115	1792 I	январь 13,57240	154 16,6	190 46,3	140 13,1	1,29302	—
116*	1792 II*	декабрь 27,33090	147 22,2	283 14,7	130 52,8	0,96681	—
117	1793 I	ноябрь 4,848	239 47	108 29	119 39	0,4034	—
118*	1793 II	ноябрь 20,21912	69 53,8	2 0,2	51 31,2	1,49512	0,97342
119	1796	апрѣль 2,83128	184 18,1	17 2,3	115 5,5	1,57816	—
120*	1797 *	іюль 9,11147	279 48,5	329 15,6	129 19,4	0,52661	—
121	1798 I	апрѣль 4,51482	342 58,4	122 7,4	43 48,0	0,48503	—
122	1798 II	декабрь 31,5474	215 1	249 31	137 37	0,7795	—
123	1799 I†	сентябрь 7,19743	95 47,8	99 30,0	129 4,2	0,83986	—
124	1799 II†	декабрь 25,9029	136 29	326 49	102 58	0,6658	—
125*	1801	августъ 8,5630	219 47	42 29	159 15	0,2564	—
126	1802	сентябрь 9,89752	21 53,4	318 15,7	57 0,8	1,09411	—
127	1804	февраль 13,59463	331 56,9	176 48,0	56 28,7	1,07117	—
128	1806 II	декабрь 28,92943	225 19,9	322 23,3	144 57,5	1,08190	1,00018
129*	1807 **	сентябрь 18,74537	4 7,5	266 47,2	63 10,5	0,64612	0,99549
130*	1808 I	май 12,959	253 46	322 59	134 17	0,3899	—
131	1808 II	іюль 12,174	131 32	24 11	140 41	0,6080	—
132	1810	октябрь 6,24442	114 56,2	308 50,5	62 55,7	0,96962	—
133	1811 I†*	сентябрь 12,26312	65 23,9	140 25,1	106 57,5	1,03542	0,99503
134	1811 II†	ноябрь 10,99698	314 25,6	93 1,9	31 17,2	1,58211	0,98271
135	1812 †	сентябрь 15,33210	199 19,1	253 0,7	73 57,6	0,77712	0,95558
136	1813 I	мартъ 4,53300	350 52,3	60 48,4	158 46,5	0,69916	—
137	1813 II†	май 19,51720	205 3,4	42 40,2	98 52,5	1,21529	—
138	1815 †	апрѣль 25,99943	65 33,3	83 28,8	44 29,9	1,21283	0,93115
139	1816	мартъ 1,3521	304 21	323 15	43 5	0,0485	—
140	1818 I	февраль 3,224	180 17	256 1	34 11	0,6959	—
141	1818 II	февраль 25,96539	112 19,2	70 26,2	89 43,8	1,19776	—
142*	1818 III	декабрь 4,94118	348 4,8	89 59,9	116 54,5	0,85510	—
143*	1819 II**	іюнь 27,72197	13 26,2	273 42,0	80 44,6	0,34138	—
144	1819 III	іюль 18,90670	161 30,1	113 10,8	10 42,8	0,77364	0,75519
145*	1819 IV	ноябрь 20,25203	350 4,8	77 13,9	9 1,3	0,89256	0,68675

Комета Галлея (№ 23): 1759 I†* мартъ 12,5583.
Комета Энке (№ 107): 1795 декабрь 21, 44748; 1805 † ноябрь 21,50638; 1819 I январь 27,95958.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго орбиту	№
—	—	1760 январь 7	32	—	Хиндъ.	85
—	—	1762 май 17	49	Клингенбергъ.	Буркхардъ.	86
377,5	7330	1763 сентябрь 28	58	Мессье.	Буркхардъ.	87
—	—	1764 январь 3	39	Мессье.	Пингре.	88
—	—	1766 мартъ 8	8	Мессье.	Пингре.	89
2,934	5,025	1766 апрѣль 1	43	Хельфенцридеръ.	Буркхардъ.	90
163,5	2090	1769 августъ 8	117	Мессье.	Бессель.	91
3,163	5,625	1770 іюнь 14	110	Мессье.	Леверье.	92
—	—	1771 январь 9	12	—	Пингре.	93
—	—	1771 апрѣль 1	108	Мессье.	Крейпъ.	94
3,579	6,771	1772 мартъ 8	26	Монтень.	Губбардъ.	95
—	—	1773 октябрь 12	184	Мессье.	Буркхардъ.	96
—	—	1774 августъ 11	89	Монтень.	Де Саронъ.	97
—	—	1779 январь 6	131	Боде.	фонъ Цахъ.	98
1783	75300	1780 октябрь 26	38	Мессье.	Клюверъ.	99
—	—	1780 октябрь 18	8	Монтень, Ольберсъ.	Ольберсъ.	100
—	—	1781 іюнь 28	17	Мешень.	Мешень.	101
—	—	1781 октябрь 9	78	Мешень.	Мешень.	102
3,259	5,888	1783 ноябрь 19	32	Пиготтъ.	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	103
—	—	1783 декабрь 15	163	(Де-ла Нуксъ).	Мешень.	104
—	—	1785 январь 7	32	Мессье, Мешень.	Мешень.	105
120,7	1325	1785 мартъ 11	36	Мешень.	Крюгеръ.	106
2,208	3,281	1786 январь 17	3	Мешень.	Энке.	107
—	—	1786 августъ 1	87	Каролина Гершель.	Реджіо.	108
—	—	1787 апрѣль 10	107	Мешень.	Де Саронъ.	109
—	—	1788 ноябрь 25	35	Мессье.	Мешень.	110
—	—	1788 декабрь 21	28	Каролина Гершель.	Мешень.	111
—	—	1790 январь 7	14	Каролина Гершель.	Де Саронъ.	112
5,781	13,898	1790 январь 9	23	Мешень.	Тиллеръ.	113
—	—	1790 апрѣль 17	73	Каролина Гершель.	Мешень.	114
—	—	1791 декабрь 15	44	Каролина Гершель.	Мешень.	115
—	—	1793 январь 8	42	Грегори.	Піацци.	116
—	—	1793 сентябрь 27	102	Мессье.	Де Саронъ.	117
56,25	422	1793 сентябрь 24	75	Перри.	Д'Арре.	118
—	—	1796 мартъ 31	15	Ольберсъ.	Ольберсъ.	119
—	—	1797 августъ 14	17	—	Ольберсъ.	120
—	—	1798 апрѣль 12	42	Мессье.	Хиндъ.	121
—	—	1798 декабрь 6	6	Буваръ.	Буркхардъ.	122
—	—	1799 августъ 6	81	Мешень.	Тальквистъ.	123
—	—	1799 декабрь 26	10	Мешень.	Мешень.	124
—	—	1801 іюнь 30(?)	23 (?)	(Рейсигъ ?).	Доберкъ.	125
—	—	1802 августъ 26	38	Понсъ.	Ольберсъ.	126
—	—	1804 мартъ 7	25	Понсъ.	Гаусъ	127
—	—	1806 ноябрь 10	94	Понсъ.	Гензель.	128
143,2	1713	1807 сентябрь 9	200	—	Бессель.	129
—	—	1808 мартъ 25	8	Понсъ.	Энке.	130
—	—	1808 іюнь 24	9	Понсъ.	Бессель.	131
—	—	1810 августъ 22	47	Понсъ.	Трэнт.	132
208	3010	1811 мартъ 25	511	Флаугергесъ.	Герцъ.	133
91,5	875	1811 ноябрь 16	92	Понсъ.	Николаи.	134
17,495	73,2	1812 іюль 20	69	Понсъ.	Шульгофъ, Боссеръ.	135
—	—	1813 февраль 4	35	Понсъ.	Николле.	136
—	—	1813 мартъ 28	50	Понсъ.	Ферреръ.	137
17,615	73,933	1815 мартъ 6	172	Ольберсъ.	Гинцель.	138
—	—	1816 январь 22	10	Понсъ.	Буркхардъ.	139
—	—	1818 февраль 23	4	Понсъ.	Хиндъ.	140
—	—	1817 декабрь 26	126	Понсъ.	Энке.	141
—	—	1818 ноябрь 29	62	Понсъ, Бессель.	Розенбергеръ, Шеркъ.	142
—	—	1819 іюль 1	107	(Траллесъ).	Хиндъ.	143
3,160	5,618	1819 іюль 12	37	Понсъ.	Энке.	144
2,849	4,810	1819 ноябрь 27	58	Блампленъ.	Энке.	145

Комета Біэлы (№ 95): 1806 I† январь 1,92396.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
146*	1821 †	мартъ 21,54305	169° 11,5′	48° 40,9′	106° 26,9′	0,09182	—
147	1822 I	май 5,61250	344 43,1	177 26,9	126 22,6	0,50441	—
148*	1822 III†	іюль 15,8507	237 45	97 45	143 42	0,8472	—
149	1822 IV†	октябрь 23,77627	181 4,4	92 44,7	127 20,8	1,14507	0,99630
150*	1823 *	декабрь 9,45058	28 28,5	303 3,0	103 48,1	0,22650	-
151	1824 I	іюль 11,52532	334 6,3	234 21,1	125 26,6	0,59167	—
152	1824 II	сентябрь 29,06481	85 15,5	279 15,7	54 37,0	1,05014	1.00173
153	1825 I	май 30,57518	107 14,2	20 8,9	123 16,4	0,88940	1,00067
154	1825 II	августъ 18,71754	177 18,3	192 56,2	89 41,8	0,88347	—
155	1825 IV†	декабрь 10,69134	256 56,7	215 43,4	146 27,1	1,24085	0,99543
156	1826 II	апрѣль 21,92451	279 22,9	197 36,6	40 0,4	2,00790	—
157*	1826 III	апрѣль 29,046	4 41	40 29	174 43	0,188	—
158	1826 IV	октябрь 8,95873	13 41,9	44 6,5	25 57,3	0,85281	—
159*	1826 V†	ноябрь 18,41477	279 36,5	235 6,2	90 37,9	0,02689	—
160	1827 I	февраль 4,92808	150 57,6	184 27,8	102 24,4	0,50653	—
161	1827 II	іюнь 7,84766	20 38,8	318 10,5	136 21,3	0,80815	—
162*	1827 III	сентябрь 11,69936	258 42,0	149 39,2	125 55,3	0,13784	0,99927
163	1830 I*	апрѣль 9,30158	5 49,8	206 21,6	21 16,5	0,92140	—
164	1830 II*	декабрь 27,66688	26 53,8	337 53,1	135 14,5	0,12589	—
165	1832 II	сентябрь 25,58003	204 36,2	72 27,5	136 40,1	1,18301	—
166*	1833	сентябрь 10,20693	259 47,4	323 9,4	7 19,6	0,45875	—
167	1834	апрѣль 2,79907	50 9,3	226 33,2	5 59,3	0,51311	—
168	1835 I	мартъ 27,21166	210 23,4	58 20,5	170 52,5	2,04015	—
169	1840 I†	январь 4,47816	72 14,3	119 57,6	53 5,6	0,61843	—
170	1840 II	мартъ 13,08212	156 36,0	236 50,2	120 47,0	1,22079	0,99498
171	1840 III	апрѣль 2,44431	138 2,9	186 2,2	79 52,3	0,74850	-
172	1840 IV	ноябрь 13,67060	133 36,0	248 55,8	57 58,1	1,48121	0,97112
173	1842 II	декабрь 15,96329	240 32,3	207 48,7	106 25,9	0,50440	—
174*	1843 I**	февраль 27,41748	82 38,0	1 19,9	144 20,1	0,00553	0,99991
175	1843 II	май 6,06242	124 14,8	157 14,9	52 44,8	1,61634	1.00018
176	1843 III	октябрь 17,13671	200 3,9	209 29,4	11 22,5	1,69223	0,55583
177*	1844 I†	сентябрь 2,48458	278 41,2	63 49,6	2 54,8	1,18632	0,61737
178	1844 II†	октябрь 17,35041	211 15,1	31 39,1	131 24,0	0,85539	0,99961
179*	1844 III**	декабрь 13,63127	177 42,9	118 19,4	45 38,8	0,25172	1,00035
180	1845 I	январь 8,16327	114 35,2	336 44,5	46 50,7	0,90521	—
181	1845 II†	апрѣль 21,03748	205 26,6	347 6,8	56 23,6	1,25468	
182*	1845 III*	іюнь 5,67992	75 46,0	337 48,9	131 18,0	0,40163	0,98987
183	1846 I	январь 22,10037	337 57,9	111 8,4	47 26,1	1,48070	0,99240
184	1846 III	февраль 25,375	13 46,6	102 41,7	30 55,3	0,65013	0,79307
185	1846 IV	мартъ 5,55237	12 53,5	77 33,3	85 6,5	0.66380	0,96291
186	1846 V	май 27,90234	78 44,8	161 18,7	122 23,8	1,37599	—
187*	1846 VI	іюнь 1,14095	339 37,7	260 23,9	30 40,2	1,52928	0,72860
188*	1846 VII†	іюнь 5,48571	99 47,2	261 52,9	150 41,2	0,63370	0,98994
189*	1846 VIII	октябрь 29,78372	93 58,3	4 41,4	49 42,0	0,83067	—
190*	1847 I†	мартъ 30,29086	254 20,6	21 41,8	48 38,8	0,04259	0,99991
191	1847 II	іюнь 4,69903	32 20,6	173 57,1	100 26,2	2,11521	—
192*	1847 III	августъ 9,34434	91 31,8	338 17,0	96 33,8	1,76606	0,99859
193	1847 IV	августъ 9,35158	55 26,1	76 43,0	147 21,2	1,48483	-
194	1847 V	сентябрь 5,54922	129 23,3	309 48,8	19 8,4	0,48786	0,97256
195*	1847 VI†	ноябрь 14,40637	276 36,9	190 49,9	108 9,1	0,32903	1,00C17
196	1848 I	сентябрь 8,05177	260 57,6	211 31,7	95 36,6	0,31995	—
197	1849 I†	январь 19,35431	208 1,4	215 12,9	85 2,9	0,95973	—
198	1849 II	май 26,49906	33 10,3	202 32,8	67 9,9	1,15940	1,00071
199	1849 III	іюнь 8,21014	236 34,1	30 32,0	66 55,3	0,89439	0,99783
200	1850 I†	іюль 23,53445	180 31,6	92 53,5	68 11,4	1,08145	0,99885
201*	1850 II	октябрь 19,34390	243 13,2	206 0,0	40 4,8	0,56558	—
202	1851 II	іюль 8,68045	174 31,0	148 23,3	13 55,2	1,17330	0,65928
203	1851 III	августъ 26,24113	87 18,3	223 40,6	38 9,0	0,98430	0,99686
204	1851 IV	сентябрь 30,80309	294 25,0	44 21,5	73 58,6	0,14194	—
205*	1852 II	апрѣль 19,59380	37 13,3	317 12,9	131 6,5	0,90541	—
206	1852 IV†	октябрь 12,75724	57 3,7	346 10,0	40 55,0	1,24996	0,91903

Комета Энке (№ 107) 1822 II† май 23,96994; 1825 III сентябрь 16,28190; 1829 январь 9,74981; 1832 I май 3,99229; 1835 II августъ 26.36831; 1838 † декабрь 19,09616; 1842 I апрѣль 12,02583; 1845 IV августъ 9,60750; 1848 II ноябрь 26,08795, 1852 I мартъ 114,71443.

Комета Галлея (№ 23): 1835 III†* ноябрь 15,94539.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго орбиту	№
—	—	1821 январь 21	102	Николле, Понсъ.	Розенбергеръ.	146
—	—	1822 май 12	41	Гамбаръ.	Николле.	147
—	—	1822 май 30	25	Понсъ.	Хиндъ.	148
309,7	5450	1822 іюль 13	121	Понсъ.	Энке.	149
—	—	1823 декабрь 29	92	(Понсъ).	Энке.	150
—	—	1824 іюль 15	27	Рюмкеръ.	Доберкъ.	151
—	—	1824 іюль 23	155	Шейтхауеръ.	Энке.	152
—	—	1825 май 18	58	Гамбаръ, Рюмкеръ.	Мартинъ.	153
—	—	1825 августъ 9	18	Понсъ.	Клаузенъ.	154
271,4	4470	1825 іюль 15	358	Понсъ, Біэла.	Губбардъ.	155
—	—	1825 ноябрь 7	155	Понсъ.	Николаи.	156
—	—	1826 мартъ 29	8	Флаугергесъ.	Клюверъ.	157
—	—	1826 августъ 7	127	Понсъ.	Аргеландеръ.	158
—	—	1826 октябрь 22	75	Понсъ.	Гамбаръ.	159
—	—	1826 декабрь 26	31	Понсъ.	ф. Хейлигенштейнъ.	160
—	—	1827 іюнь 20	31	Понсъ, Гамбаръ.	ф. Хейлигенштейнъ.	161
189,6	2610	1827 августъ 2	75	Понсъ.	Клюверъ.	162
—	—	1830 мартъ 16	153	(Д'Аббади).	Шульце.	163
—	—	1831 январь 7	60	(Герапатъ).	Вольферсъ.	164
—	—	1832 іюль 19	39	Гамбаръ.	Шульце.	165
—	—	1833 октябрь 1	15	Дунлопъ.	Гартвигъ.	166
—	—	1834 мартъ 7	38	Гамбаръ.	Шульгофъ.	167
—	—	1835 апрѣль 20	37	Богуславскій.	Рехенбергъ.	168
—	—	1839 декабрь 2	69	Галле.	Рехенбергъ.	169
243	3790	1840 январь 25	67	Галле.	Ковальчикъ.	170
—	—	1840 мартъ 6	21	Галле.	Ковальчикъ.	171
51,4	368	1840 октябрь 26	113	Бремикеръ.	Шульцъ-Штейнгейль.	172
—	—	1842 октябрь 28	30	Ложье.	Шварцшильдъ.	173
64,0	512	1843 февраль 27	51	(Рей).	Крейцъ.	174
—	—	1843 май 3	151	Мовэ *.	Гетце.	175
3,810	7,436	1843 ноябрь 22	140	Фай.	Мёллеръ.	176
3,100	5,439	1844 августъ 22	131	Де Вико.	Брюнновъ.	177
2184	102000	1844 іюль 7	246	Мовэ *.	Плантамуръ.	178
—	—	1844 декабрь 18	84	—	Бондъ.	179
—	—	1844 декабрь 28	92	Д'Арре.	Доберкъ.	180
—	—	1845 февраль 25	65	Де Вико.	Фай.	181
39,66	249,8	1845 іюнь 2	29	(Колла).	Д'Арре.	182
194,9	2721	1846 январь 24	97	Де Вико.	Гелинекъ.	183
3,142	5,569	1846 февраль 26	55	Брорзенъ.	Брунсъ.	184
17,90	75,71	1846 февраль 20	88	Де Вико.	ф. Геппергеръ.	185
—	—	1846 іюль 29	59	Де Вико, Хиндъ.	Фогель.	186
5,635	13,38	1846 іюнь 26	25	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	Берберихъ.	187
63,0	500	1846 апрѣль 30	47	Брорзенъ.	Аудемансъ.	188
—	—	1846 сентябрь 23	32	Де Вико.	Р. Оппенгеймъ.	189
471	10200	1847 февраль 6	77	Хиндъ.	Хорнштейнъ.	190
—	—	1847 май 7	237	Колла.	Энгштрёмъ.	191
1250	44200	1847 іюль 4	292	Мовэ.	К. Готье.	192
—	—	1847 августъ 30	91	Швейцеръ.	Шуръ.	193
17,8	75	1847 іюль 20	54	Брорзенъ.	Д'Арре.	194
—	—	1847 октябрь 1	80	Мисъ Митчель.	Мисъ М. Пальмеръ.	195
—	—	1848 августъ 7	19	Петерсенъ.	Бидшофъ.	196
—	—	1848 октябрь 26	92	Петерсенъ.	Петерсенъ, Зонтагъ.	197
—	—	1849 апрѣль 15	160	Гужонъ.	Вейеръ.	198
412	8375	1849 апрѣль 11	137	Швейцеръ, Бондъ.	Д'Арре.	199
940	28800	1850 май 1	168	Петерсенъ.	Каррингтонъ.	200
—	—	1850 августъ 29	76	Бондъ.	Рехенбергъ.	201
3,444	6390	1851 іюнь 27	101	Д'Арре.	Лево.	202
313	5550	1851 августъ 1	60	Брорзенъ.	Брорзенъ.	203
—	—	1851 октябрь 22	30	Брорзенъ.	Андріесъ.	204
—	—	1852 май 15	28	Шакорнакъ.	ф. Астенъ.	205
15,338	60,66	1852 іюль 24	200	Вестфаль.	Вестфаль.	206

Комета Фая (№ 176): 1851 I апрѣль 1,94318.
Комета Біэлы (№ 95): 1826 мартъ 18,45311; 1832 III ноябрь 26,12337; 1846 II† февраль 11; 1852 III сентябрь 24.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
207	1853 I	февраль 24,01115	275°50,7′	69°34,1′	159°44,9′	1,09213	—
208*	1853 II†	май 9,83277	199 13,0	40 57,6	122 10,9	0,90869	0,98930
209*	1853 III†*	сентябрь 1,71319	170 25,8	140 31,2	61 31,0	0,30684	1,00026
210	1853 IV†	октябрь 16,61186	277 51,0	220 5,9	119 0,3	0,17268	1,00123
211	1854 I	январь 3,94163	170 56,2	227 2,8	113 53,2	2,04465	—
212*	1854 II*	мартъ 24,01972	101 38,3	315 27,5	97 28,3	0,27706	—
213	1854 III†	іюнь 22,00356	74 34,3	347 39,7	108 41,0	0,64811	—
214*	1854 IV	октябрь 27,51557	129 55,8	324 28,5	40 54,6	0,79870	0,99332
215	1854 V	декабрь 15,72473	287 1,7	238 7,6	14 9,3	1,35748	0,98637
216	1855 I	февраль 5,05384	323 6,0	189 43,6	128 35,7	2,19353	0,96518
217	1855 II	май 30,15396	22 36,5	260 18,9	156 53,2	0,56676	—
218	1855 IV†	ноябрь 25,39914	325 31,7	51 33,6	169 48,8	1,23099	—
219	1857 I	мартъ 21,37557	121 34,7	313 9,3	87 56,0	0,77249	—
220	1857 III	іюль 17,98076	134 3,3	23 41,5	121 1,0	0,36753	—
221	1857 IV	августъ 24,00300	185 57,6	200 49,3	32 46,4	0,74684	0,98037
222	1857 V†	сентябрь 30,88641	124 50,2	14 57,8	123 56,7	0,56290	0,99691
223	1857 VI	ноябрь 19,07778	95 5,4	139 18,7	142 11,1	1,00900	0,99699
224	1858 III	май 2,97368	25 42,3	175 4,1	19 30,0	1,14922	0,67368
225	1858 IV	іюнь 5,30209	98 52,1	324 58,1	99 57,3	0,54426	—
226*	1858 VI†*	сентябрь 29,97097	129 6,7	165 19,2	116 58,2	0,57847	0,99629
227	1858 VII †	октябрь 12,83988	155 34,0	159 46,5	158 42,9	1,42669	0,99568
228	1859	май 29,23263	282 0,2	357 20,7	95 28,3	0,20103	—
229*	1860 IA	февраль 16,63141	209 46,1	324 3,7	79 40,0	1,19888	—
	1860 IB	февраль 16,67621	209 41,8	324 3,3	79 36,2	1,19818	—
230	1860 II	мартъ 5,57201	41 12,6	8 52,5	48 13,1	1,30661	—
231	1860 III*	іюнь 16,06750	76 51,9	84 40,5	79 19,4	0,29289	—
232*	1860 IV	сентябрь 22,318	311 57	44 51	32 12	0,683	—
233*	1861 I†	іюнь 3,39341	213 26,3	29 55,7	79 45,5	0,92070	0,98346
234*	1861 II†*	іюнь 11,51323	330 6,1	278 58,9	85 26,3	0,82238	0,98508
235	1861 III	декабрь 7,18092	331 35,1	145 6,0	138 1,1	0,83903	—
236	1862 II†	іюнь 22,03609	27 13,6	326 34,1	172 5,6	0,98134	—
237*	1862 III†	августъ 22,91537	152 45,5	137 27,2	113 34,1	0,96264	0,96035
238	1862 IV	декабрь 28,18060	230 34,5	355 46,0	137 31,4	0,80324	—
239	1863 I	февраль 3,49669	74 27,1	116 55,6	85 21,9	0,79476	—
240	1863 II†	апрѣль 4,91081	4 0,0	251 15,6	112 37,8	1,06809	—
241*	1863 III†	апрѣль 20,87116	55 36,6	250 10,1	85 30,0	0,62878	0,99908
242	1863 IV†	ноябрь 9,48589	357 12,8	97 28,6	78 4,8	0,70659	0,99898
243	1863 V‡	декабрь 27,76915	115 41,0	304 43,4	64 28,7	0,77149	—
244	1863 VI	декабрь 29,17306	78 5,9	105 1,4	83 19,3	1,31312	1,00065
245	1864 I	іюль 27,81825	346 5,7	174 58,9	135 0,0	0,62610	—
246	1864 II†	августъ 15,58310	151 2,8	95 14,5	178 7,8	0,90929	0,99635
247	1864 III	октябрь 11,41150	232 27,4	31 45,4	109 42,0	0,93120	—
248	1864 IV	декабрь 22,45755	118 27,8	203 13,2	48 52,7	0,77073	—
249*	1864 V	декабрь 27,72616	178 30,8	340 54,4	162 52,6	1,11464	—
250*	1865 I**	январь 14,33180	111 44,1	252 56,5	92 29,9	0,02584	—
251*	1866 I	январь 11,14037	170 58,0	231 26,0	162 41,9	0,97652	0,90542
252	1867 I	январь 20,21367	357 31,3	78 27,6	18 12,6	1,57723	0,86535
253*	1867 II	май 23,92690	134 59,4	101 10,2	6 24,6	1,56356	0,50971
254	1867 III	ноябрь 6,96729	148 37,5	64 59,0	96 34,1	0,33036	—
255	1868 II †	іюнь 26,48275	126 37,4	52 15,4	131 33,0	0,57858	—
256	1869 II	октябрь 9,85614	188 12,4	311 30,2	111 40,4	1,23073	—
257	1869 III	ноябрь 18,81503	106 12,7	296 46,0	5 23,9	1,06314	0,65809
258	1870 I	іюль 14,08868	198 13,0	141 44,8	121 47,9	1,00869	—
259	1870 II	сентябрь 2,20321	354 57,0	12 56,4	99 20,8	1,81672	—
260	1870 VI	декабрь 19,88258	90 35,8	94 44,7	147 16,4	0,38926	—

Комета Фая (№ 176): 1858 V сентябрь 12,87919; 1866 II февраль 13,97996.
Комета Брорзена (№ 184): 1857 II мартъ 29,2522; 1868 I апрѣль 17,42886.
Комета Д'Арре (№ 202): 1857 VII ноябрь 28,19438; 1870 III сентябрь 22,68595.
Комета Виннеке (№ 144): 1858 II май 2,04563; 1869 I іюнь 29,94976.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго орбиту	№
—	—	1853 мартъ 6	39	Секки.	Горнштейнъ.	207
84,9	782	1853 апрѣль 4	68	Швейцеръ.	Г. Рюмкеръ.	208
—	—	1853 іюнь 10	213	Клинкерфусъ.	Краль.	209
—		1853 сентябрь 11	91	Брунсъ.	Д'Арре.	210
—	—	1853 ноябрь 25	96	ванъ-Арсдалс.	Рцепеки.	211
—	—	1854 мартъ 23	36	(Менсіо).	Х. Оппенгеймъ.	212
—	—	1854 іюнь 4	56	Клинкерфусъ.	Виннеке, Папе.	213
119,6	13,09	1854 сентябрь 11	110	Клинкерфусъ.	Лессеръ.	214
99,6	994	1855 январь 14	98	Виннеке, Динъ.	Элькинъ.	215
63	520	1855 апрѣль 11	55	Швейцеръ.	Тиле.	216
—	—	1855 іюнь 3	27	Донати.	Шульце.	217
—	—	1855 ноябрь 12	52	Брунсъ.	Шульце.	218
—	—	1857 февраль 22	69	Д'Арре.	Лёви.	219
—	—	1857 іюнь 22	27	Клинкерфусъ.	Кёнигъ.	220
38,05	234,7	1857 іюль 27	88	Ц. Х. Ф. Петерсъ.	Мёллеръ.	221
182	2463	1857 августъ 20	44	Клинкерфусъ.	Линсеръ.	222
335	6143	1857 ноябрь 10	39	Донати, ванъ-Арсдале.	Ауверсъ.	223
3,522	6,61	1858 май 2	30	Тутль.	Шульгофъ.	224
—	—	1858 май 21	55 (?)	Брунсъ.	Ауверсъ.	225
156,1	1950	1858 іюнь 2	275	Донати.	Хилль.	226
330	6000	1858 сентябрь 5	66	Тутль.	Вейсъ.	227
—	—	1859 апрѣль 2	89	Темпель.	Херцшпрунгъ.	228
—	—	1860 февраль 26	16	Ліэ.	Пекюле.	229
—	—	1860 февраль 26	12	Ліэ.	Пекюле.	
—	—	1860 апрѣль 17	55	Г. Рюмкеръ.	Гюльденъ.	230
—	—	1860 іюнь 18	122	—	Ауверсъ.	231
—	—	1860 октябрь 23	2	Темпель.	Ковальчикъ.	232
55,7	415	1861 апрѣль 4	155	Татхеръ.	ф. Оппольцеръ.	233
55,11	409,4	1861 май 13	353	Теббутъ.	Крейцъ.	234
—	—	1861 декабрь 28	36	Тутль.	Нётеръ.	235
—	—	1862 іюль 2	28	Шмидтъ, Темпель.	Черулли.	236
24,28	119,6	1862 іюль 15	104	(Свифтъ), Тутль.	Хайнъ.	237
—	—	1862 ноябрь 27	85	Респиги.	Краль.	238
—	—	1862 ноябрь 30	104	Брунсъ.	Энгельманъ.	239
—	—	1863 апрѣль 11	218	Клинкерфусъ.	Фришауфъ.	240
680	17700	1863 апрѣль 12	50	Респиги.	Эриксонъ.	241
696	18400	1863 ноябрь 4	97	Темпель.	Сведструпъ.	242
—	—	1863 декабрь 28	64	Респиги.	Валентинеръ.	243
—	—	1863 октябрь 9	187	Бекеръ.	Розенъ.	244
	—	1864 сентябрь 9	31	Донати.	Ковальчикъ.	245
249	3930	1864 іюль 4	92	Темпель.	Ковальчикъ.	246
—	—	1864 іюль 23	216	Донати, Тусень.	ф. Астенъ.	247
—	—	1864 декабрь 15	72	Бекеръ.	Ковальчикъ.	248
—	—	1864 декабрь 30	30	Брунсъ.	Валентинеръ.	249
—	—	1865 январь 17	105	(Аботтъ).	Кёрберъ.	250
10,325	33,18	1865 декабрь 19	52	Темпель.	ф. Оппольцеръ.	251
11,72	40,1	1867 январь 22	72	Стефанъ.	Л. Бекеръ.	252
3,189	5,625	1867 апрѣль 3	140	Темпель.	Р. Готье.	253
—	—	1867 сентябрь 16	35	Бекеръ, Виннеке.	Брохъ.	254
—	—	1868 іюнь 13	34	Виннеке.	Карлинскій.	255
—	—	1869 октябрь 11	32	Темпель.	Доберкъ.	256
3,110	5,483	1869 ноябрь 27	34	Темпель.	Боссертъ.	257
—	—	1870 май 29	41	Темпель, Виннеке.	Зейдлеръ.	258
—	—	1870 августъ 28	117	Коджіа.	Герстъ.	259
—	—	1870 ноябрь 23	7	Виннеке.	Шульгофъ.	260

Комета Энке (№ 107): 1855 III іюль 1,04121; 1858 VIII октябрь 18,37209; 1862 I† февраль 6,25426; 1865 II май 27,93101; 1868 III сентябрь 14,62045.

Комета Тутля (№ 113): 1858 I февраль 23,52586.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
261	1871 I†	іюнь 10,60635	222 31,4	279 18,6	87°35,9′	0,65430	0,99781
262*	1871 II	іюль 27,04094	96 20,0	211 54,2	101 59,5	1,08336	—
263	1871 IV	декабрь 20,38754	242 53,3	147 6,2	98 19,5	0,69131	0,99643
264	1873 II	іюнь 25,21431	185 9,2	120 56,7	12 45,4	1,34412	0,55260
265	1873 IV	сентябрь 10,79020	193 47,2	230 35,4	95 58,5	0,79406	0,99647
266	1873 V†	октябрь 1,76950	233 45,1	176 43,2	121 29,0	0,38486	—
267*	1873 VII	декабрь 1,22546	195 23,4	250 19,8	30 1,5	0,73448	—
268	1874 I	мартъ 9,94113	269 29,9	30 18,0	58 52,8	0,04457	—
269	1874 II	мартъ 13,94210	331 44,7	274 6,9	148 24,5	0,88575	—
270*	1874 III†*	іюль 8,86482	152 21,9	118 44,5	66 21,2	0,67578	0,99882
271	1874 IV	іюль 17,70598	149 36,2	215 51,1	34 8,3	1,68798	0,96283
272*	1874 V	августъ 26,85007	92 38,2	251 30,1	41 49,8	0,98265	0,99883
273	1874 VI	октябрь 18,94934	16 17,1	281 57,6	99 12,9	0,50823	—
274*	1877 I†	январь 19,18514	347 10,2	187 15,0	152 54,6	0,80744	
275*	1877 II†	апрѣль 17,66268	63 7,9	316 37,3	121 8,5	0,94998	0,99870
276	1877 III	апрѣль 26,81233	116 46,5	346 4,8	77 10,5	1,00905	0,99772
277*	1877 V	іюнь 27,07676	103 14,8	184 16,9	115 44,5	1,07045	—
278	1877 VI	сентябрь 11,22471	143 13,3	250 59,8	102 13,9	1,57590	—
279	1878 I	іюль 20,09724	177 34,5	102 15,8	78 10,9	1,39197	—
280*	1879 II	апрѣль 27,42900	3 44,4	45 45,7	107 2,1	0,89655	—
281	1879 IV	августъ 29,28524	84 15,2	32 25,6	107 45,0	0,99148	—
282	1879 V	октябрь 4,63149	115 26,4	87 11,0	77 7,9	0,98961	—
283*	1880 I**	январь 27,62502	86 18,1	6 10,5	144 39,7	0,00549	—
284	1880 II	іюль 1,74612	145 11,9	257 15,1	123 3,7	1,81508	—
285	1880 III†	сентябрь 6,94156	323 6,5	45 18,9	141 54,1	0,35463	—
286*	1880 V	ноябрь 9,42137	11 41,4	249 22,5	60 42,2	0,65959	—
287	1881 II	май 20,44307	173 47,6	126 24,2	77 58,3	0,59111	—
288	1881 III**	іюнь 16,44847	354 15,3	270 57,7	63 25,9	0,73449	0,99643
289	1881 IV†	августъ 22,31248	122 7,3	97 2,6	140 13,9	0,63354	—
290	1881 V	сентябрь 13,3192	312 30,9	65 56,9	6 51,1	0,72527	0,82838
291	1881 VI	сентябрь 14,37183	6 18,2	274 9,9	112 48,8	0,44920	—
292	1881 VIII	ноябрь 19,77791	118 0,6	181 25,3	144 50,3	1,92290	0,97333
293*	1882 I†	іюнь 10,53612	208 59,6	204 56,5	73 48,7	0,06076	—
294*	1882 II†**	сентябрь 17,23053	69 35,4	346 0,7	141 59,8	0,00775	0,99991
295	1882 III	ноябрь 12,99363	254 18,8	249 7,2	96 9,0	0,95549	0,99923
296	1883 I	февраль 18,95873	110 56,5	278 6,0	78 5,6	0,76018	—
297*	1883 II*	декабрь 25,3092	138 39,0	264 25,2	114 59,1	0,3097	—
298	1884 II	августъ 16,48583	301 2,0	5 9,0	5 27,6	1,27976	0,58421
299	1884 III	ноябрь 17,79370	172 42,5	206 18,5	25 15,7	1,57198	0,56092
300*	1885 II	августъ 5,54394	178 27,0	92 17,2	80 39,4	2,50778	1,00285
301	1885 III	августъ 10,44430	43 25,9	204 29,1	59 20,3	0,75447	—
302	1885 V	ноябрь 25,51151	35 36,8	262 12,2	42 26,6	1,07955	—
303*	1886 I†	апрѣль 5,9585	126 34,8	36 22,2	82 37,1	0,64236	1,00048
304*	1886 II†	май 3,29332	119 36,5	68 19,2	84 26,1	0,47927	1,00023
305	1886 III	май 4,45145	38 33,6	287 45,6	100 12,1	0,84196	—
306*	1886 IV	іюнь 6,69108	176 47,9	53 29,0	12 43,4	1,32772	0,57874
307	1886 V	іюнь 7,39549	201 13,4	192 42,1	87 44,4	0,27040	—
308	1886 VII	ноябрь 22,39464	315 5,6	52 28,9	3 1,7	0,99755	0,71787
309	1886 VIII	ноябрь 28,38161	31 53,3	258 12,0	85 35,3	1,48006	—
310*	1886 IX†	декабрь 16,50319	86 20,3	137 22,6	101 37,6	0,66332	1,00038
311*	1887 I**	январь 11,34421	65 22	339 38	137 37	0,00548	—
312	1887 II	мартъ 17,37426	159 25,3	279 55,9	104 16,3	1,63005	0,98461
313	1887 III	мартъ 28,44239	36 32,4	135 27,2	139 47,3	1,00646	—
314	1887 IV	іюнь 16,66988	15 8,1	245 13,4	17 33,2	1,39382	0,99609
315	1888 I*	мартъ 17,00832	359 55,5	245 22,9	42 15,2	0,69878	0,99585
316	1888 III	іюль 31,10166	59 8,7	101 30,2	74 12,4	0,90168	0,99788
317	1888 V	сентябрь 12,7776	290 47,0	137 31,8	56 20,9	1,52755	0,99111
318*	1889 I†	январь 31,17837	340 27,7	327 25,2	166 22,2	1,81490	1,00109
319	1889 II	іюнь 10,77598	236 4,8	310 42,2	163 50,4	2,25532	—

Комета Темпеля (№ 253): 1873 I май 9,80024; 1879 III май 7,12421.
Комета Темпеля (№ 264): 1878 III сентябрь 7,26730.
Комета Фая (№ 176): 1873 III іюль 18,49315; 1881 I январь 22,67174; 1888 IV августъ 19,94.
Комета Темпеля-Свифта (№ 257): 1880 IV ноябрь 8,00260.
Комета Энке (№ 107): 1871 V† декабрь 28,81359; 1875 II апрѣль 12,99118; 1878 II іюль 26,17398; 1881 VII ноябрь 15,30270; 1885 I мартъ 7,64113; 1888 II іюнь 27,99670.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго орбиту	№
300	5200	1871 апрѣль 7	120	Виннеке.	Голечекъ.	261
—		1871 іюнь 14	98	Темпель.	Крамеръ.	262
193,5	2690	1871 ноябрь 3	109	Темпель.	Линдгагенъ.	263
3,004	5,207	1873 іюль 3	109	Темпель.	Шульгофъ.	264
225	3380	1873 августъ 30	31	Борелли.	Р. Готье.	265
—	—	1873 августъ 23	116	Поль Анри.	Вейсъ.	266
—	—	1873 ноябрь 10	6	Коджіа.	Вейсъ.	267
—	—	1874 февраль 20	5	Виннеке.	Витштейнъ.	268
—	—	1874 апрѣль 11	67	Виннеке.	Венцель.	269
573	13700	1874 апрѣль 17	184	Коджіа.	ф. Геппергеръ.	270
45,4	306	1874 августъ 19	87	Коджіа.	Голечекъ.	271
840	24400	1874 іюль 25	87	Борелли.	Грусъ.	272
—	—	1874 декабрь 6	32	Борелли.	Голечекъ.	273
—	—	1877 февраль 8	54	Борелли.	Трэнъ.	274
731	19800	1877 апрѣль 5	99	Виннеке.	Платъ.	275
486	10718	1877 апрѣль 11	54	Свифтъ, Блокъ.	Пёнишъ.	276
—	—	1877 октябрь 2	24	Темпель.	Грусъ.	277
—	—	1877 сентябрь 13	88	Коджіа.	Ларсе́нъ.	278
—	—	1878 іюль 7	16	Свифтъ.	Бютнеръ.	279
—	—	1879 іюнь 16	68	Свифтъ.	Кремзеръ.	280
—	—	1879 августъ 24	25	Гартвигъ.	Милозевичъ.	281
—	—	1879 августъ 21	62	А. Пализа.	Лавесъ.	282
	—	1880 февраль 4	15	—	Крейцъ.	283
—	—	1880 апрѣль 6	188	Шеберле.	И. Майеръ.	284
—	—	1880 сентябрь 29	62	Гартвигъ.	Моліенъ.	285
—	—	1880 декабрь 16	105	Пеноюле.	Бигурданъ.	286
—	—	1881 апрѣль 30	12	Свифтъ.	Грусъ.	287
206	2954	1881 май 22	268	Теббутъ.	Боссертъ.	288
—	—	1881 іюль 14	99	Шеберле.	Штехертъ.	289
4,226	8,687	1881 октябрь 4	51	Деннингъ.	Матиссенъ.	290
—	—	1881 сентябрь 17	40	Барнардъ.	Милозевичъ.	291
72,1	612	1881 ноябрь 16	57	Свифтъ.	Ольсонъ.	292
—	—	1882 мартъ 17	152	Уэльсъ.	ф. Реберъ-Пашвичъ.	293
84,2	772	1882 сентябрь 1	273	—	Крейцъ.	294
1239	43600	1882 сентябрь 13	86	Барнардъ.	Волынцевичъ.	295
—	—	1883 февраль 23	60	Бруксъ, Свифтъ.	Бріантъ.	296
—	—	1884 январь 7	43	Росъ.	Г. Оппенгеймъ.	297
3,078	5,400	1884 іюль 16	127	Барнардъ.	Берберихъ.	298
3,580	6,774	1884 сентябрь 17	201	Вольфъ.	Трэнъ.	299
—	—	1885 іюль 7	48	Барнардъ.	Берберихъ.	300
—	—	1885 августъ 31	36	Бруксъ.	Голленмюллеръ.	301
—	—	1885 декабрь 26	65	Бруксъ.	Конъ.	302
—	—	1885 декабрь 1	241	Фабри.	Моррисонъ.	303
—	—	1885 декабрь 3	235	Барнардъ.	Трэнъ.	304
—	—	1886 апрѣль 30	35	Бруксъ.	Чеморіа.	305
3,152	5,595	1886 май 22	42	Бруксъ.	С. Оппенгеймъ.	306
—	—	1886 апрѣль 27	94	Бруксъ.	Крюгеръ.	307
3,536	6,648	1886 сентябрь 26	190	Финлей.	Шульгофъ.	308
—	—	1887 январь 23	119	Барнардъ.	Эгбертъ.	309
—	—	1886 октябрь 4	255	Барнардъ.	Бушбаумъ.	310
—	—	1887 январь 18	11	—	Г. Оппенгеймъ.	311
106	1090	1887 январь 22	91	Бруксъ.	Штехертъ.	312
—	—	1887 февраль 16	53	Барнардъ.	Генриціусъ.	313
356	6725	1887 май 12	91	Барнардъ.	Мюллеръ.	314
168,2	2182	1888 февраль 18	202	Саверталь.	Теннантъ.	315
425	8760	1888 августъ 7	84	Бруксъ.	Теннантъ.	316
172	2250	1888 октябрь 30	204	Барнардъ.	Серль.	317
—	—	1888 сентябрь 2	735	Барнардъ.	Берберихъ.	318
—	—	1889 мартъ 31	511	Барнардъ.	Милозевичъ.	319

Комета Тутля (№ 113): 1871 III декабрь 1,80221; 1885 IV сентябрь 11,14915.
Комета Виннеке (№ 144): 1875 I май 12,10695; 1886 VI сентябрь 4,39181.
Комета Ольберса (№ 138): 1887 V октябрь 8,48531.
Комета Брорзена (№ 184): 1873 VI октябрь 10.48509; 1879 I мартъ 30,54133.
Комета д'Арре (№ 202): 1877 IV май 10,48640.
Комета Понса-Брукса (№ 131): 1884 I январь 25,72388.

№	Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ
320	1889 III	іюнь 20,75088	60° 8,1′	270°58,1′	31°12,8′	1,10240	0,95666
321	1889 IV*	іюль 19,28009	345 52,0	286 9,8	65 58,7	1,03966	0,99650
322*	1889 V	сентябрь 30,33971	343 35,9	17 59,1	6 4,1	1,94984	0,47078
323	1889 VI	ноябрь 29,54151	69 39,0	330 36,0	10 14,9	1,35368	0,67585
324	1890 I	январь 26,48660	199 54,6	8 23,4	56 44,0	0,26974	
325*	1890 II	іюнь 1,53952	68 56,1	320 20,7	120 33,4	1,09759	1,00041
326	1890 III	іюль 8,54656	85 39,6	14 18,4	63 20,1	0,76413	
327	1890 IV	августъ 7,1621	331 21,8	85 22,7	154 19,0	2,04813	
328	1890 VI	сентябрь 24,51453	163 2,3	100 7,2	98 56,5	1,26023	0,99915
329*	1890 VII	октябрь 26,57051	13 20,1	45 5,9	12 50,7	1,81792	0,47144
330	1891 I	апрѣль 27,52749	178 45,4	193 56,1	120 31,5	0,39790	—
331	1891 IV	ноябрь 12,9120	268 33,0	217 39,0	77 42,6	0,97687	—
332	1892 I†	апрѣль 6,67194	24 32,0	240 55,5	38 42,8	1,02699	—
333	1892 II	май 11,18970	129 18,6	253 25,7	89 42,1	1,97069	
334*	1892 III†	іюнь 13,34783	14 16,8	331 39,2	20 47,2	2,14057	0,40937
335*	1892 V	декабрь 10,68260	170 0,5	206 31,0	31 16,3	1,43208	0,58972
336	1892 VI	декабрь 28,1044	252 42,6	264 29,5	24 47,8	0,97571	
337*	1893 I	январь 6,50236	85 13,3	185 38,5	143 51,8	1,19511	
338*	1893 II †	іюль 7,27795	47 7,8	337 21,0	159 58,0	0,67455	0,99946

Комета Д'Арре (№ 202): 1890 V сентябрь 17,49316.
Комета Вольфа (№ 299): 1891 II сентябрь 3,43865.
Комета Энке (№ 107): 1891 III октябрь 17,98599.

Примѣчанія къ списку кометъ.

1. 372 г. до Р. Хр. Годъ появленія кометы, которая, по Эфорусу, раздѣлилась на 2 части, окончательно не установленъ. О ея сходствѣ съ большой мартовской кометой 1843 г. (№ 174) смотри часть II, § 158.

2 и 3. 137 и 69 г. до Р. Хр. Эти орбиты не заслуживаютъ довѣрія, такъ какъ вычислены изъ небольшого числа китайскихъ наблюденій. Элементы относятся къ равноденствію 1850,0.

4. 12 г. до Р. Хр. Полученные Ширсомъ элементы, сильно уклоняющіеся отъ указанныхъ въ таблицѣ, по Хинду, не представляютъ надлежащимъ образомъ имѣющихся на лицо наблюденій. Хиндъ считаетъ комету за первое достовѣрное явленіе кометы Галлея (№ 23); кромѣ того, онъ полагаетъ, что обѣ слѣдующія кометы (№№ 5 и 6) сходны съ ней. Подробности объ этомъ см. дальше въ спискѣ періодическихъ кометъ.

8. 593 г. по Р. Хр. Орбита опредѣлена по китайскимъ наблюденіямъ, которыя вовсе не даютъ широтъ; поэтому долгота восходящаго узла можетъ быть увеличена на 180°, причемъ разстояніе перигелія отъ узла въ этомъ случаѣ будетъ 75° 3′.

14. 989 г. по Р. Хр. По Хинду, эта комета представляетъ появленіе кометы Галлея. Смотри списокъ періодическихъ кометъ.

15. 1066 г. Эту комету Хиндъ опять принимаетъ за комету Галлея. См. списокъ періодическихъ кометъ.

19. 1264 г. Очень яркая комета. Подозрѣваемое ея сходство съ кометой 1556 г. (№ 38), по изысканіямъ Хёка, оказалось очень маловѣроятнымъ.

20. 1301 г. Орбита Ложье вычислена изъ совокупности европейскихъ и китайскихъ наблюденій, изъ которыхъ первыя Хиндъ считаетъ незаслуживающими довѣрія, тогда какъ вторыя хорошо могутъ быть представлены элементами кометы Галлея, если принять, что ея прохожденіе черезъ перигелій имѣло мѣсто окт. 22,7.

22. 1366 г. Элементы весьма сходны съ элементами кометы 1866 I (№ 251), которая находится въ связи съ метеорнымъ потокомъ Леонидовъ (часть II, § 170 и § 172), и дѣйствительно элементами этой послѣдней весьма хорошо представляются наблюденія 1366 года.

Большая полуось	Время оборота въ годахъ	День открытія	Продолжительность видимости въ дняхъ	Имя открывшаго комету	Имя вычислившаго комету	№
25,43	128,3	1889 іюль 23	44	Барнардъ.	Берберихъ.	320
297	5127	1889 іюль 19	125	Давидсонъ.	Берберихъ.	321
3,684	7,072	1889 іюль 6	556	Брукскъ.	Баушингеръ.	322
4,175	8,53	1889 ноябрь 15	66	Свифтъ.	Хиндъ.	323
—	—	1889 декабрь 12	35	Борелли.	Крюгеръ.	324
—	—	1890 мартъ 19	687	Брукскъ.	Стрёмгренъ.	325
—	—	1890 іюль 18	26	Коджіа.	Эбертъ.	326
—	—	1890 ноябрь 15	59	Цона.	Ристенпартъ.	327
1490	57500	1890 іюль 23	107	Деннингъ.	графиня Бобринская	328
3,439	6,378	1890 ноябрь 16	80	Спиталеръ.	Спиталеръ.	329
—	—	1891 мартъ 29	132	Барнардъ.	Лампъ.	330
—	—	1891 октябрь 2	65	Барнардъ.	Фрёбе.	331
—	—	1892 мартъ 6	348	Свифтъ.	Мисъ Вентуортъ.	332
—	—	1892 мартъ 18	308	Деннингъ.	Шоръ.	333
3,624	6,899	1892 ноябрь 3	154	(Постъ) Хольмесъ.	Кольшюттеръ.	334
3,490	6,521	1892 октябрь 12	57	Барнардъ.	Коніель.	335
—	—	1892 августъ 28	288	Брукскъ.	Г. Оппенгеймъ.	336
—	—	1892 ноябрь 19	220	Брукскъ.	Портеръ, Изамъ.	337
1254	44400	1893 іюнь 19	185	(Шперра).	Кроммъ.	338

Комета Темпеля-Свифта (№ 257): 1891 V ноябрь 14,95835; 1894 III апрѣль 23,24699.
Комета Финлея (№ 308): 1893 III іюль 12,18195.
Комета Виннеке (№ 144): 1892 IV іюнь 30,89430.

Комета, появлявшаяся въ 868 году, также, можетъ быть, тождественна съ разсматриваемой здѣсь кометой.

23. 1378 г. Первое вполнѣ достовѣрное появленіе кометы Галлея. Орбита опредѣлена по китайскимъ наблюденіямъ.

25. 1402 г. Приведенная здѣсь орбита этой большой кометы, которая была видна даже днемъ вблизи солнца, есть результатъ скорѣе простой оцѣнки, чѣмъ точнаго опредѣленія, и хотя она, насколько объ этомъ можно судить по имѣющемуся на лицо весьма ненадежному матеріалу, достаточно хорошо представляетъ движеніе кометы, однако, совсѣмъ не объясняетъ ея большой яркости.

28. 1457 I. Эта комета наблюдалась только въ теченіе 4 дней астрономомъ П. Тосканелли, поэтому орбита весьма сомнительна. Вслѣдствіе незначительной наклонности орбиты, Шульгофъ ставитъ эту комету въ связь съ различными новѣйшими кометами, которыя наблюдались также въ теченіе только короткаго промежутка времени; таковы, напр., комета 1881 I (№ 140), 1873 VII (№ 267) и т. д.

31. 1472 г. Орбита вычислена по наблюденіямъ Тосканелли, который, вслѣдствіе своего преклоннаго возраста (75 лѣтъ), не могъ дать достаточнаго для точныхъ вычисленій матеріала; ее можно было бы значительно исправить, пользуясь китайскими наблюденіями. 22-го января 1872 года комета приблизилась къ землѣ на 0,065 земной полуоси по элементамъ Челорія, по прежнимъ же элементамъ Ложье даже на 0,033 земной полуоси, причемъ въ теченіе одного дня описала на небѣ дугу болѣе чѣмъ въ 40°.

32. 1491 г. Орбита очень сомнительная, потому что европейскія и китайскія наблюденія этой кометы отчасти противорѣчатъ другъ другу.

33. 1499 г. 15-го августа комета приблизилась къ землѣ на 0,04 земной полуоси.

35. 1506 г. По изслѣдованіямъ Виннеке, наблюденія могутъ быть представлены также орбитой кометы 1880 III (№ 285).

36. 1532 г. По изысканіямъ Ольберса, несмотря на большое сходство элементовъ этой кометы съ элементами кометы 1661 года (№ 50), обѣ онѣ отличны другъ отъ друга.

37. 1533 г. Орбита опредѣлена на основаніи наблюденій Апіана, заключающихся въ промежуткѣ съ 18-го до 25-го іюля.

39. 1558 г. Элементы основаны на вновь найденныхъ Хёкомъ наблюденіяхъ Фабриціуса, противорѣчащихъ положеніямъ кометы, которыя были даны ландграфомъ Гессенскимъ и которыя послужили Ольберсу при его вычисленіи орбитъ.
41. 1580 г. Вѣроятнѣйшая орбита, полученная Шьельерупомъ, представляетъ собственно эллиптическую кривую съ временемъ оборота въ 9200 лѣтъ.
43. 1585 г. Тождественность этой кометы и кометы 1844 I (№ 177), подозрѣваемая Ложье и Мовэ, была опровергнута изслѣдованіями Леверье и Брюнова. Параболическая орбита достаточно хорошо представляетъ имѣющійся на лицо наблюдательный матеріалъ.
46. 1596 г. Для разрѣшенія вопроса о тождественности этой кометы съ кометой 1845 III (№ 182) необходимо снова тщательнымъ образомъ обработать наблюденія того времени.
48. 1618 II. Кромѣ обѣихъ кометъ, появлявшихся въ этомъ году, видна была еще третья, орбита которой за недостаточностью наблюдательнаго матеріала не была вычислена. Нѣкоторые историки говорятъ и о большемъ числѣ (до шести) кометъ, появлявшихся въ этомъ году.
51. 1664 г. Вѣроятнѣйшей орбитой, по Линделёфу, является собственно гиперболическая кривая съ эксцентриситетомъ $\varepsilon = 1{,}00115$; однако, параболическая орбита тоже очень хорошо представляетъ наблюденія Гевелія. Подозрѣваемая тождественность этой кометы съ кометой 1853 I (№ 207) не подтвердилась. 17-го ноября ее замѣтили въ первый разъ въ Испаніи и, хотя она уже въ началѣ февраля исчезла для невооруженнаго глаза, тѣмъ не менѣе, она могла быть наблюдаема до 20-го марта, такъ какъ въ тѣ времена стали уже входить въ употребленіе при астрономическихъ наблюденіяхъ зрительныя трубы. Въ началѣ ея появленія она находилась въ противостояніи съ солнцемъ, и, кромѣ того, земля лежала приблизительно въ плоскости ея орбиты; поэтому хвостъ ея былъ почти незамѣтенъ; однако, нѣсколько времени спустя видимая и истинная длина его сильно увеличилась. Гевелій 28-го декабря описываетъ его въ видѣ широкаго павлиньяго пера, и длина его въ это время была, по его мнѣнію, приблизительно вдвое больше, чѣмъ ширина; это объясняется какъ слѣдствіе положенія кометы относительно солнца и земли.
53. 1668 г. Очень большая комета, которая по своему внѣшнему виду очень походила на большую мартовскую комету 1843 г. (№ 174). Здѣсь дана та орбита, которую Хендерсонъ вычислилъ еще до появленія только-что названной кометы, причемъ оказалось, что элементы этой кометы тоже достаточно хорошо представляютъ имѣющіяся на лицо наблюденія; поэтому орбита очень недостовѣрна.
56. 1678 г. Извѣстна только по наблюденіямъ Лагира, которыя являются не болѣе какъ простой оцѣнкой. Леверье и Брюновъ считаютъ тождественность этой кометы съ кометою 1844 I (№ 177) внѣ всякаго сомнѣнія, такъ какъ наблюденія 1678 г. прекрасно представляются элементами только-что названной кометы, если принять во вниманіе возмущенія со стороны Юпитера за истекшій между двумя эпохами промежутокъ времени.
57. 1680 г. Энке съ большимъ стараніемъ вычислилъ изъ имѣющихся на лицо наблюденій орбиту этой извѣстной своей величиною кометы и нашелъ, что время оборота должно превосходить нѣсколько тысячелѣтій (судя по ея вѣроятнѣйшей орбитѣ, полный оборотъ комета совершаетъ въ 8800 лѣтъ; поэтому предположеніе Галлея, что время оборота составляетъ только 575 лѣтъ, невѣрно. Ея громадный хвостъ, простиравшійся въ длину на 80^0, былъ узокъ и прямъ; его истинная длина равнялась болѣе чѣмъ 75 милл. километровъ. Пасторъ Дёрфель въ Плауенѣ, основываясь на наблюденіяхъ этой кометы, впервые высказалъ вѣрное предположеніе о кометныхъ орбитахъ, а именно: онъ полагалъ, что орбитами кометъ служатъ параболическія кривыя, въ одномъ изъ фокусовъ которыхъ находится солнце; настоящая комета представляла тѣ же свѣтовыя явленія, что и комета Галлея въ 1835 году. Нѣкоторыя подробности объ этой кометѣ изложены въ части II, § 157.
59. 1684 г. Эта комета 26-го іюня приближалась къ землѣ на 0,17; орбита кометы въ восходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли на 0,01.
61. 1689 г. Эта комета неоднократно отождествлялась съ большою мартовскою кометою 1843 г. (№ 174); однако, по новѣйшимъ изысканіямъ ея, во всякомъ случаѣ, негочныя наблюденія не представляются удовлетворительнымъ образомъ элементами только-что названной кометы
62. 1695 г. Эта комета тоже часто ставилась въ связь съ большой мартовской кометой 1843 г., причемъ Богуславскій показалъ, что, при прохожденіи кометы черезъ пери-

гелій 24-го октября, элементы кометы 1843 года удовлетворительнымъ образомъ представляютъ наблюденія 1695 года. Поэтому данные въ таблицахъ элементы во всякомъ случаѣ представляются весьма сомнительными.

66. 1702 г. 19-го апрѣля приближалась къ землѣ на 0,0438.

68. 1707 г. Была найдена 25-го ноября Манфреди и почти одновременно съ нимъ Станхапари. Орбита ея имѣетъ сходство съ орбитой кометы 1846 IV (№ 185).

69. 1718 г. Была открыта, вѣроятно, Кирхомъ.

71. 1729 г. Эта комета, изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ, имѣетъ наибольшее разстояніе перигелія отъ солнца. Она была открыта И. Сарабатомъ въ Низмесѣ 31-го іюля 1729 г., когда ея разстояніе отъ земли равнялось 3,23 земнымъ діаметрамъ. Это разстояніе во время послѣднихъ наблюденій Кассини въ серединѣ января 1730 года увеличилось до 5,13; въ то же время разстояніе кометы отъ солнца составляло 4,44. Исключая большой кометы 1811 г., ни одну комету до 1890 г. нельзя было прослѣдить до такого большого разстоянія.

73. 1737 II. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,003.

74. 1739 г. Была открыта Занотти 28-го мая.

76. 1743 I. Наблюденія, несмотря на свою неточность, обнаруживаютъ ясные слѣды эллиптичности орбиты. Поэтому Клаузенъ принимаетъ эту комету за тождественную съ кометою 1819 IV (№ 145) и значительныя измѣненія орбиты, происшедшія въ промежуточное время, считаетъ слѣдствіемъ возмущеній отъ Юпитера въ 1758 году. По этой гипотезѣ время оборота кометы въ 1758 г. должно было составлять 6,73, а послѣ того 5,60 лѣтъ. 11-го февраля она приближалась къ землѣ на 0,051.

78. 1744 г. Красивѣйшая комета XVIII столѣтія, которая во время своей наибольшей яркости видна была нѣкоторое время даже днемъ. Она обнаружила такія же свѣтовыя явленія, какъ и комета Галлея въ 1835 году. Когда, послѣ ея прохожденія черезъ перигелій въ началѣ марта 1744 г. она снова вышла изъ солнечныхъ лучей, ея громадный хвостъ былъ раздѣленъ на 7 частей, что сдѣлалось извѣстнымъ, главнымъ образомъ, благодаря рисункамъ Шезо, почему и комета часто называется кометою Шезо. По новѣйшимъ изслѣдованіямъ Аудеманса, Де-Мункъ видѣлъ комету уже 29-го ноября.

85. 1759 III. При прояснѣніи неба послѣ продолжительной пасмурной погоды, комета была замѣчена 7-го января 1860 года въ Лиссабонѣ, а 8-го въ Парижѣ, Лондонѣ, Марсели и во многихъ другихъ мѣстахъ, потому что она быстро приблизилась къ землѣ на 0,075 и вслѣдствіе этого вдругъ сдѣлалась доступною для невооруженнаго глаза. 8-го января 1760 года звѣзда описала дугу въ 32,5°.

87. 1763 г. Орбита кометы весьма значительно приближается въ обоихъ узлахъ къ орбитѣ земли, а именно: въ восходящемъ на 0,0315, въ нисходящемъ до 0,0252.

90. 1766 II. Клаузенъ и Виннеке предполагаютъ, что эта комета тождественна съ кометой 1819 III (№ 144); для подтвержденія этого мнѣнія надо было бы вычислить возмущенія, идя отъ 1819 года назадъ, такъ какъ, если предположеніе справедливо, то комета въ 1800 и 1872 годахъ проходила весьма близко отъ Юпитера. Если орбита Бурхардта хотя приблизительно соотвѣтствуетъ истинѣ, то въ 1763 году было такое значительное приближеніе кометы къ Юпитеру, что только тогда, по всей вѣроятности, орбита приняла настоящій свой видъ.

92. 1770 I. Эта комета, въ высшей степени интересная въ теоретическомъ отношеніи, обыкновенно называется кометою Лекселя, потому что Лексель въ Петербургѣ впервые указалъ, что она обладаетъ такимъ короткимъ временемъ оборота, какого до сихъ поръ и не подозрѣвали у кометъ, а именно въ 5 лѣтъ 7 мѣсяцевъ. О двукратномъ преобразованіи ея пути вслѣдствіе возмущеній со стороны Юпитера и о необыкновенно значительномъ ея приближеніи къ землѣ (0,015), равно какъ и объ изысканіяхъ ея тождественности съ кометою 1889 V (№ 332) смотри часть II, § 155. Къ этому слѣдуетъ прибавить, что, по Шульгофу, имѣется больше основаній отождествлять съ кометой Лекселя открытую впослѣдствіи комету 1895 II.

100. 1780 II. Очень сомнительная орбита.

103. 1783 г. Орбита, безъ сомнѣнія, эллиптическая, какъ это замѣтилъ уже Бурхардтъ. Хотя условія видимости были очень благопріятны, тѣмъ не менѣе, комета была весьма мала и слаба; поэтому понятно, что съ тѣхъ поръ ея больше не видѣли.

116. 1792 II. Д'Арре доказалъ, что эта комета случайно наблюдалась въ меридіанѣ Маске-

линомъ 14-го февраля 1793 г. и вслѣдствіе этого во многихъ старинныхъ каталогахъ туманностей была обозначена какъ исчезнувшая туманность.

118. 1793 II. По обширнымъ изысканіямъ Ц. Х. Ф. Петерса и д'Арре, эллиптическая орбита Бурхардта съ 12-тилѣтнимъ періодомъ обращенія и нѣкоторыя другія орбиты съ болѣе короткимъ періодомъ не могутъ быть приняты. Впрочемъ, наблюденіямъ удовлетворяетъ также параболическая орбита.

120. 1797 г. Была замѣчена 14-го августа Буваромъ въ Парижѣ, Каролиной Гершель въ Слугѣ, Ли въ Хакнеѣ, 15-го — Рюдигеромъ въ Лейпцигѣ, 16-го — Кнехтомъ въ Берлинѣ и 17-го — Флаугергесомъ; такимъ образомъ, она была открыта независимо другъ отъ друга 6 лицами. 16-го августа она приблизилась къ землѣ до 0,088, почти настолько, насколько это вообще возможно сообразно съ положеніемъ орбиты, и все-таки, несмотря на это, она была едва замѣтна для невооруженнаго глаза.

125. 1801 г. Линнъ считаетъ притязанія Рейсига въ Касселѣ на открытіе этой кометы не выдерживающими критики. Наблюденія кометы начинаются только 12-го іюля; Понсомъ она была открыта 11-го іюля въ Марсели, и почти въ тотъ же самый часъ, но только днемъ позже, открыли ее Мессье, Мешень и Буваръ въ Парижѣ.

129. 1807 г. Одна изъ красивѣйшихъ и великолѣпнѣйшихъ кометъ; своимъ блескомъ превосходила звѣзды второй величины, обладала яркимъ, рѣзко очерченнымъ ядромъ и двойнымъ хвостомъ. Съ 1769 г. не появлялось ни одной кометы такой величины; между тѣмъ блескъ ея сталъ быстро уменьшаться, и уже черезъ 2 мѣсяца послѣ открытія трудно было различить ее невооруженнымъ глазомъ.

130. 1808 I. Въ 1808 году Понсъ открылъ 5 кометъ (6-го февраля, 25-го марта, 24-го іюня, 3-го іюля и въ сентябрѣ), изъ которыхъ, однако, только двѣ, а именно кометы 25-го марта и 24-го іюня, могли быть достаточно наблюдаемы для опредѣленія ихъ орбитъ.

133. 1811 I. Одна изъ красивѣйшихъ кометъ XIX столѣтія, которая по блеску и великолѣпію можетъ соперничать только съ кометою Донати (1858 VI) и съ большою кометою 1882 г.; почти изъ всѣхъ до сихъ поръ появлявшихся кометъ она была наблюдаема дольше всѣхъ. Разстояніе ея отъ земли достигло уже 4,3 земной полуоси, а разстояніе отъ солнца составляло 4,54, когда Вишневскій видѣлъ ее послѣдній разъ.

142. 1818 III. Розенбергеръ и Шеркъ вычислили также гиперболическую орбиту съ эксцентриситетомъ $\varepsilon = 1{,}01162$, которая, однако, представляетъ наблюденія не лучше, чѣмъ приведенная въ таблицахъ вѣроятнѣйшая параболическая орбита.

143. 1819 II. Эта большая комета въ сѣверномъ полушаріи появилась внезапно въ началѣ іюля и, судя по вычисленіямъ, 26-го іюня прошла мимо солнечнаго диска.

145. 1819 IV. Уклоненіе орбиты отъ параболической кривой незамѣтно, но вслѣдствіе недостаточности наблюденій продолжительность времени оборота не можетъ быть опредѣлена точно. Многіе старались доказать ея тождественность съ различными другими кометами; такъ Клаузенъ съ кометою 1743 I (№ 76), астрономы Ложье и Мовэ - съ кометами 1585, 1678, 1770 I и 1844 I (№№ 43, 56, 92 и 177).

146. 1821 г. Почти одновременно была открыта еще Бланпленомъ, Ольберсомъ и Вальбекомъ.

148. 1822 III. 18-го іюня приближалась къ землѣ до 0,14.

150. 1823 г. Въ особенности замѣчательна тѣмъ, что съ 22-го до 31-го января имѣла 2 хвоста: болѣе короткій и болѣе яркій хвостъ имѣлъ въ длину 4^0 и былъ направленъ въ сторону, противоположную солнцу; болѣе длинный простирался на 7^0, былъ направленъ къ солнцу и составлялъ съ первымъ тупой уголъ приблизительно въ 160^0.

157. 1826 III. Флаугергесъ принялъ ее за комету Біэлы, незадолго передъ тѣмъ открытую астрономомъ Біэлой и Гамбаромъ (№ 95), и поэтому вслѣдствіе ея слабой яркости не продолжалъ своихъ наблюденій. Орбита не заслуживаетъ никакого довѣрія.

159. 1826 V. Комета раннимъ утромъ 18-го ноября прошла между солнцемъ и землею; во время ея прохожденія Гамбаръ какъ-разъ наблюдалъ солнце, но кометы на немъ не видалъ.

162. 1827 III. Послѣдняя изъ многочисленныхъ кометъ, открытыхъ Понсомъ, который умеръ во Флоренціи 21-го октября 1831 года. Его первое открытіе кометы было сдѣлано въ 1801 году (№ 125) или 1802 году (№ 126), смотря потому, признавать ли притязанія Рейсига на открытіе кометы 1801 года или нѣтъ.

166. 1833 г. Орбита кометы представляетъ новый примѣръ приближенія къ земной орбитѣ въ обоихъ узлахъ. Разстояніе обѣихъ орбитъ въ восходящемъ узлѣ составляетъ 0,002, въ нисходящемъ 0,186.

174. 1843 I. Знаменитая мартовская комета 1843 года. Подробности объ этомъ интересномъ небесномъ тѣлѣ смотри въ части II, § 157.
177. 1844 I. Подробности объ этой кометѣ и о ея предполагаемой тождественности съ кометами 1894 IV № 342 и 1678 № 55 см. въ части II, § 153.
179. 1844 III. Гиперболическій характеръ орбиты сомнителенъ.
182. 1845 III. Время оборота принято въ 249,8 лѣтъ, такъ какъ тождественность ея съ кометою 1596 (№ 46) довольно вѣроятна.
187. 1846 VI. Эллиптичность орбиты несомнѣнна; время же оборота не можетъ быть точно вычислено изъ немногихъ наблюденій, охватывающихъ короткую дугу.
188. 1846 VII. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,05.
189. 1846 VIII. Сходство видимыхъ путей этой кометы и кометы 1847 V побудило Вальца считать ихъ частями одной раздробившейся кометы — мысль, которую Хёкъ впослѣдствіи развилъ въ своихъ кометныхъ системахъ.
190. 1847 I. Въ день прохожденія черезъ перигелій могла быть наблюдаема Хиндомъ въ полдень въ непосредственной близости солнца.
192. 1847 III. Обнаружила особенныя измѣненія яркости. Достигла перигелія приблизительно на 10 минутъ раньше, чѣмъ слѣдующая.
195. 1847 VI. Въ теченіе слѣдующаго дня была открыта также де-Вико, Довесомъ и г-жей Рюмкеръ.
201. 1850 II. Была независимо открыта пятью лицами: 29-го августа—Бондомъ, 5-го сентября — Брорзеномъ, 9-го сентября — Мовэ и Робертсономъ и, наконецъ, 14-го сентября—Клаузеномъ.
205. 1852 II. 24-го мая прошла въ разстояніи около 1° отъ полюса.
208. 1853 II. Между 28-мъ и 29-мъ апрѣля приблизилась къ землѣ до 0,085 и поэтому въ южномъ полушаріи представила довольно пышное явленіе.
209. 1853 III. Предсказанное на конецъ августа, блестящее развитіе этой большой кометы привлекло вниманіе всѣхъ на вечернее небо. Хвостъ былъ длиною отъ 15° до 20°. Эту комету І. Ф. Шмидтъ видѣлъ во время прохожденія черезъ перигелій днемъ невооруженнымъ глазомъ и наблюдалъ ее, подобно Хартмуту, вблизи солнца.
212. 1854 II. І. Ф. Шмидтъ наблюдалъ ее днемъ въ телескопъ.
214. 1854 IV. Эта комета была открыта, по крайней мѣрѣ, 6 астрономами: 11-го сентября ее замѣтилъ Клинкерфусъ, 12-го — Брунсъ, 13-го — ванъ-Арсдалъ, 18-го— Донати и миссъ Митчель; наконецъ, 21-го — Гусевъ.
226. 1858 VI. Эта большая яркая комета, которая по великолѣпію не имѣетъ себѣ равныхъ въ XIX столѣтіи, подробно описана въ части II, § 160.
229. 1860 I. Открыта астрономомъ Лиэ въ Олиндѣ въ Бразиліи, къ сожалѣнію, лишь въ одинъ изъ послѣднихъ дней ея видимости, хотя уже за 2 мѣсяца раньше ее можно было бы наблюдать даже въ сѣверномъ полушаріи. Это тѣмъ болѣе досадно, что эта комета представила второй замѣчательный примѣръ раздвоенія такихъ свѣтилъ. Разстояніе между обоими ядрами, изъ которыхъ сѣверное было гораздо слабѣе, составляло, по изслѣдованіямъ Пекюле, 0,0025 земной полуоси, что приблизительно равняется разстоянію луны отъ земли, и во все время видимости кометы почти не мѣнялось.
232. 1860 IV. Орбита очень сомнительна, такъ какъ комета наблюдалась только въ теченіе трехъ дней подрядъ и притомъ весьма неточно.
233. 1861 I. Эта комета замѣчательна какъ своимъ короткимъ временемъ оборота, такъ и своею связью съ дождемъ метеоровъ 20-го апрѣля.
234. 1861 II. Подробныя свѣдѣнія объ особенномъ положеніи орбиты этой кометы, замѣчательной огромной величиною своего хвоста, и объ измѣненіяхъ, происходившихъ въ ея оболочкахъ, изложены въ части II, § 161.
237. 1862 III. Впервые была открыта, вѣроятно, Свифтомъ 15-го іюля въ Марафонѣ, причемъ онъ предполагалъ, что видитъ комету 1862 II (№ 263), находившуюся тогда недалеко отъ этого мѣста. Затѣмъ комета независимо была открыта: 18-го іюля Тутлемъ и Симонсомъ, 22-го іюля Пачинотти и Туссеномъ, 25-го іюля Роза, 26-го іюля Шьельерупомъ и 1-го августа Буларомъ. О замѣчательныхъ періодическихъ измѣненіяхъ яркости ядра кометы и о ея связи съ метеорнымъ потокомъ Пересидъ см. часть II, § 147 и § 172.
241. 1863 III. Эта комета открыта пятью астрономами: 12-го апрѣля ее замѣталъ Респиги, 13-го—Бекеръ, 16-го—Виннеке и Темпель и 18-го—Карлинскій.

249. 1864 V. Эта комета постепенно какъ бы испарялась.
250. 1865 I. Красивая комета, которая въ серединѣ января внезапно показалась въ южномъ полушаріи; блескомъ она напоминала большую комету Донати. Съ середины февраля яркость ея стала быстро уменьшаться.
251. 1866 I. Изъ всѣхъ кометъ, обладающихъ обратнымъ движеніемъ, эта комета отличается самымъ короткимъ временемъ оборота; кромѣ того, она замѣчательна своей связью съ наблюдаемымъ въ серединѣ ноября метеорнымъ потокомъ.
253. 1867 II. Изъ четырехъ кометъ короткаго періода, открытыхъ Темпелемъ (1866 I, 1867 II, 1869 III и 1873 II), эта комета называется первой періодической кометой Темпеля, такъ какъ новое возвращеніе ея къ солнцу наблюдалось раньше остальныхъ. На основаніи этого принципа, комета 1869 III получила названіе третьей періодической кометы Темпеля, такъ какъ періодичность ея была обнаружена Свифтомъ, который открылъ ее въ 1880 году, уже послѣ того, какъ благодаря возвращенію кометы 1873 II, въ 1878 году была установлена продолжительность періода обращенія этой послѣдней.
262. 1871 II. Вслѣдствіе приближенія кометы къ землѣ яркость ея должна была увеличиваться до середины октября; въ дѣйствительности же яркость ея такъ сильно ослабѣвала, что уже 20 сентября комета исчезла совершенно. При этомъ вполнѣ обнаружилось, что свѣтовыя явленія у кометъ не подчиняются обычнымъ законамъ.
267. 1873 VII. Э. Вейсъ установилъ тождественность этой кометы съ кометою 1818 I, которая наблюдалась, къ сожалѣнію, лишь въ теченіе небольшого промежутка времени, и считаетъ періодъ ея обращенія равнымъ 6,2 годамъ. При такомъ предположеніи не только орбита кометы приближается къ орбитѣ Юпитера до 0,001, но, кромѣ того, въ 1770 году дѣйствительно имѣло мѣсто значительное сближеніе этихъ двухъ небесныхъ тѣлъ. Позднѣйшія болѣе подробныя изысканія Шульгофа привели къ тому же результату. Несмотря на это, въ таблицѣ приведена параболическая орбита, потому что изъ шестидневныхъ наблюденій нельзя вычислить уклоненія орбиты отъ параболической кривой.
270. 1874 III. Подробности объ этой интересной кометѣ изложены въ части II, § 162.
272. 1874 V. Обнаружила замѣтныя колебанія яркости.
274. 1877 I. Во время своей близости къ землѣ (самое короткое разстояніе имѣло мѣсто 17 февраля, когда оно равнялось 0,28), была видима невооруженнымъ глазомъ, причемъ двигалась съ такой быстротой, что съ 12-го до 24-го февраля прошла почти половину всего сѣвернаго полушарія неба.
275. 1877 II. Кромѣ главнаго хвоста, направленнаго въ сторону, противоположную солнцу, длиною приблизительно въ 1°, комета долгое время обладала короткимъ побочнымъ хвостомъ, наклоненнымъ къ первому подъ угломъ въ 60° и простиравшимся въ длину всего на 0,5°.
277. 1877 V. Была открыта въ сѣверномъ полушаріи незадолго до своего исчезновенія, причемъ до открытія, несмотря на гораздо болѣе благопріятныя условія видимости, она оставалась незамѣченной цѣлые полгода.
280. 1879 II. Видимый путь этой довольно слабой кометы замѣчателенъ тѣмъ, что онъ прошелъ почти черезъ самый сѣверный полюсъ, причемъ наименьшее полярное разстояніе кометы составляло всего только нѣсколько секундъ.
283. 1880 I. Подробности объ этой интересной кометѣ смотри въ части II, § 158.
286. 1880 V. Была открыта астрономомъ Пекюлеемъ во время полнаго луннаго затмѣнія 16 декабря 1880 года.
290. 1881 V. Была открыта, къ сожалѣнію, только около времени своего исчезновенія, между тѣмъ какъ въ южномъ полушаріи должна была представлять собою весьма блестящее свѣтило въ началѣ августа, когда ея яркость была въ 28 разъ больше, чѣмъ во время открытія ея Деннингомъ. Ея орбита приближается къ орбитѣ Венеры на 0,023, къ орбитѣ земли на 0,035, къ орбитѣ Марса на 0,065 и къ орбитѣ Юпитера на 0,145. Поэтому комета должна часто испытывать сильныя возмущенія.
293. 1882 I. Во время своего прохожденія черезъ перигелій могла быть наблюдаема даже днемъ. Объ измѣненіяхъ, которыя испытывалъ ея спектръ во время приближенія къ солнцу, и о выводахъ, которые можно было сдѣлать отсюда, смотри часть II, § 159.
294. 1882 II. Эта великолѣпная комета внезапно появилась въ южномъ полушаріи вскорѣ послѣ того, какъ исчезла предыдущая. Благодаря массѣ новыхъ, до тѣхъ поръ никогда невиданныхъ физическихъ особенностей, замѣченныхъ на ней, и благодаря тому, что наблюденія надъ кометой производились при помощи новѣйшихъ вспомогательныхъ средствъ, она составляетъ эпоху въ исторіи астрономіи. Подробности объ этой кометѣ смотри въ части II, § 159.

297. 1883 II. Открыта только послѣ своего прохожденія черезъ перигелій въ южномъ полушаріи, хотя раньше ее можно было видѣть въ сѣверномъ полушаріи.

300. 1885 II. Послѣ кометы 1729 (№ 71) обладаетъ наибольшимъ разстояніемъ перигелія отъ солнца.

303. 1886 I. Орбита кометы въ нисходящемъ узлѣ приближается къ орбитѣ земли до 0,2, и такъ какъ комета прошла черезъ этотъ узелъ 29 апрѣля, а земля достигла соотвѣтственной точки своей орбиты лишь на $2^1/_2$ дня раньше, то яркость кометы въ это время была приблизительно въ тысячу разъ болѣе, чѣмъ во время ея открытія, почему комета и была видна въ это время невооруженнымъ глазомъ и представляла собою весьма замѣчательный небесный предметъ.

304. 1886 II. Условія видимости для этой кометы были столь же благопріятны, какъ и для предшествующей. Она прошла 20 мая черезъ нисходящій узелъ, который лежитъ внутри земной орбиты въ разстояніи, равномъ 0,38 земного радіуса, отъ этой послѣдней, а 9 дней спустя земля достигла соотвѣтственной точки своей орбиты. Поэтому она также была видна невооруженнымъ глазомъ, такъ что жители нашего полушарія въ концѣ апрѣля имѣли возможность наслаждаться рѣдкимъ зрѣлищемъ двухъ красивыхъ кометъ, находившихся недалеко другъ отъ друга. Орбита этой кометы несомнѣнно гиперболическая; по изслѣдованіямъ Трэна, этотъ характеръ она получила только въ нашей солнечной системѣ подъ вліяніемъ возмущеній со стороны планетъ (сравни часть II, § 171).

306. 1886 IV. Во время вторичнаго своего появленія (въ началѣ 1892 г.) комета не была видна, по всей вѣроятности, только вслѣдствіе неблагопріятныхъ условій видимости.

310. 1886 IX. Въ серединѣ декабря у кометы кромѣ главнаго хвоста, длиною въ 10°, былъ замѣтенъ короткій побочный хвостъ, наклоненный къ главному подъ угломъ въ 50°, и даже можно было прослѣдить признаки третьяго хвоста.

311. 1887 I. Повидимому, находится въ связи съ группою кометъ: 1843 I, 1880 I и 1882 II. Поэтому очень досадно, что благодаря чрезвычайно быстрому ослабленію ея яркости, она могла быть наблюдаема только въ теченіе нѣсколькихъ дней.

318. 1889 I. 1890 и 1891 годы останутся памятными въ исторіи кометъ, потому что въ теченіе этого періода времени, благодаря сильнымъ оптическимъ средствамъ нашего времени, удалось не только наблюдать одну послѣ другой 4 довольно слабыя кометы (1889 I, 1889 II, 1889 V и 1890 II), но и прослѣдить ихъ движеніе до такихъ большихъ разстояній, что прежде это оказывалось возможнымъ исключительно относительно огромнѣйшихъ кометъ (кометы 1811 I и 1729).

322. 1889 V. При своемъ возвращеніи къ перигелію (4 ноября 1896 г.) она была вновь найдена Явеллемъ недалеко отъ того мѣста, которое она должна была занимать согласно съ вычисленіями Баушингера. Очень интересныя изысканія, касающіяся этой кометы, подробно изложены въ части II, § 155.

325. 1890 II. Орбита несомнѣнно гиперболическая. По изысканіямъ Штрёмгрена, такой характеръ орбита этой кометы, совершенно такъ-же, какъ и орбита кометы 1886 II (№ 304), пріобрѣла только подъ вліяніемъ возмущеній со стороны планетъ внутри нашей солнечной системы.

329. 1890 VII. Была открыта Шпиталеромъ при розыскахъ открытой за день передъ тѣмъ кометы 1890 IV, вблизи которой на небесной сферѣ она находилась въ то время.

334. 1892 III. Подробности объ этой кометѣ, одной изъ самыхъ замѣчательныхъ, которыя когда-либо появлялись, находятся въ части II, § 156. Орбита представляетъ собою эллиптическую кривую съ наименьшимъ эксцентриситетомъ среди всѣхъ извѣстныхъ намъ кометъ.

335. 1892 V. Первая комета, открытая фотографическимъ путемъ. Орбита ея приближается къ орбитѣ Марса до 0,012 и къ орбитѣ Юпитера до 0,07; такъ какъ орбита кометы Вольфа (1884 III) приближается къ орбитѣ Юпитера въ той же части неба, то Шульгофъ считаетъ обѣ эти кометы за осколки одной, распавшейся въ этомъ мѣстѣ на нѣсколько частей.

337. 1893 I. Замѣчательно, что во время открытія этой кометы были видны на небѣ еще пять другихъ, а именно: №№ 332—336; однако, всѣ эти кометы принадлежатъ къ числу телескопическихъ.

338. 1893 II. Сперра считалъ ее за комету Финлея (1893 III), которая около этого времени должна была возвратиться къ перигелію, и поэтому не извѣстилъ ученый міръ о своемъ открытіи. Вслѣдствіе сильнаго увеличенія яркости комета въ началѣ августа почти одновременно была открыта невооруженнымъ глазомъ во многихъ мѣстахъ.

* *Примѣчаніе.* Свѣдѣнія о нѣкоторыхъ кометахъ, появлявшихся позже 1893 года, читатель найдетъ въ текстѣ книги въ главѣ о кометахъ, а также и въ помѣщенномъ ниже спискѣ періодическихъ кометъ. *

Сопоставленіе періодическихъ кометъ, которыя наблюдались не менѣе какъ въ двухъ прохожденіяхъ черезъ перигелій.

Прохожденіе черезъ перигелій: годъ	Прохожденіе черезъ перигелій: среднее парижское время	Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
			1. № 23. Комета Галлея.				
12**доР.Х.	октябрь 8,80	108°	28°	170°	0,58	—	Хиндъ.
66* п. Р.Х.	январь 14,2	67 40′	32 40′	139 30′	0,445	—	Хиндъ.
141*	мартъ 29,1	120 55	12 50	163 0	0,720	—	Хиндъ.
989*	сентябрь 12,0	180	84	163 0	0,568	—	Буркхардъ.
1066**	апрѣль 1,0	120 55	25 50	163 0	0,720	—	Хиндъ.
1378*	ноябрь 8,77	107 46	47 17	162 4	0,584	—	Ложье.
1456**	іюнь 8,209	104 19,3	43 46,1	162 22,6	0,5803	0,9678	Челоріа
1531*	августъ 24,894	107 46	49 25	162 4	0,5670	—	Галлей.
1607*	октябрь 26,9120	106 45,0	47 48,7	162 40,0	0,58507	0,96739	Галлей.
1835 III†	ноябрь 15,94539	110 38,5	55 10,0	162 14,9	0,58657	0,96739	Вестфаленъ.

Элементы кометъ 12-го года до Р. Х., 66, 141, 989 и 1301 годовъ послѣ Р. Х вычислены почти исключительно по китайскимъ наблюденіямъ. Однако, они настолько сходны съ элементами кометы Галлея, что Хиндъ склоненъ считать ихъ за прежнія прохожденія названной кометы черезъ перигелій, тѣмъ болѣе, что въ указанные годы комета Галлея дѣйствительно должна была проходить черезъ перигелій.

10 возвращеній кометы Галлея къ перигелію между 141 и 989 годами послѣ Р. Х. должны были произойти по Хинду: 218 г. апрѣля 6, 295 г. въ началѣ апрѣля, 373 г. въ началѣ ноября, 451 г. іюля 3,5, 530 г. или 531 г. въ началѣ ноября, 608 г. въ концѣ октября, 684 г. въ серединѣ октября, 760 г. іюня 11, 837 г. и 911 г. въ началѣ апрѣля. Китайскія лѣтопис , а также частью европейскія хроники дѣйствительно упоминаютъ о появленіяхъ значительныхъ кометъ въ эти годы: однако, эти данныя слишкомъ скудны, чтобы на нихъ можно было основывать точныя вычисленія орбиты; вслѣдствіе этого Хиндъ долженъ былъ удовольствоваться указаніемъ, что элементы кометы Галлея, принимая во вниманіе вышеупомянутыя прохожденія черезъ перигелій, не противорѣчатъ скуднымъ дошедшимъ до нашего времени свѣдѣніямъ о вышеупомянутыхъ кометахъ. Такъ какъ при предположеніи, что слѣдующее за 1066 годомъ прохожденіе черезъ перигелій кометы Галлея имѣло мѣсто 19 апрѣля 1145 г, какъ европейскія, такъ и китайскія наблюденія большой кометы этого года вполнѣ хорошо представляются элементами кометы Галлея, и такъ какъ тѣ же элементы удовлетворяютъ небольшому числу наблюденій кометы 1223 г. при предположеніи, что черезъ перигелій комета прошла въ іюлѣ, то оказывается, что комета Галлея была видима при каждомъ своемъ возвращеніи къ солнцу, начиная съ 12-го года до Р. Х.

На 1378 годъ падаетъ первое вполнѣ достовѣрное появленіе кометы Галлея. Указанную въ табличкѣ орбиту Ложье вычислилъ въ 1846 г. на основаніи китайскихъ и европейскихъ наблюденій. Орбита кометы для ея появленія въ 1456 г. вычислена изъ наблюденій Тосканелли, которыя были найдены только въ 1864 г.

Орбита 1531 г. взята изъ «Tabulae astronomicae» Галлея, въ которыхъ онъ даетъ также списокъ 24-хъ вычисленныхъ имъ орбитъ кометъ. Его списокъ вообще является первымъ спискомъ кометъ. Орбита кометы для 1607 года заимствована изъ сочиненія Галлея «De motu cometarum in orbibus ellipticis», въ которомъ содержатся указанія на періодичность этой кометы и предсказаніе ея возвращенія въ 1759 году. Послѣднее появленіе кометы имѣло мѣсто въ 1835 году. Судя по изысканіямъ Понтекулана, новое возвращеніе кометы къ перигелію произойдетъ 24 мая 1910 года. Такимъ образомъ, въ настоящее время, время оборота составляетъ

только 74,5 г. Относительно дальнѣйшихъ подробностей объ этой интересной кометѣ см. часть II, §§ 140—146.

Прохожденіе черезъ перигелій		Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
		2. № 95. Комета Біэлы.					
1772	февраль 20,12740	217° 40,1′	252° 25,9′	18° 51,1′	1,02812	—	Бессель.
1806 I†	январь 2,44109	218 1,7	251 28,4	12 43,2	0,91179	0,67692	Гаусъ.
1826 I	мартъ 18,45311	218 21,5	251 27,3	13 33,9	0,90242	0,74660	Губбаръ.
1846 II *A*	февраль 10,99966	223 8,6	245 54,2	12 34,9	0,85645	0,75666	Губбаръ.
B	февраль 11,08264	223 8,6	245 54,3	12 34,9	0,85647	0,75661	Губбаръ.
1852 III *A*	сентябрь 23,73388	223 16,9	245 51.4	12 33,3	0,86060	0,75592	Губбаръ.
B	сентябрь 23,06316	223 16,8	245 51,5	12 33,3	0,86062	0,75587	Губбаръ.

Эта комета была открыта 3 раза, прежде чѣмъ съ несомнѣнностью была обнаружена ея періодичность. Ея первымъ открытіемъ въ 1772 году мы обязаны Монтеню, и именно изъ его наблюденій и изъ наблюденій Мессье была вычислена первая указанная въ табличкѣ орбита. Во время слѣдующихъ четырехъ прохожденій черезъ перигелій она не была замѣчена, и только 10 ноября 1805 г. она была снова открыта Понсомъ. При этомъ появленіи она приближалась къ землѣ 9 декабря на 0,0366 и тогда была видима невооруженнымъ глазомъ, но, къ сожалѣнію, въ скоромъ времени она исчезла для сѣвернаго полушарія. Хотя Гауссъ показалъ, что эллиптическая орбита съ періодомъ обращенія болѣе трехъ лѣтъ лучше согласуется съ наблюденіями, чѣмъ параболическая, и хотя онъ вычислилъ изъ наблюденій вышеуказанную орбиту, съ большою полуосью, равною 2,82, и съ временемъ оборота въ 4,7 года, тѣмъ не менѣе, на это не было обращено должнаго вниманія. Это объясняется, съ одной стороны, тѣмъ, что въ то время такое короткое время оборота кометы казалось совершенно невѣроятнымъ, а съ другой стороны тѣмъ, что Гауссъ считалъ ея тождество съ кометой 1772 года сомнительнымъ. Дѣйствительно, эта комета въ маѣ и іюнѣ 1794 года очень близко подходила къ Юпитеру, и ея орбита при этомъ претерпѣла сильнѣйшія возмущенія, хотя, впрочемъ, съ точностью это могло бы быть обнаружено только послѣ опредѣленія ея истиннаго періода обращенія. Такимъ образомъ, комета снова была незамѣчена во время двухъ слѣдующихъ прохожденій черезъ перигелій, и она снова была открыта въ 1826 году Біэлой 26 февраля и Гамбаромъ 9 марта. При слѣдующемъ возвращеніи къ солнцу комета была замѣчена въ октябрѣ 1832 года. Въ 1839 году кометы никто не наблюдалъ вслѣдствіе неблагопріятныхъ условій ея видимости; въ 1846 году она раздѣлилась на двѣ части, въ 1852 году снова возвратилась къ солнцу въ видѣ двойной кометы и съ тѣхъ поръ, кажется, окончательно исчезла. Подробнѣе обо всемъ этомъ говорится въ части II, § 149. Время оборота кометы въ 1852 году составляло 6,62 лѣтъ.

Вышеприведенные элементы для обѣихъ головъ кометы Біэлы (*A* и *B*) вычислены въ томъ предположеніи, что *A* есть голова, двигавшаяся въ 1852 году впереди.

		3. № 107. Комета Энке.					
1786 I	январь 30,88	182° 30′	334° 8′	13° 36′	0,335	0,848	Энке.
1795	декабрь 21,44748	182 2,0	334 39,4	13 42,5	0,33443	0,84888	Энке.
1819 I	январь 27,25736	182 26,1	334 33,7	13 37,0	0,33518	0,84861	Энке,
1855 III	іюль 1,04121	183 26,9	334 26,3	13 8,1	0,33724	0,84773	ф. Астень.
1891 III	октябрь 17,98599	183 57,3	334 41,5	12 55,0	0,34047	0,84647	Баклундъ.
1895 I	февраль 1	176 2,5	334 44,9	12 54,4	0,341	0,84619	Баклундъ.
1898 III	май 26,8	176 1,0	334 46,7	12 54,6	0,341	0,84634	Ивановъ.
1901 II	сентябрь 15,2	183 59,0	334 49,0	12 53,6	0,343	0,84558	Тонбергъ.

Исторія этой кометы, равно какъ и интересныя изысканія, касающіяся наблюдаемыхъ неправильностей ея движенія, изложены въ части II, § 148. Со времени открытія ея періодичности въ 1819 году она уже 26 разъ возвращалась къ перигелію и была при этомъ каждый разъ видима. Время ея оборота составляетъ 3,31 года.

		4. № 113. Комета Тутля.					
1790 II	январь 30,87628	207° 5,4′	268° 36,6′	54° 6,4′	1,04438	0,81933	Типлеръ.
1858 I	февраль 23,52586	206 48,2	269 3,1	54 24,4	1,02555	0,82121	Ратсъ.
1885 IV	сентябрь 11,14915	206 47,0	269 42,0	54 19,8	1,02473	0,82154	Ратсъ.

Періодичность кометы со временемъ оборота въ 13,75 лѣтъ, была обнаружена послѣ того, какъ она, послѣ пяти оставшихся незамѣченными возвращеній ея къ солнцу, была открыта во второй разъ въ 1858 году Тутлемъ (4 января) и Брунсомъ (11 января). Приведенные элементы для ея появленія въ 1858 и 1885 годахъ получены изъ совокупности всѣхъ наблюденій, произведенныхъ надъ кометой въ 1858 и 1885 годахъ; поэтому они различаются другъ отъ друга только возмущеніями за промежуточное время.

Прохожденіе черезъ перигелій		Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
5. № 135. Комета Понса-Брукса.							
1812 †	сентябрь 15,33210	199°19,1′	253° 0,7′	73°57,6′	0,77712	0,95558	Шульгофъ и
1884 I†	январь 25,72388	199 11,6	254 5,7	74 2,6	0,77573	0,95500	Боссертъ.
6. № 138. Комета Ольберса.							
1815 †	апрѣль 25,99943	65°33,3′	83°28,8′	44°29,9′	1,21283	0,93115	Гинцель.
1887 V	октябрь 8,48531	65 20,2	84 32,3	44 34,3	1,19912	0,93113	Гинцель.
7. № 144. Комета Виннеке.							
1819 III	іюль 18,90670	161°30,1′	113°10,8′	10°42,8′	0,77364	0,75519	Энке.
1858 II	май 2,04471	162 7,1	113 31,8	10 48,2	0,76896	0,75484	ф. Оппольцеръ.
1892 IV	іюнь 30,89430	172 6,5	104 4,6	14 31,6	0,88655	0,72599	ф. Гердтль.
1898 II	мартъ 20,5	173 21,5	100 53,2	16 59,6	0,924	0,71468	ф. Гердтль.
8. № 176. Комета Фая.							
1843 III	октябрь 17,13672	200° 3,9′	209°29,4′	11°22.5′	1,69223	0,55583	Мёллеръ.
1888 IV	августъ 19,94	201 13,4	209 35,4	11 19,7	1,73814	0,54902	Мёллеръ.
9. № 184. Комета Брорзена.							
1840	апрѣль 30,19	8° 8′	103°42′	46°19′	0,7152	0,7608	Гарцеръ.
1846 III	февраль 25,375	13 46,6	102 41,7	30 55,3	0,65013	0,79307	Брунсъ.
1879 I	мартъ 30,54133	14 55,1	101 19,0	29 23,2	0,58984	0,80984	Лампъ.

Вышеприведенные элементы, полученные Шульгофомъ и Боссертомъ послѣ тщательной обработки всѣхъ наблюденій, произведенныхъ во время перваго появленія кометы, прекрасно представляютъ наблюденія. 1 сентября 1883 года эта комета снова совершенно неожиданно была открыта Бруксомъ. При этомъ оказалось, что возмущенія со стороны планетъ ускорили движеніе кометы, причемъ періодъ обращенія уменьшился на 445 дней и сдѣлался равнымъ 71,4 годамъ. Особенно замѣчательны были многократныя внезапныя измѣненія, происходившія въ формѣ и величинѣ кометы, во время приближенія ея къ перигелію.

Возвращеніе этой кометы къ перигелію послѣдовало на 0,81 года позже, чѣмъ этого можно было ожидать на основаніи вѣроятнѣйшей системы элементовъ, вычисленной изъ всѣхъ наблюденій 1815 года. Эта комета, подобно предыдущей, была открыта случайно Бруксомъ 24 августа 1887 года. Возмущенія со стороны планетъ съ 1815 года уменьшили время оборота кометы на 837 дней или на $2^1/_3$ года.

Вышеприведенная эллиптическая орбита, вычисленная астрономомъ Энке изъ наблюденій, охватывающихъ только 36-дневный промежутокъ, оказалась весьма точной, когда комета вторично была открыта 8 марта 1858 года, послѣ совершенныхъ ею 7 полныхъ оборотовъ. Большими возмущеніями, которыя испытала эта комета послѣ 1858 года подъ дѣйствіемъ Юпитера, Гердтль воспользовался для точнаго опредѣленія массы Юпитера. Время оборота кометы составляетъ теперь 5,82 лѣтъ.

Къ тому, что было сообщено въ части II, § 151, объ этой слабой кометѣ съ временемъ оборота въ 7,5 лѣтъ, здѣсь больше ничего не остается добавить.

Хотя орбита этой кометы уже была извѣстна изъ наблюденій 1846 года, тѣмъ не менѣе комету не могли найти при ея возвращеніи къ перигелію въ 1851 г., и она была снова открыта Брунсомъ въ 1857 году (марта 18). Далѣе, розыски этой кометы во время ея возвращеній къ перигелію въ 1884, 1890, 1895 и 1900 годахъ оказались безуспѣшными. Подробности объ этой

кометѣ изложены въ части II, § 154. Время оборота при послѣднемъ ея появленіи составляло 5,4 лѣтъ. Уже вскорѣ послѣ ея открытія Д'Аррe обратилъ вниманіе на то, что комета можетъ значительно приблизиться къ Юпитеру. Такое приближеніе имѣло мѣсто, напримѣръ, за нѣсколько лѣтъ до ея открытія, а именно 27 мая 1842 года, когда она приблизилась къ Юпитеру на 0,055.

Вліяніе этого приближенія на орбиту кометы было изслѣдовано Гарцеромъ, который получилъ вышеприведенные первые элементы орбиты этой кометы. Изъ изслѣдованій Гарцера явствуетъ далѣе, что въ 1759 и 1760 годахъ комета также очень близко подходила къ Юпитеру, и вѣроятно только тогда ея орбита получила свой настоящій характеръ. Далѣе, Гарцеромъ и д'Аррe было указано, что въ 1935 году должно совершиться вторичное преобразованіе ея орбиты, если только къ тому времени комета не прекратитъ своего существованія.

Прохожденіе черезъ перигелій		Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
10. № 202. Комета Д'Аррe.							
1851 II	іюль 8,68045	174°31,0′	148°43,3′	13°55,2′	1,17331	0,65928	Лево.
1890 V	сентябрь 17,49316	172 58,0	146 16,5	15 42,7	1,32404	0,62713	Лево.

Время ея оборота въ 6,4 года, опредѣленное изъ вычисленій уже скоро послѣ ея открытія, получило полное подтвержденіе благодаря въ дѣйствительности послѣдовавшему ея возвращенію въ 1857 году. Эта слабая комета была съ тѣхъ поръ наблюдаема въ четырехъ появленіяхъ въ 1870, 1877, 1890 и 1897 годахъ. Значительная разница между обѣими вышеприведенными системами элементовъ происходитъ отъ сильныхъ возмущеній со стороны Юпитера, къ которому комета близко подходила въ апрѣлѣ 1861 года.

11. № 253. Комета Темпеля.								
1867 II	май	23,92690	134° 59,4′	101°10,2′	6° 24,6′	1,56356	0,50971	Р. Готье.
1873 I	май	9,80024	159 19,1	78 43,8	9 46,0	1,77117	0,46262	Р. Готье.
1879 III	май	7,12421	159 29,6	78 45,9	9 46,1	1,77111	0,46255	Р. Готье.
1885	сентябрь	25,77	168 58	72 24	10 50	2,0727	0,4053	Р. Готье.

Изъ четырехъ открытыхъ Темпелемъ кометъ короткаго періода (1866 I, 1867 II, 1869 III, и 1873 II). Эта комета (1867 II) обыкновенно называется первой періодической кометой Темпеля, такъ какъ ея возвращеніе было наблюдаемо раньше другихъ. На основаніи этого принципа, комета 1873 II получила названіе второй періодической кометы Темпеля, такъ какъ ея возвращеніе къ перигелію въ 1878 году уже окончательно установило продолжительность времени ея оборота, между тѣмъ какъ періодичность кометы 1869 III было признана только при ея вторичномъ открытіи въ 1880 году. Поэтому эта послѣдняя комета называется третьей періодической кометой Темпеля. Комета 1867 II уже въ теченіе своего перваго оборота послѣ открытія значительно приблизилась къ Юпитеру. Ея разстояніе отъ этой могущественной планеты приблизительно въ теченіе двухъ лѣтъ (1869, 1870) оставалось меньше, чѣмъ среднее разстояніе земли отъ солнца, а въ январѣ 1870 года сдѣлалось равнымъ приблизительно $^1/_3$ этого разстоянія. Значительныя измѣненія, которымъ вслѣдствіе этого подверглась ея орбита, обнаруживаются тотчасъ же при сравненіи двухъ системъ элементовъ для явленій 1867 и 1873 годовъ.

Между 1879 и 1885 годами послѣдовало вторичное значительное измѣненіе ея орбиты, которую Р. Готье вычислилъ заранѣе еще до появленія кометы въ 1885 году. Вслѣдствіе возмущеній разстояніе перигелія отъ солнца для этой кометы за послѣднее время все уменьшалось, отчего яркость этого и безъ того слабаго свѣтила при каждомъ новомъ прохожденіи черезъ перигелій должна была все болѣе и болѣе ослабѣвать, и потому комета, если не навсегда, то, по крайней мѣрѣ, на долгое время останется для насъ невидимой. И, дѣйствительно, при своихъ послѣднихъ возвращеніяхъ къ солнцу въ 1885, 1892 и 1899 годахъ она не могла быть снова найдена. Время оборота для вышеприведенныхъ 4-хъ орбитъ составляетъ соотвѣтственно 5,69 5,98; 5,98 и 6,51 годовъ.

12. № 257. Комета Темпеля-Свифта.								
1869 III	ноябрь	18,81503	106°12,7′	296°46,0′	5°23,9′	1,06314	0,65809	Боссертъ.
1891 V	ноябрь	14,95835	106 43,0	296 31,3	5 23,2	1,08660	0,65270	Боссертъ.

Наблюденія этой кометы при ея первомъ появленіи были слишкомъ кратковременны, чтобы изъ нихъ можно было съ точностью опредѣлить эллиптическую орбиту. Періодичность ея была установлена только послѣ новаго открытія ея Л. Свифтомъ 10 окт. 1880 года. Время оборота кометы равняется 5,5 годамъ. Она обладаетъ тою особенностью, что послѣ прохожденія черезъ перигелій при весьма благопріятныхъ условіяхъ видимости наступаетъ цѣлый рядъ оборотовъ поочередно то очень благопріятныхъ, то очень неблагопріятныхъ для видимости кометы. Такимъ образомъ, ея яркость при прохожденіи черезъ перигелій въ маѣ 1875 года была приблизительно въ 100 разъ меньше, чѣмъ при прохожденіи ея черезъ перигелій въ ноябрѣ 1869 и 1880 годовъ. Этимъ достаточно объясняется, почему тогда комета не была найдена. Столь же незначительна была ея яркость при прохожденіи черезъ перигелій въ маѣ 1886 года. То же самое слѣдуетъ сказать и о прохожденіи ея черезъ перигелій въ маѣ 1897 года. Напротивъ того, въ концѣ 1902 или въ началѣ 1903 года можно было надѣяться ее снова увидѣть, но и на этотъ разъ она не была найдена.

Прохожденіе черезъ перигелій		Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклоненіе	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
13. № 264. Комета Темпеля.							
1873 II	іюнь 25,21431	185° 9,2′	120° 56,7′	12° 45,4′	1,34412	0,55260	Шульгофъ.
1894 III	апрѣль 23,31967	185 4,8	121 10,1	12 44,4	1,35062	0,55108	Шульгофъ.

Послѣ того какъ короткое время оборота этой кометы, равное 5,21 годамъ, было установлено благодаря ея возвращенію къ солнцу въ 1878 году, она при обоихъ своихъ слѣдующихъ появленіяхъ въ 1884 и 1889 годахъ въ виду неблагопріятныхъ условій видимости не могла быть замѣчена. Несмотря на это, наблюденія 1894 года вполнѣ соотвѣтствуютъ вычисленіямъ, сдѣланнымъ раньше Шульгофомъ. Затѣмъ комета снова наблюдалась въ 1899 году.

14. № 299. Комета Вольфа.

1869	ноябрь 19,97	157° 13′	208° 27′	29° 27′	2,5434	0,3911	Леманъ-Филесъ.
1878	январь 26,97	170 38	207 41	27 27	1,5577	0,5670	Леманъ-Филесъ.
1884 III	ноябрь 17,79360	172 42,5	206 21,9	25 15,7	1,57199	0,56094	Трэнъ.
1891 II	сентябрь 3,43865	172 48,4	206 22,3	25 14,6	1,59279	0,55719	Трэнъ.

Уже вскорѣ послѣ открытія этой кометы выяснилось, что ея движеніе не могло быть представлено параболическою орбитой, и тотчасъ при вычисленіи первыхъ эллиптическихъ элементовъ Крюгеръ обратилъ вниманіе на то, что эта комета въ 1875 году должна весьма близко подойти къ Юпитеру, что повлечетъ за собой сильное измѣненіе орбиты. Послѣ того какъ Леманъ-Филесъ предварительнымъ вычисленіемъ убѣдился въ правильности этого предположенія, онъ приступилъ къ болѣе точному изслѣдованію вопроса и пришелъ къ слѣдующему достойному вниманія результату.

Въ 1875 году комета проходила черезъ сферу дѣйствія Юпитера, т.-е. была на такомъ близкомъ отъ него разстояніи, что притяженіе этой планеты превысило солнечное притяженіе. Это продолжалось отъ 5 апрѣля до 13 августа, причемъ 9 іюня разстояніе кометы отъ Юпитера уменьшилось до 0,121. Понятіе объ измѣненіяхъ, которымъ подверглась при этомъ орбита кометы, даетъ сравненіе между собой двухъ первыхъ системъ ея элементовъ.

Первая система элементовъ опредѣляла движеніе кометы до ея вхожденія въ сферу дѣйствія Юпитера, т.-е. до 5 апрѣля 1875 года, а вторая — послѣ выхожденія изъ этой сферы, т.-е. послѣ 13 августа 1875 года. Что комета не была найдена при своемъ прохожденіи черезъ перигелій въ 1878 году, это, вѣроятно, слѣдуетъ объяснить неблагопріятными условіями ея видимости.

Для появленія кометы въ 1884 и 1885 годахъ, элементы были опредѣлены пасторомъ Трэномъ на основаніи весьма тщательной обработки 930 наблюденій, произведенныхъ между 20 сентября 1884 года и 6 апрѣля 1885 года. Они служатъ исходнымъ пунктомъ для изслѣдованій Леманъ-Филеса. Поэтому вторая система элементовъ отличается отъ системы Трэна только возмущеніями, которыя Юпитеръ и Сатурнъ съ 13 августа 1875 года до 23 декабря 1884 года произвели въ движеніи кометы. Наконецъ, четвертая система элементовъ была вычислена изъ наблюденій, произведенныхъ во время перваго и второго появленій кометы.

Въ послѣдній разъ эта комета наблюдалась въ 1898 году.

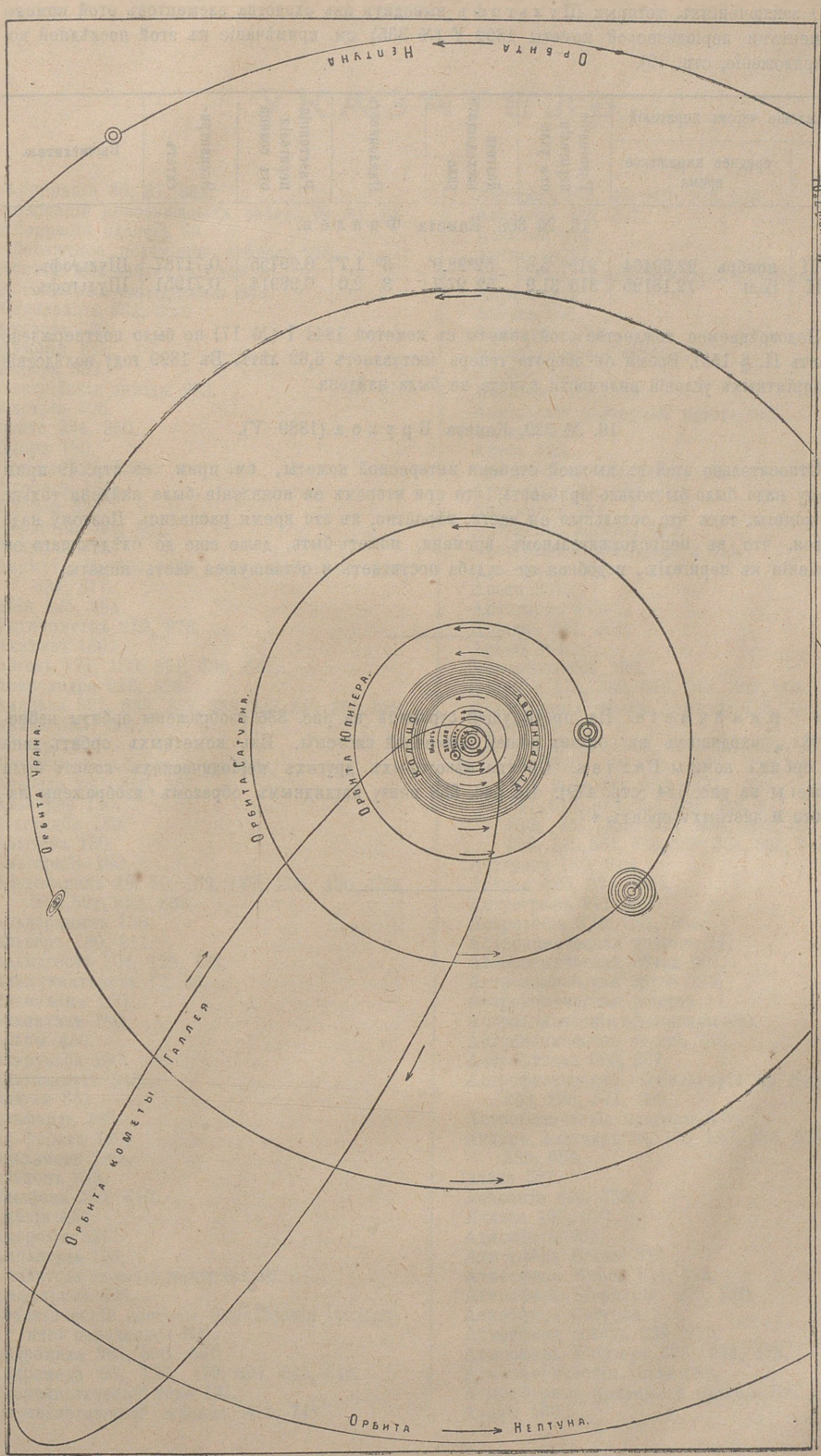


Рис. 336. Солнечная система.

О заключеніяхъ, которыя Шульгофъ выводитъ изъ сходства элементовъ этой кометы съ элементами періодической кометы 1892 V (№ 335) см. примѣчаніе къ этой послѣдней кометѣ (приложеніе, стр. 49).

Прохожденіе черезъ перигелій		Разстояніе перигелія отъ узла	Долгота восходящаго узла	Наклонность	Разстояніе перигелія отъ солнца	Эксцентриситетъ	Вычислитель
годъ	среднее парижское время						
15. № 308. Комета Финлея.							
1886 VII	ноябрь 22,39464	315° 5,6′	52°28,9′	3° 1,7′	0,99755	0,71787	Шульгофъ.
1893 III	іюль 12,18195	315 31,9	52 27,7	3 2,0	0,98914	0,71951	Шульгофъ.

Подозрѣваемое тождество этой кометы съ кометой 1844 I (№ 17) не было подтверждено (см. часть II, § 153). Время ея оборота теперь составляетъ 6,62 лѣтъ. Въ 1899 году вслѣдствіе неблагопріятныхъ условій видимости комета не была найдена.

16. № 322. Комета Брукса (1889 V).

Относительно этой въ высшей степени интересной кометы, см. прим. на стр. 49 прил. Къ этому надо было бы только прибавить, что при второмъ ея появленіи была найдена только голова кометы, такъ что остальныя ея части, вѣроятно, въ это время распались. Поэтому надо опасаться, что въ непродолжительномъ времени, можетъ-быть, даже еще до слѣдующаго ея возвращенія къ перигелію, подобная же судьба постигнетъ и оставшуюся часть кометы.

---

* Примѣчаніе. На предыдущей страницѣ на рис. 336 изображены орбиты небесныхъ тѣлъ, входящихъ въ составъ нашей солнечной системы. Изъ кометныхъ орбитъ дана только орбита кометы Галлея. Орбиты нѣкоторыхъ другихъ періодическихъ кометъ были изображены на рис. 184 (стр. 479). На рис. 336 внизу наглядными образомъ изображены наклонности планетныхъ орбитъ. *

УКАЗАТЕЛЬ.

Аберрація 80, 87, 834.
Аберрація неподвижныхъ звѣздъ 79, 81, 88.
Аберрація планетъ 88.
Абсолютное положеніе свѣтила 873.
Абсолютныя наблюденія 859, 887.
Абсолютныя опредѣленія 853.
Абунданція 334, 350.
Августа 330.
Авзонія 325.
Аврора 332.
Австрійскія звѣзды 253.
Австрія 325.
Агата 334, 350.
Адара 180.
Адеона 326, 330.
Адонисъ 186.
Адорея 326.
Адрастея 338, 361.
Азимехъ 180.
Азимутъ 9, 804, 839, 842, 846, 847, 856, 857, 877.
Азія 325, 364.
Актинометръ 239, 873.
Аламакъ 180.
Алголь 177, 180, 591, 639, 647.
Александра 326, 328.
Алидада 827, 836, 837, 838, 847, 849, 850, 888.
Алиса 330, 361.
Аліотъ 180.
Аллегенская обсерваторія 869.
Альбедо 280, 356, 357.
Альбирео 180.
Альгенибъ 180.
Альгіеба 180.
Альгорабъ 180.
Альдебаранъ 49, 50, 169, 177, 178, 180, 576, 578, 591, 592, 833.
Альдераминъ 180.
Алькоръ 180, 611.
Альмагестъ 104, 128, 783.
Альмукантаратъ 12, 13.
Альнилам 180.
Альнитакъ 180.
Альпы 430.
Альрукаба 180.
Альтазимутъ 843.
Альтея 351.
Альфардъ 180.
Альфератъ 180.
Альхаіотъ 180.
Альхенъ 180.
Альціона 180, 610.
Амалія 361.
Амвросія 326.
Амплитуда 196.
Амплитуда качаній маятника 46.
Амфитрита 328.
Аналитическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса 301.
Андромаха 335, 350, 361.
Андромеда 50, 176, 179, 624, 645, 646.
Аномалистическій годъ 131.
Аномалистическій мѣсяцъ 413, 748.
Антаресъ 179, 180, 576, 578, 606.
Антигона 336, 337.
Антиной 613.
Антиподы 31.
Анъ-Арборская обсерваторія въ Мичиганѣ 329.
Ароаты 322.
Апексъ 556.
Апеннины 430.
Апланатическія трубы 791.
Апогей 112.
Аполлонъ 186, 272.
Апрѣльскій метеорный потокъ 568.
Апсиды 112.
Апусъ 180.
Аргентинскія измѣренія 645.
Арго 601, 621, 639, 650.
Аргументъ 184.
Аргументъ широты 122.
Ареографическая широта 311.
Ареографы 309.
Арета 337.
Аристархъ 442.
Аріадна 357, 361.
Аріель 464.
Арктофюлаксъ 180.
Арктуръ 178, 180, 576, 588, 592, 605.
Армиллярная сфера, армилла 778, 781, 782.
Астеріонъ 180.
Астероиды 317, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 368, 746, 859.
Астеропа 180, 610.
Астрея 323, 324, 325.
Астрографъ 871, 892.
Астролябія 778, 780, 884.
Астрономическая долгота 11.
Астрономическая сѣтка 807.
Астрономическая труба 789.
Астрономическая широта 11.
Астрономическія эфемериды 880.
Астрономическое кольцо 780.
Астрофизика 690, 867.
Астрофизическая обсерваторія въ Потсдамѣ 209, 236, 871, 899.
Астрофизическіе приборы 867.
Атаиръ, Альтаиръ 50, 179, 180, 553, 576, 578 585, 588.
Атала 327.
Аталанта 328, 330.
Атласъ 180, 610.
Атмосфера 286.
Атмосфера Весты 323.
Атмосфера Марса 314, 315.
Атмосфера Меркурія 279, 280.
Атмосфера Сатурна 378.
Атмосфера солнца 238, 255.
Атмосфера Юпитера 373, 374, 375.
Атмосферическія линіи 280.
Атмосферные приливы и отливы 736.
Атомы 260.

Атропосъ, Атропа 326, 333.
Афелій 112, 116, 117, 131, 276, 277, 307, 334, 350.
Ахернаръ 180, 577.
Ахроматическія зрительныя трубы 790.
Ахроническій восходъ 167.
Ахроническій заходъ 167.

Баварія 350, 361.
Бавкида 335.
Баденія 325.
Базисъ 23, 74.
Баптистина 330, 340, 341, 347, 361.
Барій 205.
Барометръ 152.
Батенъ Кайтосъ 180.
Башня съ подвижной крышей 855.
Безконечный винтъ 848, 851, 852.
Беллона 325, 328.
Беллятриксъ 180.
Бенетнашъ 180.
Берлинская обсерваторія 343.
Берлинскія академическія карты 327.
Бессемерованіе стали 256.
Бетейгейзе 180, 576, 578, 591, 592, 639.
Бianка 338.
Близнецы 99, 163, 177, 601, 613, 625, 650.
Близполюсныя звѣзды 831.
Болометръ 208, 873, 874.
Большая комета 1843 года 507, 508, 509.
Большая комета 1861 года 531, 532.
Большая комета 1880 года 515, 516, 517.
Большая комета 1882 года 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524.
Большая Медвѣдица 25, 90, 160, 175, 179, 180, 608, 613, 622.
Большая ось эллипса 34, 117.
Большая полуось 118, 124.
Большая полуось земной орбиты 291.
Большая полуось орбиты Марса 303.
Большая полуось орбиты Меркурія 272.
Большая туманность въ Оріонѣ 679, 680, 683.
Большія кометы 471, 472.
Большія туманности 667, 668.
Большое неравенство въ движеніи Юпитера и Сатурна 746.
Большой кругъ 6.
Большой Левъ 178.
Большой пассажный инструментъ Эртеля 894.
Большой Песъ 178, 650.
Большой Пулковскій рефракторъ 791, 895.
Большой рефракторъ вѣнск. обсерваторіи 854.
Боннскія наблюденія 645.
Борозды на лунѣ 430, 432.
Брахиты 794.
Брунгильда 330.
Брунія 334, 347, 350.
Бумерангъ 543.
Буссоль 883, 884.
Бѣлый быкъ 681.
Бѣлыя звѣзды 591
Бѣлыя пятна вблизи экватора Марса 313.

Ваалъ 186.
Вальда 330, 339.
Вальпурга 339.
Варіація 743.
Ватерпасъ 824.
Вега 50, 91, 174, 179, 180, 285, 553, 576, 578, 585, 588, 592, 645.
Величина луннаго затмѣнія 143, 144.
Величина наибольшей фазы затмѣнія 149.
Велледа 325.
Венерра 95, 97, 103, 104, 105, 107, 110, 118, 122, 126, 127, 151, 161, 233, 253, 262, 266, 267, 272, 275, 280, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 303, 316, 317, 357, 365, 368, 369, 553.
Веринтія 325.
Верньеръ 783, 836, 840, 848, 849, 850, 851, 858, 859, 875, 876, 877, 888.
Вертикалъ 839.
Вертикальная ось 888.
Вертикальное направленіе 691.
Вертикальный кругъ 846, 858, 897.
Вертикальный кругъ Эртеля 894.
Верхнее соединеніе планеты съ солнцемъ 103, 108, 284.
Верхнія планеты 97, 303.
Верхняя кульминація 14.
Вершина конуса 709.
Вершины эллипса 117.
Веспертиліо 180.
Весперуго 283.
Веста 186, 323, 324, 356, 357, 358, 359, 367.
Вечернія звѣзды 97.
Взаимное наклоненіе двухъ круговъ 7.
Взаимныя разстоянія планетъ 740.
Вибилія 326, 330.
Видимая величина звѣздъ 575.
Видимая либрація луны 753.
Видимое полушаріе 9.
Видимые размѣры Марса 304.
Видимые размѣры Меркурія 275.
Видимые размѣры Сатурна 378.
Видимые размѣры Юпитера 365.
Видимый горизонтъ 8.
Видимый діаметръ Урана 393.
Видманштеттовы фигуры 546.
Видоизмѣненія закона Ньютона 271, 272.
Видъ земли 745.
Видъ земли съ поверхности луны 416.
Видъ и размѣры кометъ 468, 469, 470.
Видъ колецъ съ Сатурна 391.
Видъ неба со спутниковъ Юпитера 461.
Видъ неба съ поверхности луны 422.
Видъ солнца въ зрительную трубу 208.
Викторія 326, 361.
Виндеміатриксъ 180.
Виндобона 325.
Винтовой микрометръ 860, 861, 877.
Винтовыя туманности 677.
Вліяніе возмущеній на времена года 757.
Вліяніе кометъ на земныя явленія 540, 541.
Вліяніе луны на землю 424.
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на количество осадковъ въ тропическихъ странахъ 230.
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на появленіе циклоновъ въ Индійскомъ океанѣ 230.
Вліяніе солнечныхъ пятенъ на среднюю годовую температуру земли 230.
Вліяніе прецессіи на видъ неба 89, 90.
Вліяніе Юпитера на движеніе нѣкоторыхъ астероидовъ 335.
Внутренняя граница зоны астероидовъ 334, 350.
Внутренняя теплота земли 725, 726.
Внѣшняя граница зоны астероидовъ 334, 350.
Вода на лунѣ 421.
Водолей 91, 93, 163, 179, 613.
Водородные протуберанцы 250.
Водородъ 205, 255.
Возможность взаимнаго сближенія астероидовъ 362, 363, 364.

Возможные спутники Меркурія и Венеры 466.
Возмущенія планетъ 737, 738, 739.
Возничій 175, 177, 601, 648.
Возрастъ земли 728.
Возрастъ планетъ 728.
Волопасъ 178, 180, 624, 625, 651.
Волоса Вереники 621.
Волоса кометы 468.
Ворона 180.
Воспроизведеніе на глобусѣ вида небесной сферы, какъ онъ представляется наблюдателю въ данный моментъ 165.
Восточное полушаріе 9.
Восходъ звѣздъ 18.
Восходящій узелъ планетной орбиты 121.
Восьмикратная звѣзда 614.
Восьмилѣтній періодъ въ движеніи Венеры 282.
Вращательное движеніе земли 62.
Вращеніе Венеры 287, 288, 289.
Вращеніе земли 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35.
Вращеніе колецъ Сатурна 386, 387.
Вращеніе луны около оси 418.
Вращеніе Марса 305.
Вращеніе Меркурія 276, 277.
Вращеніе небеснаго свода 27.
Вращеніе небесныхъ тѣлъ 29.
Вращеніе пятенъ 222.
Вращеніе Сатурна 379, 380, 387, 388.
Вращеніе солнца 218, 219, 226, 236.
Вращеніе Урана 394.
Вращеніе Юпитера вокругъ оси 371, 372.
Времена года 63, 64, 65, 66, 67, 170.
Времена года и смѣна дней и ночей на лунѣ 419.
Времена года на Марсѣ 306, 307.
Времена года на Ураиѣ 395.
Времена года на Юпитерѣ 376, 377.
Время вращенія солнца 220, 221.
Время обращенія 124.
Время обращенія Венеры 283.
Время обращенія луны около земли 411.
Время обращенія Марса около солнца 306.
Время обращенія Нептуна 409.
Время обращенія Юпитера 368.
Время обращенія Фобоса 451.
Время прохожденія черезъ перигелій 124.
Всемірное тяготѣніе 36, 690, 751.
Всеобщее притяженіе 690.
Вторичный спектръ 793.
Второе неравенство въ движеніи планетъ 100, 102, 111.
Второе среднее солнце 135.
Второй законъ Кеплера 117.
Второй періодъ въ исторіи открытій астероидовъ 323.
Высокая вода 731, 732.
Высота атмосферы 152, 153.
Высота лунныхъ горъ 431.
Высота полюса 12, 835, 847, 849, 850, 877, 887.
Высота появленія метеоровъ 551, 552.
Высота свѣтила 9, 57, 168, 839, 842, 846, 856, 857, 860.
Высота экватора надъ горизонтомъ 12, 53, 57, 801, 835.
Вычисленіе геліоцентрическаго положенія планеты 123.
Вычисленіе кометныхъ орбитъ 475, 476, 477, 478, 479.
Вычислительная линейка 807, 808.
Вычислительный институтъ въ Берлинѣ 343, 347, 359.
Вѣковое движеніе перигелія Меркурія 262, 270, 271.
Вѣковое уменьшеніе наклонности эклиптики 55.
Вѣковое ускореніе луны 271.
Вѣковыя возмущенія 741, 747, 754, 755, 768.
Вѣковыя возмущенія въ движеніи линіи апсидъ и линіи узловъ лунной орбиты 752.
Вѣковыя измѣненія вращенія луны 752.
Вѣнская обсерваторія 338, 343, 856, 896, 897, 898.
Вѣнскій рефракторъ 792.
Вѣроятность эллиптической орбиты 713.
Вѣсъ наблюденій 891.
Вѣсъ тѣлъ 36, 718.
Вѣсы (созвѣздіе) 59, 92, 178, 652.
Вѣчность вещества 191.

Галатея 329, 332.
Галилеева труба 789.
Галлеева комета 320.
Галлій 203.
Галлія 325.
Гальваническій токъ 874.
Ганимедъ 453.
Гарумна 336.
Гауризанкаръ 21, 154.
Гауссова постоянная величина 119.
Геба 324.
Гейдельберга 325.
Гейслерова трубка 249.
Геката 333.
Гелій 249, 250.
Геліографическая широта 216.
Геліометръ 864, 865, 866, 895.
Геліоскопическій окуляръ 228, 230.
Геліостатъ 224, 870, 871.
Геліоцентрическая долгота 120.
Геліоцентрическое положеніе планеты 120.
Гемма или Гнозія 180.
Генріетта 493.
Географическая долгота 12, 81, 878.
Географическая или нѣмецкая миля 25.
Географическая широта 12, 15, 801, 802, 814, 834, 835, 877.
Геодезическіе приборы 892.
Геометрическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса 301, 302.
Геоцентрическая долгота 120.
Геоцентрическое положеніе планеты 120.
Гера 323.
Герда 330.
Геркулесъ 50, 178, 179, 181, 621, 653.
Германія 325.
Гесперія 328.
Гесперъ 283.
Гестія 361.
Гигинусъ 432, 442.
Гигіея 327, 332.
Гидра 93, 178, 651.
Гильда 334, 337, 339, 493.
Гиперболическая кривая 320, 710.
Гиперболическая орбита 771, 712.
Гиперіонъ 462.
Гипотеза Бредихина объ образованіи хвостовъ 537, 538.
Гипотеза волнообразнаго колебанія эѳира 188.
Гипотеза Гельмгольца о поддержаніи солнечной теплоты 261.
Гипотеза истеченія свѣтового вещества 188.
Гипотеза Канта-Лапласа 571, 761, 762, 763, 764, 765.

Гипотеза Леверье о происхожденіи астероидовъ 360.
Гипотеза Майера о поддержаніи солнечной теплоты 260, 261.
Гипотеза Ньютона о поддержаніи солнечной теплоты 259, 260.
Гипотеза Ольберса о происхожденіи астероидовъ 322, 323, 359.
Гипотеза приступовъ 189.
Гипотеза Скіапарелли 562, 563, 564.
Гипотеза столкновеній Локьера 659.
Гипотеза Фая 766.
Гипотеза Цельнера о строеніи кометъ 539.
Гипотеза Энке 490.
Гиреобразная туманность 678, 688.
Гирп 821, 851.
Гіады 49, 50, 163, 177, 180, 600, 611.
Гіеди 181.
Гіена 181.
Главныя точки горизонта 9.
Глазъ Тельца 180.
Гномонъ 54, 777, 778, 804.
Гнутіе круга 889.
Годичный параллаксъ звѣздъ 78, 79, 80.
Годичное уравненіе 743, 744.
Годовое движеніе земли 62.
Годовое движеніе солнца 49.
Годъ 50, 51.
Голландская труба 789.
Голова въ группѣ пятенъ 212.
Голова Горгоны 181.
Голова Медузы 177, 181.
Гольфштремъ 34.
Гончіе псы 613, 623.
Гордонія 326.
Горизонтальные солнечные часы 812, 813, 814.
Горизонтальный параллаксъ 75, 293
Горизонтальный параллаксъ солнца 295.
Горизонтъ 8, 801, 838, 849, 850, 856, 888.
Горныя цѣпи на лунѣ 430.
Горныя цѣпи на Марсѣ 311.
Гороскопъ 808.
Горы Венеры 286, 287.
Горѣніе безъ огня 192.
Градусныя измѣренія 22, 34, 745.
Гранатовая звѣзда 656.
Границы зоны астероидовъ 350.
Грануляція 209, 254.
Гринвичская обсерваторія 840, 891.
Гринвичскій рефракторъ 792.
Группы пятенъ 211.
Губерта 326.

Дабихъ 181.
Давленіе на ось вращенія 714.
Даная 330, 331.
Дарвина изслѣдованія 767.
Дафна 329, 342.
Два Осла 180.
Двигатель 820.
Движеніе брошеннаго тѣла 699.
Движеніе верхнихъ планетъ 97.
Движеніе двойныхъ звѣздъ 616.
Движеніе Деймоса 451.
Движеніе земли въ пространствѣ 758.
Движеніе линіи апсидъ 131.
Движеніе линіи апсидъ лунной орбиты 748, 749.
Движеніе линіи узловъ лунной орбиты 747, 750.
Движеніе луны 700, 885.
Движеніе нижнихъ планетъ 96, 97.
Движеніе перигелія Марса 272.
Движенія перигелія Меркурія 272.
Движеніе планетъ 61, 694, 702.
Движеніе по лучу зрѣнія 222.
Движеніе солнца въ пространствѣ 608, 609, 610.
Движеніе узловъ Венеры 272.
Движущая сила 820.
Двойныя звѣзды 610, 637, 638, 829, 861.
Двойныя звѣзды какъ средство для испытанія зрительныхъ трубъ 627.
Двойныя туманности 670.
Деймосъ 450.
Дельфинъ 179, 655.
Денебола 178, 181.
Денебъ 91, 179, 181, 576, 578.
Денебъ Альгеди 181.
Денебъ Кайтосъ 181.
Денебъ-эль-Азадъ 181.
Дембовска 326.
Деференты 102, 103, 104, 105.
Деформація стеколъ 793.
Дженареиды 322.
Дике 333, 342.
Диплейдоскопъ Дента 805.
Диссоціація 254.
Дифференціальныя наблюденія 859, 887.
Діалитическія трубы 791.
Діана 364.
Діаметръ Венеры 284.
Діаметръ Марса 303, 304.
Діаметръ Меркурія 273.
Діаметръ планеты 866.
Діаметръ солнца 186, 864.
Діафрагма 863
Ііона 462, 464.
Діоптрическія трубы 793, 795.
Діоптры 780, 796.
Длина секуднаго маятника 40, 745.
Длина свѣтовыхъ волнъ 195.
Дневная дуга 51.
Долгота восходящаго узла 124.
Долгота восходящаго узла плоскости солнечнаго экватора 220.
Долгота перигелія 124.
Долгота планеты въ орбитѣ 122.
Долгота планеты въ эклиптикѣ 122.
Дополнительные цвѣта 199.
Дорадо 181.
Дорисъ 329, 331, 357.
Драконическій мѣсяцъ 413.
Драконъ 91, 175, 176, 179, 588, 613.
Дрезда 325, 330.
Друммондовъ свѣтъ 256.
Дубхэ 181.
Дѣва 50, 163, 178, 323, 613, 623, 651.
Дѣйствительная либрація луны 753.
Дѣйствіе притягательной силы земли на движущіяся тѣла 698.
Дѣйствіе рефракціи 156.
Дѣйствующая сила 851.
Дѣленіе Кассини 382.
Дѣлительная машина 776, 889.

Ева 335, 359.
Евгенія 326.
Евника 351.
Евриклея 337.
Еврипома 332.
Европа 325, 453.
Евтерпа 364.
Египетская планетная система 105.
Единица теплоты 192.
Единорогъ 601, 650.
Елена 350.

Жаркій поясъ земной поверхности 33, 67, 68.
Желтая двойная линія натрія 203.
Желтыя звѣзды 591.
Желѣзнодорожное время 140.
Желѣзные метеориты 546.
Желѣзо 205.
Жесткость шнурка 851.
Живая сила 191, 852.
Жидкости невѣсомыя 188.
Жирафъ 610, 626.
Жители луны 442, 443.
Жители Марса 315, 316.
Жители планетъ 410.
Жозефина 361.

Зависимость періодичности числа солнечныхъ пятенъ отъ положенія планетъ относительно солнца 233.
Задача о трехъ тѣлахъ 740, 741.
Задачи, рѣшаемыя при помощи небеснаго глобуса 165.
Зажигательное стекло 785.
Зажимной винтъ 844.
Законъ Боде-Тиціуса 266, 317, 318.
Законъ Бойля-Маріотта 254.
Законъ Вебера 271.
Законъ всемірнаго тяготѣнія 119, 271, 695, 696, 697, 702, 703, 716, 717.
Законъ Гаусса 271.
Законъ Гей-Люссака 254.
Законъ Гей-Люссака-Маріотта 152, 153.
Законъ Дальтона 254.
Законъ Дунера о вращеніи солнечной поверхности 226.
Законъ площадей 709.
Законы небесныхъ движеній 690.
Законы образованія солнечн. пятенъ 217, 218.
Законы разложенія солнечныхъ пятенъ 218.
Законы рефракціи 155.
Замедленіе вращенія земли въ зависимости отъ приливовъ и отливовъ 271.
Западное полушаріе 9.
Затмѣнія луны 142, 878, 885.
Затмѣнія спутниковъ Юпитера 82, 302, 453, 454, 455, 457, 878, 885.
Заходъ звѣздъ 13.
Заяцъ 648.
Звѣзда счастія Китая 334.
Звѣздная величина 276.
Звѣздная куча въ Геркулесѣ 664.
Звѣздная куча около ω Центавра 682.
Звѣздная куча «Собраніе драгоцѣнныхъ камней» 682.
Звѣздное время 16, 36, 133, 134, 169, 782, 802, 804, 832, 858.
Звѣздное время въ средній полдень 137.
Звѣздный каталогъ 58.
Звѣздныя группы 663.
Звѣздныя карты 174, 182, 349.
Звѣздныя карты Шакорнака 338.
Звѣздныя кучи, звѣздныя скопленія 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667.
Звѣздныя кучи въ созвѣздіи Водолея 185.
Звѣздныя сутки 16, 133, 134, 136.
Звѣздныя эталонированія 600.
Звѣзды Бёрнхема 628.
Звѣзды второй величины 576.
Звѣзды первой величины 576.
Звѣзды, приближающіяся къ нашей солнечной системѣ 606.
Звѣзды съ туманными лучами 674.
Звѣзды, удаляющіяся отъ нашей солнечной системы 607.
Земля 95, 107, 126, 129, 233, 317, 369.
Земная орбита 112, 115, 116.
Земная параллель 13.
Земная рефракція 157.
Земной глобусъ 170.
Земные круги 8.
Земные тропики 13.
Зенитное разстояніе 9, 839, 845, 846, 847.
Зенитъ 8, 846.
Зеркало 855, 856.
Зеркальный секстантъ 885.
Зеркальный телескопъ 794.
Зеркальный телескопъ Росса 670.
Змѣеносецъ 181, 601, 653.
Змѣя 178.
Знаки зодіака 11, 91.
Знакъ Овна 60.
Знакъ Рака 60.
Зодіакальный свѣтъ 162, 244.
Зодіакальныя созвѣздія 91, 92.
Золото 205.
Зоны 140.
Зрительная труба 774, 784, 785, 788, 789, 796, 839, 840, 857, 860, 869, 870.
Зубчатое колесо 820, 851.

Идуна 335.
Изисъ 364.
Измѣненіе длины тропическаго года 755, 756.
Измѣненіе длины секуднаго маятника 62.
Измѣненіе напряженія силы тяжести 37, 38, 39, 40.
Измѣненіе эксцентриситета земн. орбиты 725.
Измѣненія видимой формы колецъ Сатурна 383, 384, 385.
Измѣненія въ положеніи земн. полюсовъ 724.
Измѣненія въ туманностяхъ 683, 684, 685.
Измѣненія на поверхности Марса 311, 312, 313, 314.
Измѣненія формы солнечныхъ пятенъ 209.
Измѣненія яркости астероидовъ 357.
Измѣненія яркости и цвѣта звѣздъ 578.
Измѣняемость географическихъ широтъ 723.
Измѣреніе времени 120.
Измѣреніе высоты лунныхъ горъ 436, 437.
Изображенія предметовъ 786.
Изотермы 70, 71.
Импульсъ 690.
Индексъ 837, 838, 849, 850, 860, 862, 877.
Индій 203.
Индѣецъ 588.
Инструментальныя ошибки 859, 888, 889.
Интерференція 190, 195.
Интрамеркуріальныя планеты 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271.
Инфракрасная часть спектра 207, 208.
Ирена 327.
Ирза 350.
Иррисъ, Ирида 324, 357, 746.
Иррадіація 161, 299, 549.
Искаженіе линій въ спектрѣ солнечныхъ пятенъ 252.
Искатель 849, 871.
Искусственный горизонтъ 800, 801, 833, 840.
Исландскіе гейзеры 255.
Исландскій шпатъ 197.
Исменъ 493.
Испытаніе телескоповъ 628.
Испытаніе хронометровъ 822, 823, 824.
Испытатель уровней 826.

Истинная аномалія 124.
Истинная долгота планеты 125.
Истинная долгота планеты въ орбитѣ 124.
Истинное время 10, 16, 134, 135, 138, 169, 802.
Истинное зенитное разстояніе 154.
Истинный горизонтъ 8.
Истинныя обращенія планетъ 125.
Исторія названій различныхъ образованій на лунѣ 290.
Исторія открытія солнечныхъ пятенъ 227, 228, 229.
Истрія 325, 335.

Іедъ 181.
Іо 332, 453.
Іоанна 325.

Кажущаяся либрація луны 754.
Кажущееся отклоненіе плоскости качаній маятника 45, 47.
Кажущіяся колебанія въ положеніи звѣздъ 162.
Калипсо 364.
Калисто 453.
Калліопа 328.
Кальцій 205.
Каменный дождь 548.
Камилла 361.
Каналы на Марсѣ 309, 310, 313.
Каникула 180.
Канопусъ 181, 577.
Кантъ-Лапласова гипотеза относительно образованія нашей солнечной системы 360.
Капелла 177, 178, 180, 450, 576, 584, 588, 601.
Капскія облака 681.
Кармазиновая звѣзда 648.
Карпаты 430.
Карта луны 428.
Карта Марса 308, 309.
Карты неба 323, 324, 328, 330, 339.
Кассегреновскій окуляръ 795.
Кассета 872.
Кассіопея 50, 56, 176, 588, 600, 624, 645, 646.
Касторъ 177, 178, 181, 576, 613, 625.
Каталогъ зодіакальныхъ звѣздъ 340.
Каталогъ перемѣнныхъ звѣздъ 645.
Катоптрическія трубы 793, 795.
Квадрантъ 14, 54, 57, 778, 780, 783, 826, 839.
Квадратура 80, 81, 107, 108, 303, 308, 414, 742.
Кеплерова зрительная труба 789, 796.
Кеплеръ 442.
Кинетическая энергія 191.
Китъ 163, 177, 323, 639, 645, 647.
Кларисса 361.
Классификація туманностей и звѣздныхъ скопленій 662.
Клевеитъ 249.
Клеомедъ 434.
Клеопатра 337, 338.
Климатъ на поверхности Юпитера 376.
Климаты древнихъ 69.
Клинтонская обсерваторія въ штатѣ Нью-Іоркъ 331.
Клитія 361.
Клоринда 361.
Клото 328, 333.
Ключъ 865, 866.
Книга Шу-кингъ 93.
Кобальтъ 205.
Коза 180.
Козерогъ 59, 91, 92, 181.
Козликъ 181.
Колебанія свѣтовой волны 195.
Колебательное движеніе 196.
Колесница 175, 180.
Коллиматоръ 832, 840, 868, 869, 870, 894.
Коллимаціонная линія 828, 830, 831.
Коллимаціонная ошибка 800, 828, 830.
Колосъ 178, 180, 181.
Кольца Сатурна 382, 387, 388, 695.
Кольцевой микрометръ 863.
Кольцеобразная туманность въ Лирѣ 184, 671.
Кольцеобразное затмѣніе 148.
Кольцеобразныя горы на лунѣ 434.
Кольцеобразныя туманности 670, 671.
Кольцо метеоровъ между Меркуріемъ и Венерой 272.
Колѣнчатый экваторіалъ 898.
Комета Біэлы 491, 492, 493, 494, 495, 499, 501.
Комета Брорзена 501, 502, 507.
Комета Брукса 504, 505.
Комета Виннеке 367.
Комета Галлея 480, 481, 482, 483, 484, 485, 488.
Комета Де-Вико 500, 501.
Комета Донати 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 537.
Комета Коджіа 533.
Комета Лекселя 502, 503, 504.
Комета Рордама 535.
Комета Свифта 500, 501.
Комета Уэльса 525.
Комета Фая 367, 499, 500.
Комета Хольмеса 505, 506, 507, 535.
Комета Энке 489, 490, 494, 499, 535.
Комета 1770 I 502.
Комета 1843 года 510, 511, 512, 513, 514.
Комета 1844 I 498, 500.
Комета 1861 I 568.
Комета 1862 III 488, 563.
Комета 1866 I 564.
Комета 1866 VII 500.
Комета 1889 V 502.
Комета 1894 IV 498.
Кометная орбита 497, 498.
Кометоискатель 856, 892, 897, 898.
Компасъ 884.
Компенсація 820.
Конверторъ 256.
Конецъ затмѣнія 146
Коническія сѣченія 320, 709.
Конкордія 325, 332, 364.
Конусъ 709, 859.
Конусъ полной тѣни 142, 147.
Конусъ полутѣни 142, 148.
Координаты 780, 860, 873.
Коперникова система міра 285.
Коперникъ 434, 442.
Корабль 601.
Корнефоросъ 181.
Корона (созвѣздіе) 178, 652.
Корона солнечная 255.
Короній 244, 255.
Коръ-Кароли 181, 553.
Космическій восходъ 167.
Космическій заходъ 167.
Кошабъ 181.
Красное пятно на Юпитерѣ 370.
Красныя звѣзды 591.
Кратеръ Линней 441.
Кратеръ Мессье 442.
Кратеръ Тихо 433.
Кратныя звѣзды 613.
Кривая линія 116.
Кривизна 821.
Кристальная сфера 30, 105.
Кронгласъ 790, 791, 793.

Кронодейкъ 810.
Круговая линія 100.
Круговая орбита 320.
Кругъ высоты 9.
Кругъ склоненія 10, 850, 851, 857, 861, 863, 866.
Ксифіасъ 181.
Кульминаціонная высота 801, 834.
Кульминація 10, 13, 810, 827, 829, 839, 849, 850.
Кучеобразные протуберанцы 247.
Кюнозура 181.

Лагеры 828, 830, 832, 835, 839, 840.
Лагъ 883, 884.
Ландсберговы таблицы движенія Венеры 293.
Лахезисъ 333, 361.
Лебедь 179, 584, 613, 626, 655.
Левъ 50, 58, 163, 613, 623, 650, 651.
Леда 364.
Ледниковый періодъ 723.
Лейкотея 329.
Лето 328, 332.
Либератриксъ 325.
Либрація 440, 754.
Ликская обсерваторія 307, 308, 310, 311, 356, 359.
Лимбъ 836, 838.
Линейная скорость вращенія точекъ земного экватора 224.
Линза 864.
Линіи A и B 205.
Линія апсидъ 113, 130, 306, 743.
Линія равноденствій 67.
Линія узловъ 121.
Линія узловъ солнечнаго экватора 220.
Лира 50, 174, 179, 610, 613, 639, 654.
Лисица 601, 610, 654.
Литій 205.
Ловельская обсерваторія 309.
Ломаная труба 828, 846.
Ломаный экваторіалъ 856.
Лудольфово число 123, 700.
Луна 49, 104, 105, 161, 167, 316, 411, 855.
Лунная атмосфера 421.
Лунная либрація 439.
Лунная орбита 112.
Лунные кратеры 428, 435, 436.
Лунныя горы 310, 428, 429, 430.
Лунныя долины 427.
Лунныя затмѣнія 20, 141.
Лунныя карты 438.
Лунныя моря 434.
Лунныя сутки 732.
Лучистая энергія 194.
Людовика 330.
Люменъ 326, 335, 336.
Лютеція 325, 328.
Люциферъ 283.

Магеллановы облака 681.
Магнитная стрѣлка 874, 884.
Магнитъ 883.
Магній 205.
Майя 181, 331, 361, 610, 684.
Максимиліана 326.
Малая Медвѣдица 90, 92, 175, 176, 181, 602, 653.
Малая ось эллипса 117.
Малые круги 12.
Малый Конь 619.
Малый Песъ 178, 650.
Малыя планеты 95, 322, 324, 334.
Марганецъ 205.
Марія 336.
Маркабъ 181.
Марсикъ 553.
Марсъ 95, 97, 98, 104, 105, 107, 110, 118, 126, 127, 129, 161, 266, 287, 291, 292, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 321, 322, 334, 335, 350, 351, 356, 357, 359, 368, 369, 445.
Марфикъ 181.
Масса астероидовъ 359.
Масса Венеры 284.
Масса звѣздъ 720, 721.
Масса кометъ 474.
Массалія 325, 328, 364.
Масса луны 431, 735.
Масса Марса 304, 305.
Масса Меркурія 273.
Масса метеоровъ 553.
Масса планетъ 720, 739.
Масса Сатурна 378, 721.
Масса солнца 186, 719, 720.
Масса тѣла 35, 36.
Масса Урана 394, 721.
Масса Юпитера 365, 366, 367, 368, 721.
Мастерская Ваятеля 647.
Материки Марса 307, 309.
Матильда 338.
Маховое движеніе 852.
Маятникъ 38, 820, 821.
Маятникъ Штернека 40.
Мгновенныя силы 690
Мегрецъ 181.
Медвѣжій сторожъ 180.
Медея 338.
Медуза 338, 339.
Международное астрономич. общество 333.
Мелета 329, 331, 364.
Мельбурнская обсерваторія 855.
Мельбурнскій рефлекторъ 795.
Менкалинамъ 181.
Менкаръ 181.
Меракъ 181.
Меридіанальная высота свѣтила 14.
Меридіанальныя высоты луны во время полнолунія лѣтомъ и зимой 418.
Меридіанные знаки 832.
Меридіанный кругъ 827, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 845, 851, 859, 860, 888, 892, 897.
Меридіанный кругъ Репсольда 894.
Меридіанъ 9, 849, 850, 877.
Меркурій 95, 96, 97, 103, 104, 105, 107, 110, 122, 126, 151, 211, 233, 253, 262, 263, 264, 267, 270, 272, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 284, 288, 299, 303, 316, 317, 357, 359, 368, 369, 377.
Меропа, Меропе 181, 610, 683, 684.
Мерцаніе звѣздъ 156, 157.
Металлич. протуберанцы 250, 255.
Метеоритная гипотеза Локьера 767.
Метеорное желѣзо 546, 547, 550.
Метеорное солнце 556.
Метеорные камни 546.
Метеорный потокъ 560.
Метеорный потокъ Леонидовъ 570, 572.
Метеорный потокъ св. Лаврентія 571.
Метеорологическіе приборы 892.
Метеоры 153, 543, 544.
Метида 327.
Метоновъ циклъ 282.

Метръ 24.
Метръ-прототипъ 24.
Механическая теорія теплоты 191.
Механическій процессъ 258, 259.
Механическій эквивалентъ теплоты 192.
Мечъ-Рыба 181.
Мизамъ 181.
Микаръ 181.
Микрометрическій винтъ 844, 851, 865, 877.
Микрометръ 852, 859, 860, 861, 862, 863, 864.
Микроскопъ 774, 785, 836, 837, 840, 841, 842, 844, 865, 866, 875, 877.
Мимасъ 462, 464.
Минерва 332.
Минтака 181.
Мира (звѣзда) 181.
Мирахъ 181.
Мирзамъ 181.
Мирфакъ 181.
Миры 832, 851, 894.
Митра 186.
Мицаръ 181, 611, 627.
Млечный путь 597, 600, 601, 602.
Молекулярное движеніе 690.
Моментъ кульминаціи точки весенняго равноденствія 57.
Монбланъ 21.
Монохроматическія изображенія солнечныхъ выступовъ 246.
Монтировка 854, 857, 871.
Морская астрономія 882.
Морская миля 25.
Морскія карты 883.
Морской горизонтъ 801.
Моря на лунѣ 434, 435, 441, 442.
Моря на Марсѣ 307, 309, 310.
Муфридъ 181.
Муфта 866.
Муха 613, 651.

Наблюдаемое зенитное разстояніе 154.
Наблюдательная астрономія 774.
Наблюденія солнечныхъ пятенъ 340.
Надиръ 8, 838.
Наибольшая фаза затмѣнія 143.
Наклонность астероидовъ 350, 354.
Наклонность кометныхъ орбитъ къ плоскости эклиптики 467.
Наклонность орбиты Меркурія 273.
Наклонность планетныхъ орбитъ 121, 122, 124, 739, 761, 768.
Наклонность плоскости экватора Марса къ плоскости его орбиты 306.
Наклонность солнечнаго экватора къ эклиптикѣ 220.
Наклонность эклиптики къ экватору 11, 50, 51, 53, 55, 56, 306, 777, 887.
Направленіе движенія планетъ 761.
Напряженіе силы тяжести 36.
Напряженность химическихъ и тепловыхъ лучей 238.
Насѣдка 180, 181, 610, 660, 662.
Натрій 205.
Натъ 181.
Начало затмѣнія 146.
Наѣздникъ 611.
Неаполь 325.
Небесная механика 690.
Небесные круги 8.
Небесный глобусъ 164.
Небесный экваторъ 26, 839.
Небесныя суточныя параллели 12.
Невидимое полушаріе 9.
Невидимыя части спектра 205.
Невѣсомыя 188.
Недостатокъ планетной системы Коперника 111.
Неизмѣнность времени вращенія земли вокругъ оси 724.
Неизмѣняемость большихъ осей планетныхъ орбитъ 769.
Нектаръ 181.
Немауза 325, 330, 350.
Ненетта 361.
Неправильности въ движеніи Урана 396.
Неправильныя движенія солнечн. пятенъ 221.
Непрерывный спектръ 202.
Непрерывныя силы 690.
Нептунисты 725.
Нептунъ 71, 78, 95, 98, 104, 126, 266, 323, 357, 368, 369, 372, 396, 397, 398, 399.
Нефтисъ 340, 361.
Нижнее соединеніе 103, 109, 283.
Нижнія планеты 96, 303.
Нижняя кульминація 10, 14.
Низмесъ 325.
Никель 205.
Николевы призмы 197, 198, 874.
Нисходящій узелъ планетной орбиты 121.
Ніоба 330, 351.
Новая Возничаго 649.
Новая звѣзда Тихо-Браге 645.
Новая Корона 652.
Новая Лебедя 655.
Новая Персея 656, 657.
Новое изданіе звѣздн. каталога Птоломея 340.
Новолуніе 414.
Новыя звѣзды 639, 657, 658, 659.
Новѣйшія воззрѣнія на происхожденіе небесныхъ тѣлъ 765.
Нодусъ 181.
Номенклатура 308, 309.
Ноніусъ 844, 861, 862, 876.
Нормальное время 139, 140.
Нормальные часы Кесселься 894.
Ночная дуга 51.
Ноябрьскій метеорный потокъ 573, 574.
Нутація 89, 94, 95, 716, 834.
Ньютонъ 701, 704, 705, 706.

Обелискъ 777, 778.
Оберонъ 464.
Обитатели кометъ 542. – О. луны 444.
Обитатели Марса 279, 317.
Облакообразные протуберанцы 247.
Обоймица 849.
Оборотъ винта 861, 862.
Обратное движеніе 95, 102, 107, 109, 468, 748, 756.
Обратное движеніе узловъ 751.
Обращающій слой 250, 254.
Обращеніе спектра 203, 204.
Обсерваторіи 891, 892.
Обсерваторія въ Берлинѣ 337, 881.
Обсерваторія въ Вѣнѣ 881.
Обсерваторія въ Готѣ 853.
Обсерваторія въ Гринвичѣ 878.
Обсерваторія въ Дюссельдорфѣ 337.
Обсерваторія въ Жювизи около Парижа 287.
Обсерваторія въ Килѣ 853.
Обсерваторія въ Лейпцигѣ 337.
Обсерваторія въ Ниццѣ 899.
Обсерваторія въ Парижѣ 337.
Обсерваторія въ Сантъ-Яго-де-Чили 841.

Обсерваторія въ Страсбургѣ 899.
Обсерваторія въ Христіаніи 853.
Обсерваторія Іеркеса 899.
Обсерваторія Купера въ Маркри-Кэстлѣ 327.
Обсерваторія Куфнера въ Вѣнѣ 873.
Обсерваторія на горѣ Гамильтонъ 899.
Общество Уранія 351.
Объективная призма 870.
Объективный микрометръ 864.
Объективъ 787, 828, 832, 856, 857, 864, 865, 866, 869, 870, 872.
Объемъ Венеры 284.
Объемъ Марса 304.
Объемъ Меркурія 273.
Овенъ 59, 91, 92, 163, 177, 612, 613.
Одиннадцатилѣтній періодъ солнечныхъ пятенъ 214, 215.
Озирисъ 186.
Окда 181.
Околополярныя звѣзды 14, 839.
Окружность положенія 886.
Октантъ (инструментъ) 781.
Октантъ (положеніе луны) 414.
Окулярный микрометръ 864.
Окуляры 787, 828, 829, 846, 854, 856, 857, 860, 862, 863, 870.
Олимпія 330.
Омега-туманность 688.
Онона 337.
Описательная астрономія 164, 186.
Оппавія 325, 330, 339.
Оппозиція 107, 128, 303, 312.
Опредѣленіе взаимнаго разстоянія между двумя точками земн. шара по глобусу 171.
Опредѣленіе времени 168, 802, 803, 804, 805, 808.
Опредѣленіе времени вращенія солнца косвеннымъ путемъ 234, 235.
Опредѣленіе времени вращенія солнца по смѣщенію линій въ солнечномъ спектрѣ 222, 226.
Опредѣленіе времени вращенія солнца по солнечнымъ пятнамъ 219.
Опредѣленіе высоты полюса 15, 53.
Опредѣленіе долготы мѣста 457, 877.
Опредѣленія долготы по луннымъ кульминаціямъ 880.
Опредѣленіе долготы по луннымъ разстояніямъ 879, 885.
Опредѣленіе долготы по телеграфу 881.
Опредѣленія долготъ при помощи перевозки хронометровъ 881, 882, 885.
Опредѣленіе массы Юпитера 314, 758.
Опредѣленіе наклонности эклиптики 53.
Опредѣленіе орбиты новаго небесн. тѣла 320.
Опредѣленіе отношенія массы планеты, имѣющей спутника, къ массѣ солнца 305.
Опредѣленіе по глобусу времени восхода и захода солнца 166, 172.
Опредѣленіе по глобусу времени кульминаціи, восхода и захода какого-нибудь свѣтила 167.
Опредѣленіе по глобусу высоты и азимута звѣзды для даннаго момента 167.
Опредѣленіе по глобусу высоты и азимута звѣзды для даннаго мѣста 167.
Опредѣленіе по глобусу дня, когда восходъ и заходъ данной звѣзды будутъ космическими 167.
Опредѣленіе по глобусу дня, когда солнце восходитъ и заходитъ въ опредѣленное заранѣе заданнсе время 168.
Опредѣленіе по глобусу долготы и широты свѣтила, прямое восхожденіе и склоненіе котораго извѣстны 166.
Опредѣленіе по глобусу звѣзднаго времени, соотвѣтствующаго данному среднему 168.
Опредѣленіе по глобусу околополярныхъ звѣздъ для даннаго мѣста 166.
Опредѣленіе по глобусу положенія планеты или солнца среди неподвижн. звѣздъ 166.
Опредѣленіе положенія даннаго мѣста на поверхности земли по глобусу 171.
Опредѣленіе положенія линіи апсидъ 130.
Опредѣленіе продолжительности самаго длиннаго дня для даннаго мѣста по земному глобусу 174.
Опредѣленіе продолжительности самаго короткаго дня для даннаго мѣста по земному глобусу 174.
Опредѣленіе прямыхъ восхожденій звѣздъ, 16, 56, 57.
Опредѣленіе размѣровъ небесныхъ тѣлъ 77.
Опредѣленіе разстояній отъ небесныхъ тѣлъ до земли 76.
Опредѣленіе разстояній отъ планетъ до солнца 129.
Опредѣленіе разстоянія между двумя недоступными точками 74.
Опредѣленіе сидерическаго обращенія планеты 127.
Опредѣленіе склоненій звѣздъ 15.
Опредѣленіе солнечнаго параллакса 344.
Опредѣленіе эксцентриситетовъ планетныхъ орбитъ 130.
Оптика 867.
Оптическая звѣздная система 617.
Оптическая ось 785, 8 5, 849, 861, 864, 866, 888.
Оптическіе обманы 160, 161, 162.
Оптическія затмѣнія 879, 885.
Опытъ Плато 763.
Опытъ Фуко 46.
Орбита Венеры 283.
Орбита Деймоса 452.
Орбита Марса 307.
Орбита Меркурія 277.
Орбита Фобоса 452.
Орбиты двойныхъ звѣздъ 618, 619.
Орбиты малыхъ планетъ 350.
Орелъ 50, 179, 601, 654, 655.
Ориентированіе древнихъ храмовъ 92.
Ориентировка 165, 801, 883.
Оріонъ 49, 50, 178, 180, 181, 601, 610, 649.
Орѣхъ 180.
Освѣщеніе земли солнцемъ въ данный моментъ 173.
Освѣщеніе Меркурія солнцемъ 277, 278, 279
Освѣщеніе нитей 862, 864.
Оскулирующій эллипсъ 746.
Осы 181.
Основная мѣра 24.
Ось міра 8, 847, 851, 859, 870, 888.
Ось склоненій 856, 866.
Ось чечевицы 785.
Отклоненіе падающихъ тѣлъ 32, 33, 62, 701
Открытіе Нептуна 404.
Открытіе первыхъ астероидовъ 318.
Открытіе первыхъ четырехъ спутниковъ Юпитера 452.
Открытіе спутниковъ Марса 445, 446, 447, 448, 449.
Открытіе Урана 393.
Отливы 424, 731.
Относительная яркость звѣздъ 161.

Относительное положеніе свѣтила 873.
Относительныя числа Вольфа 215.
Отражательная способность 270, 280, 356.
Отражательный секстантъ Гадлея 798, 799, 800, 801.
Отражательный телескопъ Гершеля 597.
Отраженіе солнечныхъ лучей атмосферой 157.
Отраженный солнечный свѣтъ 158.
Отрицательная поправка часовъ 817.
Отталкивательная сила кометъ 537.
Оттилія 350.
Отысканіе астероидовъ при помощи фотографіи 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351.
Офіухъ 178, 179, 181, 585, 601, 622, 623, 624, 653.
Ошибка индекса 838, 839, 845, 846, 867.
Ошибки наблюденій 809.

Падающія звѣзды 542, 543, 545, 878.
Паденіе аэролитовъ 544, 545, 547, 549.
Паденіе тѣлъ 32.
Палесъ 329, 331.
Паллиціумъ 180.
Паллада 321, 322, 324, 356, 357, 358, 359, 360, 362, 366, 453.
Палласово желѣзо 547.
Пандора 325, 328.
Параболическая кривая 320, 710.
Параллаксъ 880.
Параллаксъ высоты 76.
Параллаксъ луны 148, 745.
Параллаксъ Марса 294.
Параллаксъ неподвижныхъ звѣздъ 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585.
Параллаксъ свѣтилъ 71.
Параллаксъ солнца 297.
Параллактическая машина 853.
Параллактическая монтировка 854, 855, 856.
Параллактическая установка 852, 855, 856, 857, 858, 859, 864, 892.
Параллактическій инструментъ 859.
Параллактическое неравенство 744, 745.
Параллели 12.
Парижская обсерваторія 328, 330, 856.
Партенопа 325.
Пары астероидовъ, открытыхъ въ одну ночь различными наблюдателями 328.
Пары малыхъ планетъ, открытыхъ въ одну ночь однимъ наблюдателемъ 330.
Пассажная призма Штейнгейля 806.
Пассажный инструментъ 825, 827, 828, 832, 834, 860, 892, 894, 897.
Пассаты 33.
Паутиновыя нити 798.
Пегасъ 50, 179, 619, 621, 656.
Пенелопа 350.
Пепельный свѣтъ луны 417.
Первая четверть 414.
Первое неравенство древнихъ 99, 100, 101, 111.
Первое среднее солнце 135.
Первоначальный толчекъ 698.
Первый вертикалъ 803, 834.
Первый законъ Кеплера 111, 112, 113, 114, 115, 709.
Переводъ звѣзднаго времени въ среднее и обратно 135.
Перевороты, совершающіеся на поверхности солнца 211.
Передняя и задняя стороны луны 424.
Перемѣна въ счетѣ чиселъ 47, 48.
Перемѣнныя звѣзды 639.
Перемѣнныя звѣзды въ звѣздныхъ кучахъ 686.
Перемѣнныя звѣзды типа Алголя 660.
Перемѣнныя звѣзды типа Удивительной 659.
Перемѣны на поверхности луны 440, 441.
Перигей 112.
Перигелій 112, 115, 117, 131, 277, 307, 320, 334, 744.
Періодическая комета Фая 496.
Періодическіе метеорные дожди 558, 559, 560, 561.
Періодическія возмущенія 741, 745, 746, 747, 768.
Періодическія измѣненія діаметра солнечнаго диска 233.
Періодическія измѣненія на Марсѣ 313.
Періодическія измѣненія числа солнечныхъ пятенъ 213, 216, 255.
Періодическое колебаніе земной оси 835.
Періодъ колебанія 196.
Персей 177, 600, 621, 647.
Пертурбаціи 739.
Петля или узелъ 99.
Пиргеліометръ 873.
Планетарныя туманности 670, 671, 672.
Планетная орбита 114.
Планетная система Коперника 106, 107, 108, 215.
Планетная система Птоломея 104.
Планетная система Тихо-Браге 110.
Планетныя системы 95.
Планетоиды 322.
Планеты 49, 60.
Планеты-Близнецы 329.
Платоническій годъ 91.
Платонъ 441.
Плейона 181, 610.
Плеяды 50, 93, 163, 177, 180, 349, 600, 610, 611, 660, 662, 683, 861.
Плюо 181.
Плоскость горизонта 847.
Плоскость качаній маятника 41.
Плоскость колебанія 197.
Плоскость солнечнаго экватора 255.
Плотность атмосферы 152.
Плотность Венеры 284.
Плотность земли 729, 730, 731.
Плотность кометъ 474.
Плотность небесныхъ тѣлъ 716, 729.
Плотность Марса 305.
Плотность Меркурія 273.
Плотность солнца 187.
Плотность тѣлъ 35, 36.
Плутонисты 725, 726.
Поверхность Венеры 284.
Поверхность Марса 304.
Поверхность Меркурія 273.
Поглощеніе свѣта атмосферой 159.
Поддержаніе солнечной теплоты 257, 258, 259.
Подковообразная туманность 677.
Подъемные винты 844, 845.
Позиціонный кругъ 861, 862, 866.
Позиціонный микрометръ 861, 863, 864.
Покрытіе звѣздъ луною 879, 885.
Покрытіе Марсомъ звѣзды 8-й величины 314.
Пола 325.
Полана 325.
Поле зрѣнія 849, 850, 851, 852, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 866, 870.
Полигамнія 359, 367.
Поликсо 361.
Поллуксъ 177, 181, 576, 588.
Полная величина прилива 733.
Полное затмѣніе луны 145.

Полное солнечное затмѣніе 148, 239, 250.
Полнолуніе 415.
Положеніе земной оси въ прежнія времена 722.
Положеніе кометъ и метеоровъ въ нашей солнечной системѣ 565, 566, 567.
Положеніе оси вращенія Венеры 287.
Положеніе оси вращенія Марса 306.
Положеніе равноденственныхъ точекъ 56.
Положеніе экватора на небесной сферѣ 52.
Положеніе эклиптики относительно экватора 53.
Положительная поправка часовъ 817.
Полосы на Меркуріи 272.
Полосы на Сатурнѣ 378, 379.
Полосы на Юпитерѣ 369, 371.
Полуденная линія 9.
Полуденная труба 827, 828, 832, 833, 835, 837, 858.
Полутѣнь солнечнаго пятна 208, 212.
Полюсъ міра 8, 847, 849, 855, 856, 861.
Полюсы Юпитера 370.
Поляризація 190, 196, 198.
Поляризація свѣта, идущаго къ намъ отъ небеснаго свода 199.
Поляризація свѣта солнечной короны 244.
Поляризованный свѣтъ 196.
Полярная 20, 25, 26, 27, 88, 90, 91, 176, 181, 576, 846.
Полярная ось 856, 857, 858, 865.
Полярная сила 487.
Полярное разстояніе 10, 839, 847, 849, 850, 851, 858, 859.
Полярные круги 13, 67.
Помпея 350.
Пониженіе горизонта 21.
Поперечное колебаніе 196.
Поперечный масштабъ 783, 875.
Поправка индекса 858, 859.
Поправка часовъ 817, 818.
Пороховой взрывъ 878.
Поры 210.
Послѣдняя четверть 415.
Посохъ Іакова 49, 178, 180, 614, 679.
Постоянная и непрерывно-дѣйствующая сила 691.
Постоянныя ошибки 889.
Постоянство плоскости качанія маятника 45, 46.
Постоянство средней температуры земли въ историческія времена 726.
Поступательное движеніе земли 62.
Поступательное движеніе солнечныхъ пятенъ 222.
Потерянныя планеты 342.
Потокъ Леонидовъ 561, 564.
Потокъ Персеидъ 563.
Потокъ св. Лаврентія 560, 569.
Потсдамскій астрографъ 871.
Поющій Пѣтухъ 180.
Практическая астрономія 888.
Предвареніе равноденствій 89.
Предвычисленіе луннаго затмѣнія 145, 146.
Прежнія попытки опредѣленія солнечнаго параллакса 294.
Преломляющій уголъ 868, 870.
Пресепе 181, 663.
Прецессія 89, 90, 91, 94, 95, 104, 182, 715, 756.
Прецессія по прямому восхожденію 182, 183.
Прецессія по склоненію 183.
Приборъ Бѣлопольскаго для провѣрки принципа Доплера-Физо 224, 226.
Приборъ для измѣренія фотографическихъ пластинокъ 873.
Приборъ Эбле 807, 808.
Приведенная долгота планеты 122.
Призма 868, 869.
Призматическая камера 250, 251, 870.
Прикладной часъ 732, 733.
Приливное дѣйствіе 767.
Приливы и отливы 424, 725, 731, 732, 733, 734, 735, 736.
Принципъ Доплера-Физо 222, 223, 224, 226 289, 372, 388, 606.
Принципъ сохраненія площадей 708.
Принципъ сохраненія силы 191.
Принципъ сохраненія энергіи 191.
Приспособленія для наблюденій солнца 228.
Притягательная сила земли 698.
Природа кометъ 536.
Природа перемѣнныхъ звѣздъ 658.
Природа туманныхъ пятенъ 686, 687.
Пробѣлы въ зонѣ астероидовъ 361, 362.
Проволочная рѣшетка 866.
Продолжительность временъ года въ различныхъ столѣтіяхъ 131, 132.
Продолжительность звѣздныхъ сутокъ 724.
Продолжительность колебанія 196.
Прозрачность кометъ 474.
Производящая конуса 709.
Происхожденіе астероидовъ 359.
Происхожденіе двойныхъ звѣздъ 767.
Происхожденіе короны 242.
Происхожденіе метеорныхъ колецъ 562.
Происхожденіе протуберанцевъ 242.
Простой спектроскопъ 868.
Противовѣсъ 849, 857.
Противостояніе 80, 81, 312, 352.
Протуберанцы 241, 243, 247, 251, 252, 255.
Прохожденіе Венеры передъ солнечнымъ дискомъ 290, 291, 292, 293, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 334, 865.
Прохожденіе кометы между солнцемъ и землею 271.
Прохожденіе Меркурія передъ солнечнымъ дискомъ 262, 263, 267, 280, 281, 282, 292, 299.
Прохожденіе спутниковъ Юпитера передъ дискомъ планеты 453, 456.
Прохожденіе черезъ перигелій 130.
Проціонъ 178, 180, 181, 576, 578, 584, 588, 605, 631.
Прочность системы міра 768.
Пружина 852.
Прямое восхожденіе 10, 168, 782, 802, 833, 834, 835, 850, 858, 859, 860, 861, 863, 873, 881, 887.
Прямое движеніе 95, 102, 107, 108, 468, 756,
Прямолинейная тригонометрія 54.
Прямоугольные координаты 873.
Псевдо-Дафна 329.
Психея 327.
Пулковская обсерваторія 224, 832, 871, 878, 893, 894, 895, 896.
Путеводная звѣзда 180.
Путешествіе вокругъ свѣта 20.
Путешествіе на луну 425, 426.
Путь тѣла, брошеннаго на поверхности земли 706, 707.
Пучкообразные протуберанцы 247.
Пушечный выстрѣлъ въ полдень 138, 818.
Пятна на Венерѣ 286.
Пятна на Марсѣ 305, 308, 309, 314.
Пятна на Меркуріи 272.

Пятна на солнцѣ 208, 231, 232.
Пятна на Юпитерѣ 369, 371.
Пятнообразовательная дѣятельность солнца 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 230, 252.
Пятый спутникъ Юпитера 271, 460, 461.

Работа силы 191.
Равноденственныя точки 11, 52.
Равнодѣйствующая сила 85.
Радіантъ 559.
Радіусъ-векторъ 117, 125, 130.
Радіусъ кривизны 864.
Раздвоеніе каналовъ на Марсѣ 312, 313.
Раздвоеніе кометы Біэлы 491.
Раздѣленіе двойныхъ звѣздъ на классы 611, 612, 613.
Раздѣленіе окружности 6.
Раздѣленіе перемѣнныхъ звѣздъ на классы 658, 659.
Разложеніе скоростей 85.
Размѣры астероидовъ 356, 358.
Размѣры земли 21, 23, 745.
Размѣры колецъ Сатурна 389, 390.
Размѣры неподвижныхъ звѣздъ 585, 586.
Размѣры Нептуна 410.
Размѣры протуберанцевъ 242, 248.
Размѣры Сатурна 389, 390.
Размѣры солнечнаго и луннаго дисковъ во время восхода и заката этихъ свѣтилъ 160.
Размѣры солнечныхъ пятенъ 210, 211.
Размѣры солнца 88, 186.
Размѣры спутниковъ Марса 450.
Размѣры спутниковъ Юпитера 458.
Разностныя наблюденія 853.
Разстояніе между двойными звѣздами 617.
Разстояніе отъ Венеры до земли 283, 284, 296.
Разстояніе отъ Венеры до солнца 283, 296.
Разстояніе отъ земли до луны 29.
Разстояніе отъ земли до солнца 29, 88, 291, 294, 295.
Разстояніе отъ Меркурія до земли 273.
Разстояніе отъ Нептуна до солнца 409.
Разстояніе отъ Сатурна до земли 378.
Разстояніе отъ Сатурна до солнца 377.
Разстояніе отъ Урана до земли 393.
Разстояніе отъ Урана до солнца 393.
Разстояніе отъ Юпитера до земли 365.
Разстояніе отъ Юпитера до солнца 365.
Разстояніе перигелія отъ солнца 117.
Разстоянія свѣтилъ отъ земли 738.
Райская птица 180.
Райтъ 163.
Ракъ 59, 91, 163, 178, 180, 622, 650.
Распредѣленіе звѣздъ въ пространствѣ 596, 597, 598, 599, 600.
Распредѣленіе орбитъ астероидовъ 360, 361.
Распредѣленіе перемѣнныхъ звѣздъ на небѣ 640, 641.
Распредѣленіе пятенъ по поверхности солнца 216, 217, 255.
Расъ-Альгети 181.
Расъ-Альхагуе 181.
Расъ-Эляседъ 181.
Регулъ 178, 180, 576, 578, 588.
Регуляторъ 820, 821, 852.
Рефлекторъ 790, 793, 854, 855.
Рефракторъ 790, 792, 793, 854, 871.
Рефракторъ Альвана Кларка 897, 898.
Рефракторъ Грубба 896, 898.
Рефракторъ Мерца и Малера 895.
Рефракторъ Фраунгофера 897.
Рефракція 153, 154, 880.
Рефракція въ горизонтѣ 155.
Рефракція въ горизонтѣ на Венерѣ 286.
Рея 462.
Ригель 181, 576, 606.
Родопа 336.
Роза на глобусѣ 164, 169.
Ртутный горизонтъ 801, 838.
Рубидій 203.
Рудольфовы таблицы движенія Венеры 293.
Рыбій ротъ 180.
Рыбы 91, 163, 177, 323.
Рычагъ 849, 852.
Рѣка Эриданъ 180.
Рѣшетка Роуланда 869.

Садоръ 181.
Садъ-Эльзуудъ 181.
Садъ-Эльмеликъ 181.
Сапіенція 338, 339, 346, 347.
Саросъ 149, 282.
Сатурнъ 95, 98, 100, 104, 105, 107, 110, 151, 166, 233, 266, 284, 291, 303, 317, 357 368, 369, 372, 377, 746, 747, 751.
Сафо 332, 345.
Свея 346, 361.
Свободная ось вращенія 714, 715.
Свободное паденіе тѣлъ на Венерѣ 284.
Свободное паденіе тѣлъ на земной поверхности 691, 692, 693.
Свободное паденіе тѣлъ на Меркуріи 274.
Свободное паденіе тѣлъ на солнцѣ 187.
Свойства большихъ круговъ 6.
Свойства эллипса 116.
Свѣтлыя линіи въ спектрѣ 203.
Свѣтлыя полосы на лунѣ 430, 433.
Свѣтлыя точки на Марсѣ 310.
Свѣтовыя волны 194, 195.
Свѣторазсѣяніе 869.
Свѣтъ Венеры 282.
Свѣтящіяся облака 153.
Сегментъ 865.
Секстантъ 781.
Секторіальная скорость 123.
Секторъ 839.
Секундный маятникъ 39.
Семейства кометъ 479.
Семеле 332.
Семизвѣздіе 180.
Семь Воловъ 180.
Сердце Гидры 180.
Сердце Льва 180.
Сердце Скорпіона 180.
Серебро 205.
Середина затмѣнія 146.
Сжатіе земли 34, 35, 62, 88, 721, 744, 745.
Сжатіе Меркурія 273.
Сжатіе планетъ 35, 721.
Сжатіе Сатурна 379, 380.
Сжатіе солнечнаго диска 156.
Сжатіе Урана 394.
Сжатіе Юпитера 34, 371, 373.
Сибилла 337, 361.
Сигналы 878.
Сидерическое обращеніе 99, 118, 125, 126, 284, 304.
Сизигіи 80, 742.
Сила притяженія 696.
Сила свѣта 196.
Сила тяжести 31, 35, 36, 88.
Силезія 325.
Силы 85.
Сильвія 337.

Синодическое обращеніе 98, 99, 126, 127, 284, 304.
Сиріусъ 50, 178, 180, 553, 576, 578, 584, 588, 592, 605, 606, 622, 628, 631, 645.
Сиррахъ 181.
Система Алголя 636.
Система колецъ Сатурна 381, 383.
Система Коперника 109.
Система Тихо-Браге 111.
Систематическія ошибки 887, 889.
Системы двойныхъ звѣздъ 629, 630.
Системы сложныхъ объективовъ 791.
Сита 338, 339.
Скатъ 181.
Склоненіе 10, 57, 173, 782, 801, 834, 835, 856, 859, 860, 861, 863, 873, 887.
Скопленія h и χ въ мечѣ Персея 663.
Скорость звука 28.
Скорость свѣта 81, 82, 83, 84, 85.
Скорпіонъ 179, 601, 613, 623, 653.
Сложеніе и разложеніе силъ 86.
Сложеніе скоростей 85.
Сложный спектроскопъ 868.
Случайныя ошибки 887, 889.
Слѣдствія вращенія Венеры около оси 289.
Слюда 801.
Смѣщеніе спектральныхъ линій 223, 226, 252.
Снѣжная граница 70.
Собачій хвостъ 181.
Собственное движеніе Проціона 632.
Собственное движеніе Сиріуса 631, 632, 633.
Собственное движеніе солнечн. пятенъ 220.
Собственное движеніе солнца 50.
Собственный свѣтъ кометъ 473.
Собственныя движенія звѣздъ 604, 605.
Собственныя движенія туманностей 683.
Соединеніе 80, 81, 107, 290.
Солнечная атмосфера 236, 237.
Солнечная корона 239, 240, 244, 251.
Солнечная постоянная 257.
Солнечная система 303.
Солнечная теплота 194, 208, 238, 239, 256.
Солнечное затмѣніе 147, 150, 294, 879, 885.
Солнечное истинное время 134, 804.
Солнечные выступы 241.
Солнечные факелы 236.
Солнечные часы 811, 816.
Солнечный дискъ 238.
Солнечный параллаксъ 294, 295, 296, 298, 300, 301, 302, 352, 744, 745.
Солнечный свѣтъ 188.
Солнечный спектръ 202, 203, 226, 873.
Солнечный экваторъ 219.
Солнечныя истинныя сутки 16, 134, 732.
Солнечныя пятна 212, 221, 252, 253, 254, 255.
Солнце 104, 105, 186, 592.
Солнцестояніе 777.
Соприкосновеніе краевъ Венеры и солнца 297.
Сопротивленіе эѳира 751.
Сорокашестилѣтній періодъ въ движеніи Меркурія 282.
Составляющія силы 85.
Софія 350.
Спектрально-двойныя звѣзды 635.
Спектральные аппараты 867, 892.
Спектральный анализъ 202, 203, 205, 690.
Спектральныя линіи 868, 869.
Спектральныя наблюденія 315, 852, 867.
Спектрографическое фотографированіе 870.
Спектрографъ 224, 867, 870.
Спектрометръ 867, 869.
Спектроскопъ 201, 208, 226, 280, 867, 868, 869, 870.
Спектръ 195, 200.
Спектръ Венеры 287.
Спектръ второго класса 590.
Спектръ газообразныхъ туманностей 688.
Спектръ желѣза 204.
Спектръ звѣздныхъ скопленій 687.
Спектръ калія 202.
Спектръ кометъ 473, 474.
Спектръ короны 244, 245.
Спектръ литія 202.
Спектръ лучеиспусканія 204.
Спектръ магнія 202.
Спектръ мѣди 202.
Спектръ натрія 202.
Спектръ Нептуна 410.
Спектръ перваго класса 589.
Спектръ поглощенія 204.
Спектръ протуберанцевъ 244, 245, 246, 249.
Спектръ Ригеля 606.
Спектръ Сатурна 379, 388.
Спектръ солнечныхъ пятенъ 252.
Спектръ солнца 201, 204.
Спектръ Титана 204.
Спектръ третьяго класса 590.
Спектръ Урана 394.
Спектръ хромосферы 249.
Спектры звѣздъ 589, 591.
Спектры земныхъ источниковъ свѣта 868.
Спика 178, 180, 181, 576, 578, 591, 606.
Спираль 820.
Спиральная туманность въ созвѣздіи Гончихъ Псовъ 676.
Спиральное строеніе млечнаго пути 608.
Спиральное строеніе солнечныхъ пятенъ 212.
Спиральное строеніе туманностей 676.
Спиральныя туманности 667, 675.
Спорадическіе метеоры 558, 560.
Способъ наблюденія соотвѣтствующихъ высотъ 809.
Способъ наименьшихъ квадратовъ 890, 891.
Способъ Сомнера для опредѣленія положенія корабля на морѣ 886, 887.
Спутники внѣшнихъ планетъ 445.
Спутники Марса 304, 445.
Спутники Сатурна 331, 388, 461, 462, 463, 464.
Спутники Урана 331, 464, 465.
Спутники Юпитера 445, 452, 453.
Спутникъ Венеры 289, 290, 291.
Спутникъ Меркурія 271.
Спутникъ Нептуна 465.
Спутникъ Проціона 635.
Спутникъ Сиріуса 634.
Сравненіе яркости неподвижныхъ звѣздъ съ яркостью нашего солнца 585, 587.
Сравнительные размѣры Венеры и земли 284.
Сравнительные размѣры луны и земли 412.
Сравнительные размѣры Марса и земли 304.
Сравнительные размѣры Меркурія и земли 273.
Сравнительные размѣры Сатурна и земли 378.
Сравнительные размѣры Урана и земли 393.
Сравнительные размѣры Юпитера и земли 365.
Среднее ариѳметическое 889.
Среднее время 134, 135, 138, 169, 802, 832.
Среднеевропейское время 141.
Среднее колебаніе 822.
Среднее разстояніе отъ земли до солнца 293.
Среднее разстояніе отъ Марса до солнца 303.
Среднее разст. отъ Меркурія до солнца 272.
Среднее разстояніе отъ планеты до солнца 117, 125.

Средній полдень 138.
Средняя аномалія 123, 124.
Средняя годовая температура 70.
Средняя долгота 124, 125.
Средняя планета 123, 135.
Средняя плотность Меркурія 273.
Средняя плотность солнца 187.
Средняя скорость движенія Меркурія 273.
Средняя температура земли 727.
Старѣйшія космогоническія гипотезы 758, 759, 760.
Статистика астероидовъ 342, 349, 350, 353, 354.
Статистика метеоровъ 554, 555, 557.
Статистика солнечныхъ пятенъ 215, 214.
Стожары 180.
Столкновеніе кометъ съ землею 493, 494, 495, 496.
Столъ 181.
Сторожа 181.
Стояніе планеты 95, 99, 103, 108, 109.
Страсбургскій меридіанный кругъ 841.
Строеніе колецъ Сатурна 389.
Строеніе млечнаго пути 607.
Строеніе солнечныхъ пятенъ 212.
Строеніе Юпитера 376.
Стрѣла 601, 655.
Стрѣлецъ 91, 99, 175, 601, 602.
Стѣнной квадрантъ 782, 783, 827, 840.
Стѣнной кругъ 840.
Сумерки 153, 158.
Сумерки на Венерѣ 286.
Суточная угловая скорость вращенія солнца для различныхъ геліографическихъ широтъ 221.
Суточное движеніе 25, 849, 863.
Суточное колебаніе 822.
Суточный параллаксъ 74, 75.
Сферическая тригонометрія 802.
Сферическій треугольникъ 802, 808.
Сфероидъ 34, 35.
Сѣверная корона 621, 623.
Сѣверная охотничья собака 180.
Сѣверное полушаріе 8.
Сѣверное сіяніе 153, 249, 286.
Сѣверный полюсъ міра 26.
Сѣтка нитей 797, 829, 831, 838, 860, 861, 864.

Таблицы движенія планетъ 124.
Таблицы Меркурія 276.
Таблицы прецессіи 182, 184.
Тайгета 181, 610.
Талій 203.
Таутохронное явленіе 878.
Тахиметрическій способъ опредѣленія солнечнаго параллакса 302.
Телеграфъ 881.
Телескопъ 849, 850, 851, 854, 858, 859, 860, 864, 865, 866, 867, 869, 870, 885, 892.
Телескопъ Іеркеса 792, 793.
Телескопъ ликской обсерваторіи 792.
Телецъ 49, 50, 91, 177, 180, 601, 610, 648.
Теллурическія линіи 280.
Телѣжка для перекладки пассажнаго инструмента 841.
Темное кольцо Сатурна 382.
Температура звѣздъ 592.
Температура мірового пространства 728.
Температура солнца 254, 255, 256, 257.
Теодолитъ 781, 846, 858.
Теорія Вильсона-Гершеля о физическомъ строеніи солнца 253.
Теорія волнообразнаго колебанія эѳира 189.
Теорія вѣроятностей 890.
Теорія истеченія свѣтовой матеріи 189.
Теорія Секки-Юнга о физическомъ строеніи солнца 254.
Тепловая энергія 191, 193.
Тепловые лучи 207.
Теплоемкость 258.
Теплородъ 190.
Теплота, ссылаемая солнцемъ 188.
Термоэлектрическій столбикъ 230.
Техника фотографированія 867.
Теченія, совершающіяся внутри солнца 255.
Титанія 464.
Титанъ 205, 331, 462.
Толиманъ 181.
Толоза 325.
Топографія луны 438.
Топографія Марса 307.
Топографія неба 186.
Тормазъ 820, 821, 852.
Точка весенняго равноденствія 11, 52, 887.
Точка востока 52.
Точка горизонта на кругѣ 839.
Точка запада 52.
Точка зимняго солнцестоянія 11, 52.
Точка лѣтняго солнцестоянія 11, 52.
Точка нуля 838, 850.
Точка осенняго равноденствія 11, 52.
Точка полюса на кругѣ 839.
Точки солнцестояній 11, 52, 67.
Транснептуніальныя планеты 410.
Трапеція въ Оріонѣ 614.
Треніе 851, 852.
Третій законъ Кеплера 291, 296.
Тригонометрическія величины 72, 73.
Трикветръ 778, 779.
Трираздѣльная туманность (Trifid nebula) 672, 683.
Три Святые Короля 180.
Тріангуляція 23.
Тройныя звѣзды 613.
Тропики 13, 33, 67.
Тропикъ Козерога 13.
Тропикъ Рака 13.
Тропическій поясъ 68.
Тропическое обращеніе 117, 118, 120, 126, 304.
Троппау 325.
Туле 334, 339, 493.
Туманности 641, 642, 660, 661, 855.
Туманности въ созвѣздіи Арго 682.
Туманности въ созвѣздіи Большой Медвѣдицы 185.
Туманности правильной формы 669.
Туманность въ Андромедѣ 602, 679.
Туманность въ Плеядахъ 684.
Туманность Крабъ 677.
Туманныя звѣзды 672, 673, 674.
Туснельда 338.
Тѣла, находящіяся въ солнечной атмосферѣ въ газообразномъ состояніи 205.
Тѣла, отсутствующія въ солнечной атмосферѣ 205.
Тѣневыя полосы 151.
Тѣнь, отбрасываемая предметами при свѣтѣ Венеры 282.
Тѣнь солнечнаго пятна 209, 212.
Тяжесть 690.

Увеличеніе 859, 870.
Углекислота на Марсѣ 315.
Уголъ положенія 617, 861, 862, 866.
Угольный мѣшокъ 601, 610.

Удивительная 591, 647.
Ультрафіолетовая часть спектра 206.
Умбріель 464.
Умѣренный поясъ земной поверхности 67, 68.
Уна 361.
Ундина 333.
Универсалъ 843.
Универсальный инструментъ 842, 843, 844, 845, 854, 859.
Универсальный штативъ 857, 858.
Уикъ-Эльхайя 181.
Уравненіе времени 135, 809.
Уравненіе орбиты 124, 125, 742.
Уравненіе свѣта 88.
Уранъ 71, 95, 98, 104, 126, 266, 317, 320, 357, 368, 369, 372, 393, 399—403, 405—407.
Урда 336.
Уровень 777, 801, 824, 825, 826, 836, 844, 845, 850.
Ускореніе неподвижныхъ звѣздъ 136.
Ускореніе силы тяжести на небесныхъ тѣлахъ 718.
Ускореніе средняго движенія луны 725, 751.
Установка глобуса 165.
Устойчивость осей вращенія планетъ 715.
Устойчивость солнечной системы 770, 771, 772.
Утренняя звѣзда 97, 283.

Фазы Венеры 275, 284, 285.
Фазы луны 412, 413, 415.
Фазы Марса 303.
Фазы Меркурія 272, 274, 284, 285.
Факелы 208, 209, 235, 255.
Фекда 181.
Фердинандова Церера 319.
Феронія 325, 331, 332, 357, 364.
Фигура земли 22, 23, 24, 34.
Фигура небесныхъ тѣлъ 20, 716.
Фидесъ-Фидея 328, 361.
Физическая астрономія 690.
Физическая система 617.
Физическіе способы опредѣленія солнечнаго параллакса 302.
Физическія затмѣнія 878, 885.
Физическія свойства спутниковъ Юпитера 459.
Физическое строеніе колецъ Сатурна 386.
Физическое строеніе солнца 252, 253.
Филагорія 338, 339.
Филія 339.
Философія 338.
Флинтгласова призма 868, 870.
Флинтгласъ 790, 791, 793.
Флора 324, 327, 746.
Флуоресценція 206.
Фобосъ 450.
Фокальная плоскость 786, 863.
Фокея 328.
Фокусное разстояніе 855, 864, 869.
Фокусъ 785, 786, 829, 830, 860.
Фокусы эллипса 34, 117.
Фомальгаутъ 180, 561, 576.
Форма небеснаго свода 160.
Формула Дунера для угловой скорости вращенія солнечныхъ пятенъ 227.
Формула Петерса для угловой суточной скорости вращенія солнечныхъ пятенъ 221.
Формула Фая для угловой суточной скорости вращенія солнечныхъ пятенъ 221.
Формула Шпёрера для угловой суточной скорости вращенія пятна 221.
Фосфоресценція 286.
Фосфоръ 283.
Фотографированіе астероидовъ 344, 354.
Фотографированіе кометъ 534, 535.
Фотографированіе неба 595, 852, 867, 871.
Фотографированіе полнаго солнечнаго затмѣнія 245.
Фотографированіе спектровъ 870.
Фотографическая камера 870.
Фотографическая пластинка 870, 872, 873.
Фотографическая труба 871.
Фотографія небесная 690.
Фотометрія 690.
Фотометръ Цельнера 874.
Фотосфера 209, 247, 254.
Фотосферическая сѣтка 209.
Фраунгоферовы линіи 201, 202, 203, 204, 205, 249, 250, 251, 255.
Фрея 332.
Фригга 331, 357.
Фэо 326.

Хамаль 181.
Хара 181.
Хвостъ кометы 468, 537, 538.
Херсилія 337, 361.
Химическій процессъ 258.
Химическій спектръ 206.
Химическое сродство 192, 193.
Ходъ часовъ 40, 817, 818, 833.
Холодный поясъ земной поверхности 67, 68.
Хризеисъ 361.
Хроматическая аберрація 789.
Хромосфера 238, 247, 249, 251, 255.
Хромъ 205.
Хронографъ 835, 892.
Хронометръ 821, 822, 881, 882, 885, 892.
Хэдусъ 181.

Цапфы 837, 888.
Цвѣтная аберрація 789.
Цвѣтные лучи 200.
Цвѣтъ астероидовъ 357.
Цвѣтъ двойныхъ звѣздъ 614, 615.
Цвѣтъ звѣздъ 578.
Цвѣтъ Марса 305.
Цвѣтъ солнечныхъ пятенъ 212.
Цвѣтъ хромосферы 247.
Цезій 203.
Целено 181, 610.
Центавръ 605, 613, 622, 652.
Центральная сила 62, 709.
Центральная станція для астрономическихъ телеграммъ въ Килѣ 336.
Центральное солнце вселенной 607.
Центральныя затмѣнія 149.
Центробѣжная сила 31, 34, 35, 36, 37, 62, 88, 714, 721, 852.
Центробѣжный маятникъ 852.
Центръ свободнаго вращенія планетъ 714.
Центръ эллипса 34, 117.
Церера 319, 320, 321, 322, 323, 324, 329, 350, 356, 357, 358, 359, 360, 362.
Цефей 176, 602, 646, 656.
Ценнія 330, 340.
Цибелла 326.
Цирена 333.
Цирцея 361.
Цозма 181.
Цубенъ Элякрабъ 181.
Цюрихская обсерваторія 214.

Часовая ось 858, 866.
Часовой кругъ 850, 851, 856, 857, 866.

Часовой механизмъ 849, 851, 857, 863, 866, 871, 872.
Часовой уголъ 10, 782, 802, 804, 847, 849, 850, 857, 858, 860.
Часовой уголъ солнца 802.
Часовые круги 10.
Часовыя нити 850.
Частное затмѣніе 143, 149.
Частныя возмущенія 745, 746.
Часы 820, 821, 833, 852, 882, 892.
Часы Дента 894.
Часы Хауга 894.
Чаша 651.
Черная капля 299.
Четверныя звѣзды 614.
Число астероидовъ 352.
Число колебаній въ теченіе 1 секунды для инфракрасныхъ лучей 208.
Число колебаній въ теченіе 1 секунды для ультрафіолетовыхъ лучей 207.
Число колебаній свѣтовыхъ волнъ въ теченіе 1 секунды 196.
Число кометъ 467.
Число метеоровъ 554.
Число неподвижныхъ звѣздъ 592, 593, 594 595, 596.

Шарообразность земли 18, 19, 20.
Шедиръ 56.
Шестнадцатикратная звѣзда 614.
Ширина пояса астероидовъ 335
Широта планеты 122.
Шкала 865, 866, 868.
Штативъ 850, 851, 856.

Щель 870.
Щитъ Собіесскаго 654.

Эвекція 741, 742, 743.
Эвридика 331.
Эвхарисъ 336.
Эгерія 328, 746.
Эгина 332, 333, 361.
Эгле 328, 333.
Эйфрозюна 328, 330.
Экваторіалъ 842, 847, 849, 850, 851, 852, 853, 855, 858, 859, 860, 865, 871, 888.
Экваторіальная звѣзда 831.
Экваторіальные солнечные часы 815.
Экваторъ 8, 801, 861, 863.
Эклиптика 51, 59, 61, 330, 756.
Эклиптикальныя карты 328, 354, 355.
Экранъ для наблюденій солнца 212.
Эксцентриситетъ 124, 283, 739.
Эксцентриситетъ астероидовъ 335.
Эксцентриситетъ земной орбиты 752.
Эксцентриситетъ орбиты Марса 303.
Эксцентриситетъ орбиты Юпитера 365.
Эксцентриситетъ эллипса 117.
Эксцентриситеты планетъ 761.
Эксцентрическій кругъ 101.
Эксцентричность алидады 888, 889.
Электра 610.
Элементы вращенія солнца 227.
Элементы орбитъ четырехъ первыхъ спутниковъ Юпитера 458.
Элементы планетныхъ орбитъ 120, 124, 887.
Эллипсоидъ вращенія 35.
Эллипсоидъ вращенія около малой оси 34.
Эллиптическая кривая линія 100, 116, 320, 710.
Эллиптическая туманность въ Большомъ Львѣ 675.
Эллиптическія орбиты 709, 711, 712.
Эллиптическое сѣченіе трубы 871.
Эллипсъ 34, 116, 832.
Эллипсъ, описываемый звѣздами вслѣдствіе аберраціи 87.
Элонгація 96, 109, 276.—Э. Венеры 285.
Эльгомайза 180, 181.
Эльписъ 330, 331.
Эльшератайнъ 181.
Эминія 361.
Энгоназинъ 181.
Энергія 191.
Энифъ 181.
Энцеладъ 462, 464.
Эпициклы 102, 103, 104, 105.
Эратэ 331.
Эригона 338, 350.
Эриданъ 585, 588, 624.
Эросъ 334, 351, 352, 357.
Этра 334.
Эттанинъ 181.
Эффективная температура солнечной поверхности 257.
Эхо 331, 364.
Эѳиръ 189, 724.

Югула 181.
Юева 333, 338.
Южная Охотничья Собака 181.
Южное полушаріе 8.
Южный крестъ 601, 610.
Южный полюсъ міра 26.
Южный треугольникъ 601.
Юлія 330.
Юнона 319, 323, 324, 356, 358, 367, 453.
Юпитеръ 61, 81, 82, 95, 98, 100, 101, 105, 107, 110, 119, 120, 151, 161, 233, 266, 284, 287, 302, 303, 305, 317, 318, 319, 321, 322, 335, 342, 350, 357, 359, 360, 361, 362, 365, 368, 369, 372, 380, 553, 645, 746, 747, 751.
Юстиція 338.

Ядро кометы 468.
Ядро солнечнаго пятна 209, 212.
Янта 333.
Япетъ 462.
Яркость астероидовъ 353.
Яркость Венеры 285.
Яркость звѣздъ 577.
Яркость изображеній 864.
Яркость Марса 304.
Яркость Меркурія 276.
Яркость солнечнаго свѣта 255, 256.
Яркость солнечныхъ пятенъ 237, 238.
Яркость факеловъ 237.
Яркость фотосферы 238.
Ясли 180, 181, 611, 660, 663, 861.

Ѳемида 328, 367, 453.
Ѳетида 327, 462, 464.

60566