Part Code
ST1316
R
G
B
WH
GR
BL
Grey Scale #13
C
M
Y
K
DANES PICTA .COM
A
1
2
3
4
5
6
M
8
9
10
11
12
13
14
15
B
17
18
19
Colour Chart #13
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Inches
Centimetres
DANES PICTA .COM

BIBLIOTEKA POPULARNO - NAUKOWA
„MATHESIS POLSKIEJ"
TOM I

BIBLIOTEKA
POPULARNO - NAUKOWA
„MATHESIS POLSKIEJ"

TOM I

SIR JAMES JEANS

NIEBO

Przełożył
PROF. DR WŁ. KAPUŚCIŃSKI

WROCŁAW
SPÓŁDZIELNIA WYDAWNICZA „CZYTELNIK"
1946

NIEBO

ASTRONOMIA DLA LAIKÓW

NAPISAŁ

SIR JAMES JEANS

M.A., D.Sc., Sc.D., LL.D., F.R.S.

Przełożył

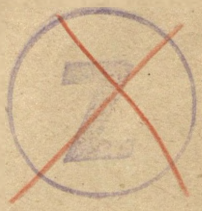
Dr WŁADYSŁAW KAPUŚCIŃSKI

Prof. Uniw. Warszawskiego

IX. 3.2

Wydanie trzecie

BIBLIOTEKA AKADEMII
SZTABU GENERALNEGO



WROCŁAW

SPÓŁDZIELNIA WYDAWNICZA „CZYTELNIK"

1946

Tytuł oryginału:
THE STARS IN THEIR COURSES

Wydanie pierwsze 1933
Wydanie drugie 1938
Wydanie trzecie 1946

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

17481

Redaktor: Stanisław Kosiński

Nr. 35
Kwiecień 1946 - 10000

Odbito z matryc
w Państwowych Zakładach Graficznych Nr. 2 we Wrocławiu

PRZEDMOWA

W wygłoszonym ostatnio przez radio cyklu odczytów starałem się przedstawić w sposób przystępny, nie zakładając u słuchaczów żadnego przygotowania specjalnego, piękno astronomii współczesnej i cuda Wszechświata, dostrzegane przy pomocy wielkich teleskopów dzisiejszych.

Książka niniejsza zawiera wspomniane odczyty, rozszerzone mniej więcej dwukrotnie, przy czym zachowano potoczny styl i język pozbawiony terminów technicznych; nie ma ona żadnych ambicyj, prócz tej, by mogła posłużyć łatwym i nie nazbyt „poważnym" wstępem do najbardziej poetycznej z nauk.

J. H. JEANS

OD TŁUMACZA

W niniejszym zbiorze pogadanek astronomicznych ujmuje autor w sposób niezmiernie przystępny całokształt podstawowych wiadomości z nauki o Wszechświecie. Omówione są tu zarówno rzeczy, wchodzące w skład elementarnej kosmografii — obrót dzienny sfery niebieskiej, ruch planet, opis gwiazdozbiorów itd., — jak i zagadnienia, które wyłoniły się — lub zostały rozwiązane — dopiero w czasach najnowszych, jako ostatnie etapy rozwoju nauki. Autor jest bardzo ostrożny w przytaczaniu hipotez i pozostaje, o ile to jest możliwe, na gruncie faktów stwierdzonych; stara się wszakże otwierać przed czytelnikiem te nieogarnione niemal horyzonty, jakie ujawnia nam astronomia nowoczesna. To śmiałe, szerokie spojrzenie na otaczający nas świat jest w książce niniejszej rzeczą może najcenniejszą.

W. K.

SPIS RZECZY

Rozdziały

I	Sklepienie niebieskie	1
II	Pierwsza podróż w przestrzeni i w czasie	23
III	Rodzina słoneczna	47
IV	Ważenie i mierzenie gwiazd	66
V	Różne typy gwiazd	84
VI	Droga Mleczna	98
VII	W głębinach przestrzeni	116
VIII	Wszechświat	133

Dodatki

I	Przewodnik po niebie	155
II	Spis 20 najjaśniejszych gwiazd nieba	182
III	Planety	183
IV	Ruchy planet	184
	Skorowidż	185

SPIS TABLIC

Powstanie Drogi Mlecznej . . . . . *tablica tytułowa*

Tablica I Obracająca się kopuła niebios . . *obok str.* 2
II Perseusz i Andromeda 3
III Orion i gwiazdozbiory sąsiednie 14
IV Mała Niedźwiedzica i Gwiazda Polarna . 15
V Meteor i mgławica 20
VI Odkrycie Plutona 21
VII Księżyc 28
VIII Księżyc (ostatnia kwadra) 28
IX Księżyc (pierwsza kwadra) 28
X Powierzchnia Księżyca. Obszar w pobliżu Kopernika 28
XI Powierzchnia Księżyca. Mare Imbrium i otaczające je góry 28
XII Kratery i formacje wulkaniczne 29
(Z książki *The Moon* Nasmytha i Carpentera, za zezwoleniem p. Johna Murraya).
XIII Zdjęcie Słońca w świetle wapniowym . . 36
XIV Wyskoki słoneczne 36
XV Protuberancja „Mrówkojad" 36
XVI Część powierzchni Słońca, sfotografowana w świetle wodorowym 37
XVII Zdjęcie Słońca w świetle wodorowym . . 48
XVIII Działania przypływowe 49
XIX Słońce i planety, narysowane w tej samej skali 50
XX Wenus i Mars 51

Tabl. XXI Saturn . . . . . *obok str.* 62
XXII Jowisz 63
XXIII Kometa Halleya 64
XXIV Kometa Brooks'a 64
XXV Wybuch meteoru 64
XXVI Korona słoneczna 65
XXVII Wielka mgławica w Orionie 80
XXVIII Część gwiazdozbioru Oriona 81
XXIX Droga Mleczna — I 96
XXX Mgławice jasne i ciemne w Orionie . . . 97
XXXI Mały Obłok Magellana 104
XXXII Gromada kulista M 13 w Herkulesie . . 105
XXXIII Droga Mleczna — II 116
XXXIV Droga Mleczna w Strzelcu 117
XXXV Mgławica w Łabędziu 120
XXXVI Wielka Mgławica M 31 w Andromedzie . 120
XXXVII Część zewnętrzna Wielkiej mgławicy M 31 w Andromedzie 120
XXXVIII Mgławica M 33 w Trójkącie 120
XXXIX Mgławica M 81 w Wielkiej Niedźwiedzicy . 120
XL Gromada mgławic w warkoczu Bereniki . . 121
XLI Najodleglejsze głębie przestrzeni . . . 124
XLII Część środkowa Wielkiej mgławicy M 31 w Andromedzie 125
XLIII Mgławica M 51 w Psach Gończych . . 128
XLIV Ciąg konfiguracyj mgławicowych — I . . 128
XLV Ciąg konfiguracyj mgławicowych — II . . 128
XLVI Ciąg konfiguracyj mgławicowych — III . 129

Mapki nieba, półkula północna i południowa — *na końcu*

ROZDZIAŁ I

SKLEPIENIE NIEBIESKIE

MY, mieszkańcy Ziemi, cieszymy się pewnym darem Fortuny, o którym zresztą myślimy bardzo mało, uważając go za prawie tak samo przez się zrozumiały i naturalny, jak to, że mamy powietrze do oddychania. Chodzi mianowicie o to, że atmosfera ziemska jest przezroczysta. Na niektórych innych planetach, jak np. na Wenerze i Jowiszu, unosi się w atmosferze tak gruba warstwa chmur, iż czyni ją to całkowicie nieprzezroczystą. Gdybyśmy urodzili się na którejś z tych planet, przeżylibyśmy całe życie, ani razu nie przebiwszy wzrokiem obłoków; nie wiedzielibyśmy nic o piękności i poezji nieba nocnego, nie znalibyśmy tych wzruszeń i radości intelektualnych, jakie odczuwamy przy zgłębianiu znaczenia owej olbrzymiej panoramy świateł niebieskich, rozsianych wokół nas we wszystkich kierunkach w przestrzeni.

Może będzie najlepiej, jeśli rozpoczniemy nasze rozważania od wyobrażenia sobie, że aż do dziś wieczór Ziemia również była okryta nieprzejrzystą zasłoną obłoków i że nagle zasłona ta znikła, ukazując nam po raz pierwszy wspaniałość — lecz i dręczącą zagadkę — nieba gwiaździstego.

Pierwszym naszym wrażeniem byłoby prawdopodobnie to, że gwiazdy są rodzajem lamp czy latarni, zawieszonych ponad naszymi głowami w odległości niewielu kilo-

metrów, czy może nawet niewielu metrów — coś jakby lampki na sklepieniu jakiegoś wielkiego namiotu. Tak też mniemali nasi przodkowie w tych czasach zamierzchłych, gdy świtała dopiero umysłowa cywilizacja ludzkości, gdy myśl człowieka po raz pierwszy wybiegała poza Ziemię, na której snuła się nić jego codziennego żywota.

Wkrótce po podniesieniu owej obłocznej kurtyny spostrzeglibyśmy, że wszystkie te światełka zawieszone nad naszymi głowami nie są w spoczynku. W najprostszy sposób moglibyśmy zbadać ich ruchy, zwróciwszy aparat fotograficzny na niebo, tak aby każda gwiazda własny swój ruch zapisała na kliszy. Podobny obraz mamy na tablicy I, dla której czas ekspozycji wynosił 2¼ godzin. Każdy łuk przedstawa drogę pojedyńczej gwiazdy; widać od razu, że drogi te są kołami. Cały ten układ świateł niebieskich zdaje się obracać sztywno raz dokoła w ciągu 24 godzin, jak gdyby były one przytwierdzone do wielkiej próżnej czaszy, obracającej się nad głowami, jak kopuła obserwatorium nad teleskopem. Tak właśnie wyobrażali sobie te zjawiska ludzie pierwotni, a zresztą, z niewielu wyjątkami, i cywilizowani, aż do czasu, 300 lat temu, gdy odkrycia G a l i l e u s z a poczęły zdzierać zasłonę z prawdziwej budowy Wszechświata.

Obracająca się Ziemia

Lecz gdybyśmy nawet nigdy dotychczas nie widzieli nieba, wiedzielibyśmy już przedtem, że gwiazdy n i e poruszają się w ten sposób n a p r a w d ę. Doświadczenia, które mogą być wykonane na Ziemi, w ogóle bez pomocy jakichkolwiek obserwacyj nieba, dowodzą niezbicie, że *Ziemia obraca się dokoła osi raz na 24 godziny*, a więc, że

TABLICA I

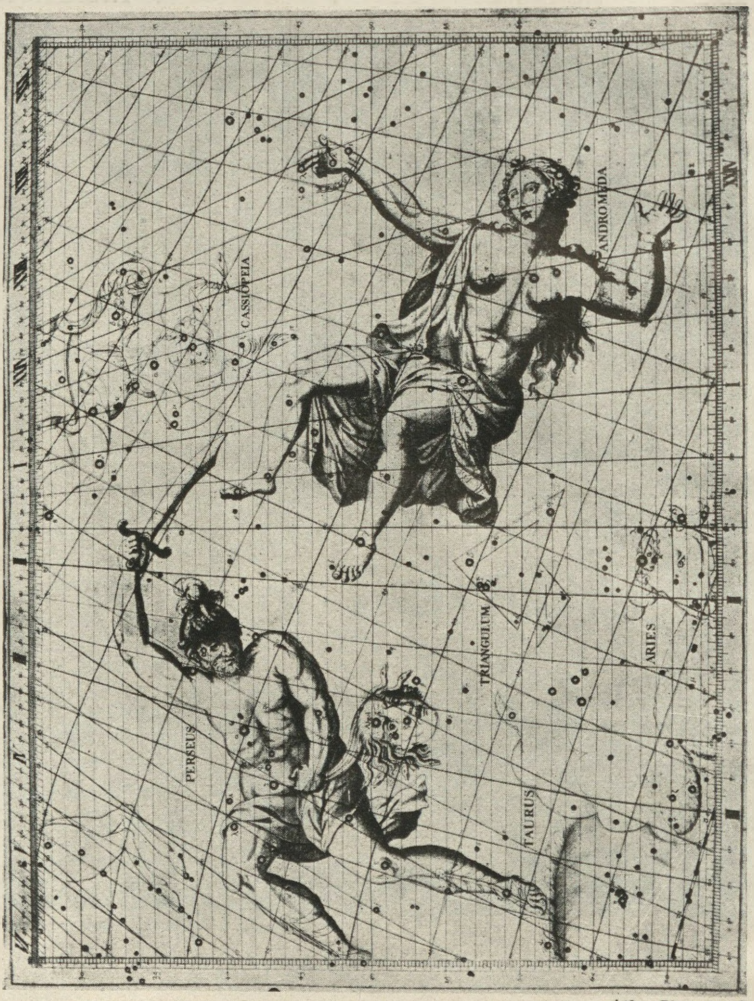
Obserwatorium Normana Lockyera

Obracająca się kopuła niebios

Jasne łuki są to drogi poszczególnych gwiazd, zakreślone w ciągu 2¼-godzinnej ekspozycji. Ukośna linia prosta jest śladem meteoru (str. 63), który przebiegł był przez naszą atmosferę podczas naświetlania kliszy.

Biblioteka Akademii Górniczo-Hutniczej

TABLICA II



Atlas Flamsteeda

Perseusz i Andromeda

Andromeda przykuta jest do skały; Perseusz spieszy jej z pomocą, trzymając w ręku głowę Meduzy. Na czole Meduzy znajduje się gwiazda zmienna Algol (str. 161). Dolna część tej tablicy łączy się z tabl. III.

ów obrót nieba jest tylko złudzeniem takim samym, ja przesuwanie się krów, drzew i domów, migających przed oknami pociągu, którym jedziemy.

Doświadczenia wspomniane są dwojakiego rodzaju. Rozpatrzymy je tu kolejno.

Do kierowania ruchem większości okrętów służy przyrząd, zwany „kompasem magnetycznym", albo „busolą". mała igła magnesowa zawieszona jest na osi w ten sposób, że może zwracać się w dowolnym kierunku; magnetyzm ziemski obraca ją tak, że wskazuje ku północy, a żeglarz, orientując się stąd w stronach świata, steruje odpowiednio okrętem. Jednakże w łodziach podwodnych oraz niektórych innych okrętach nowoczesnych używa się tzw. *„kompasu giroskopowego"*, opartego na zupełnie innej zasadzie. Rodzaj dużego bąka wiruje dokoła osi, której końce osadzone są w ramie, zawieszonej w ten sposób, że może ona obracać się we wszelkich kierunkach. Gdy okręt jest jeszcze w porcie, osi bąka nadaje się kierunek północno-południowy, po czym wprawia się go w szybki obrót, podtrzymywany stale przy pomocy motoru elektrycznego, tego samego typu, co np. motorek zwykłego wentylatora. Niezależnie od ruchów i zwrotów okrętu, oś bąka stale wskazuje ku północy. Przyczyna tego jest bardzo prosta: na bąk nie działa żadna siła, która starałaby się zmienić kierunek jego osi obrotu. Żeglarz więc może sterować okrętem, ma bowiem dany ów stały kierunek. Jeśli okręt, pogrążony we mgle, wykona jeden całkowity obrót, kompas będzie się obracał względem ścian okrętu, dzięki czemu ujawni się natychmiast to, że okręt zatacza koła. Podobnie sternik łodzi podwodnej może wykryć ruch obrotowy tejże. I wreszcie: *kompas giroskopowy na lądzie stałym wykaże dzienny obrót Ziemi dokoła osi.*

Obrót ten można wykazać przy pomocy jeszcze prostszego urządzenia, zwanego *wahadłem Foucaulta.* Zawieśmy u wysokiego stropu dość znaczny ciężar na długim sznurku i wprawmy go w ruch wahadłowy, jak wahadło zegara. Zaimprowizowane to wahadło będzie kołysało się stale w tym samym kierunku w przestrzeni, znów po prostu dlatego, iż nie ma żadnego działania, które miałoby ruch ten zmienić. Stwierdzimy jednak wkrótce, że nie drga ono wciąż w tym samym kierunku względem budynku, w którym jest zawieszone: kierunek wahań zdaje się obracać względem ścian budynku. Pochodzi to stąd, że sam budynek wciąż obraca się w przestrzeni; dokładne zbadanie ruchu takiego wahadła wykazuje, że ziemia obraca się dokoła osi raz na 24 godziny. W licznych muzeach naukowych i laboratoriach można spotkać długie wahadło, zawieszone u sufitu: obserwując je przez czas dostatecznie długi, widzimy, jak podłoga sali, a wraz z nią cała Ziemia, obraca się pod wahadłem. Zupełnie analogicznie, gdy patrzymy na pozorny ruch gwiazd nad naszymi głowami, widzimy, w rzeczywistości to, że my sami wraz z Ziemią obracamy się pod kopułą firmamentu. Jesteśmy jak dzieci, kręcące się na karuzeli — wydaje się im, że cały jarmark krąży wokół nich, a w rzeczywistości one to obracają się dokoła.

Gdybyśmy ujrzeli w tej chwili gwiazdy po raz pierwszy w życiu, wolno byłoby nam przypuszczać, że wiszą one nad nami w niewielkiej odległości — może kilku kilometrów. Wkrótce jednak przekonalibyśmy się, że podróżując po powierzchni Ziemi, nie możemy dostrzec żadnej zmiany w ich położeniach w przestrzeni i nie udałoby się to nam nawet w przypadku, gdyby Ziemia była setki razy większa, niż jest w istocie, tak iż podróż od bieguna do bieguna wy-

nosiłaby miliony kilometrów, — i gdybyśmy byli uzbrojeni w najlepsze teleskopy, jakie w ogóle istnieją. Świadczy to, jak wielkie są odległości gwiazd w porównaniu z rozmiarami Ziemi; macierzysta nasza planeta, która wydaje się nam globem tak wielkim, gdy po niej podróżujemy, jest *mniej niż pyłkiem* w niezmierzonych przestworzach kosmicznych.

Najbliższy nasz sąsiad — Księżyc

Jeśli, podróżując po powierzchni Ziemi, stwierdzimy dostrzegalne zmiany kierunku, w jakim widzimy dane ciało niebieskie, wówczas możemy być pewni, że ciało to jest bliżej nas niż gwiazdy. Tak np. w dwóch obserwatoriach, znajdujących się w różnych częściach kuli ziemskiej, powiedzmy w Greenwich i w Kapstadzie, nie podobna wykryć najmniejszej różnicy w położeniach gwiazd, Księżyc natomiast widać w nich niewątpliwie w nieco różnych kierunkach na niebie. Fakt ten dowodzi, że Księżyc znajduje się bliżej nas niż gwiazdy i jednocześnie umożliwia ocenę jego odległości od Ziemi przy pomocy metody podobnej do zwykłych pomiarów geodezyjnych, czy też do wyznaczania odległości celu na wojnie. Nie trzeba przecież wchodzić na szczyt góry, by zmierzyć jej wysokość, ani też podejść do dział nieprzyjacielskich, by znaleźć ich odległość od naszych. Podobnie, podróż na Księżyc nie jest bynajmniej rzeczą konieczną dla wyznaczenia jego odległości od Ziemi. Przy pomocy owych metod „geodezyjnych", czy też „artyleryjskich", stwierdzono, że odległość ta wynosi około 384 000 kilometrów i zmienia się jedynie w dość ciasnych granicach — kilkunastu tysięcy km. Jednakże nawet zupełnie powierzchowna obserwacja wykazuje, że Księżyc

nie jest nieruchomy: wprawdzie odległość od Ziemi pozostaje prawie stała, lecz za to położenie na niebie zmienia się nieustannie. *Księżyc obiega mianowicie Ziemię* po kole — względnie po drodze bardzo podobnej do koła — *raz jeden w ciągu miesiąca*, a ściślej: raz na $27^1/_3$ dni. Jest on naszym najbliższym sąsiadem w przestrzeni i, podobnie jak my sami, związany jest z Ziemią węzłem ciążenia powszechnego, o którym będzie jeszcze mowa w dalszym ciągu (rozdz. IV).

Jeżeli pominiemy Słońce, to Księżyc wydaje się największym ciałem niebieskim; w rzeczywistości wszakże jest on jednym z najmniejszych, a wygląda tak duży tylko dlatego, że znajduje się tak blisko nas. Średnica jego mierzy zaledwie 3480 km, tzn. nieco więcej, niż ¼ średnicy ziemskiej. Raz w ciągu miesiąca, ściślej mówiąc, raz na 29½ dni, w czasie tzw. *„pełni"*, cała okrągła tarcza Księżyca jest jasna; kiedyindziej świeci jedynie część tarczy, mianowicie zawsze ta, która zwrócona jest ku Słońcu, natomiast część odwrócona od Słońca jest ciemna. Malarze mogliby często nadać swym obrazom więcej cech prawdziwości, gdyby chcieli o tym pamiętać: jasną wydawać się może tylko ta część księżyca, która oświetlona jest przez Słońce. Wynika stąd, że *Księżyc nie wysyła własnego światła*, lecz *odbija* tylko *światło słoneczne*, jak ogromne zwierciadło zawieszone w przestrzeni.

Jednakże ciemna część powierzchni Księżyca nie jest zupełnie czarna; zazwyczaj wydaje ona tyle światła, że można odróżnić jej zarysy na tle nieba: jest to tzw. *„światło popielate"*. Światło to nie pochodzi od Słońca, lecz od Ziemi. Wiemy aż nadto dobrze, jak rażąco jaskrawo odbija się nieraz światło słoneczne od morza, śniegu, lub nawet po prostu od wilgotnej jezdni. Tak samo cała po-

wierzchnia Ziemi odbija ku Księżycowi światło słoneczne w ilości dostatecznej, aby stały się dla nas widzialne te jej części, które inaczej byłyby pogrążone w zupełnej ciemności.

Gdyby istnieli mieszkańcy Księżyca, widzieliby naszą Ziemię, odbijającą światło słoneczne, jak wielkie zwierciadło zawieszone na niebie; mówiliby o „świetle ziemskim", jak my mówimy o księżycowym. Światło popielate jest to nic innego, jak światło Ziemi, odbite od tych części powierzchni Księżyca, na których panuje właśnie noc. Podobnie też mieszkańcy Księżyca widywaliby czasami część naszej Ziemi w pełnym blasku słonecznym, resztę zaś oświetloną jedynie przez Księżyc; mogliby wówczas wyrazić się, że widzą „światło popielate Ziemi".

Słońce

Łatwo zmierzyć odległość Księżyca, jest ona bowiem stosunkowo tak niewielka. O wiele trudniej znaleźć odległość Słońca, które jest znacznie dalej od Ziemi: metody używane do wyznaczania odległości Księżyca nie prowadzą tutaj do wyników zadowalających. Inne metody, pokrewne tamtym, wykazują, że *odległość Słońca* jest nieco mniejsza niż 150 milionów kilometrów — prawdopodobnie *wynosi około 149½ milionów km.* Słońce znajduje się zatem prawie 400 razy dalej od nas, niż Księżyc, co wyjaśnia fakt, że pomiar jego odległości połączony jest ze znacznie większymi trudnościami.

Jednakże pozorna wielkość tarcz Słońca i Księżyca jest prawie jednakowa. Co pewien czas zachodzą tzw. „zaćmienia Słońca": Księżyc przesuwa się wprost przed Słońcem i pokrywa je na chwilę niemal dokładnie. Wynika to oczy-

wiście stąd, że Słońce jest nie tylko 400 razy dalej niż Księżyc, lecz również posiada 400 razy większą średnicę. *Średnica Słońca przewyższa 109 razy średnicę ziemską* i mierzy około 1 390 000 kilometrów długości. Jak wynika z prostego rachunku, wewnątrz bryły słonecznej możnaby pomieścić aż 1 300 000 kul ziemskich.

Odległości gwiazd

Metoda opisana przed chwilą pozwala wyznaczyć odległość Słońca od Księżyca, lecz okazuje się zupełnie bezsilną w zastosowaniu do gwiazd. Bez trudu przekonywamy się o tym, że aby móc wykryć jakąkolwiek zmianę w ich położeniach na niebie, trzeba by odbyć podróż o wiele dalszą, niż z Greenwich do Kapsztadu. Na szczęście przyroda sama umożliwia nam taką podróż, i to bezpłatną: okrążamy przecież Słońce wraz z Ziemią raz do roku, tak iż w każdej danej chwili znajdujemy się względem Słońca w punkcie tej drogi dokładnie przeciwległym temu, w którym byliśmy przed sześciu miesiącami, tzn. w odległości 300 milionów kilometrów od położenia poprzedniego.

Jest to już odległość tak znaczna, że przebywszy ją, widzimy nareszcie niektóre gwiazdy w nieco odmiennych kierunkach w przestrzeni, jakkolwiek i w tym wypadku do pomiaru owych przesunięć niezbędne są przyrządy niezmiernie precyzyjne. Stosując więc znowu „metodę geodetów", tym razem w skali nieporównanie większej, obliczamy odległość gwiazdy na podstawie zmian jej położenia na sklepieniu niebieskim, zależnych od tego, że my sami przesunęliśmy się o 300 milionów km.

W ten sposób wyznaczyć można względnie dokładnie odległości najbliższych gwiazd. Najmniej odległą ze

wszystkich okazała się bardzo słaba gwiazdka, położona daleko na południowej półkuli nieba w gwiazdozbiorze Centaura, a nosząca nazwę *„Proxima Centauri"* („Najbliższa w Centaurze") [1]. Odległość jej wynosi około 40 bilionów kilometrów [2], a zatem *najbliższa nawet gwiazda znajduje się prawie 270 000 razy dalej od nas, niż Słońce.* Jakkolwiek jest ona najbliższą ze wszystkich zbadanych gwiazd, wysyła tak mało światła, że odkryta została dopiero zupełnie niedawno. Lada dzień może więc nadejść wiadomość o wykryciu gwiazdy jeszcze bliższej, lecz jeszcze słabszej.

Jeśli pominiemy Słońce, Księżyc i niektóre planety (str. 51, 53), to najjaśniejszym ciałem niebieskim jest *Syriusz*, odległy od nas o 82 biliony km; pomimo, że znajduje się on przeszło dwa razy dalej, niż Proxima Centauri, otrzymujemy odeń 70 000 razy tyle światła, co od tej ostatniej. Poza Proximą znamy jeszcze pięć gwiazd bliższych Ziemi, niż Syriusz; wobec tego, że wydają się, mimo tej bliskości, mniej jasne od Syriusza, muszą one i w rzeczywistości wysyłać mniej światła, niż ten ostatni.

Księga niebios

Jeślibyśmy nawet ujrzeli dziś gwiazdy po raz pierwszy, niewątpliwie zwróciłby naszą uwagę fakt, że nie stanowią one po prostu bezładnego zbioru rozrzuconych na los szczęścia punktów świecących. W ugrupowaniu ich widać więcej prawidłowości i porządku, niż moglibyśmy oczeki-

[1] Znaczenie nazw gwiazdowych omówiono na str. 12, sposób utożsamiania gwiazd na niebie — w dodatku I.

[2] Miliard = tysiąc milionów; bilion = milion milionów; trylion = = milion bilionów, itd. *Przyp. tłum.*

wać, gdyby jaśniejsze i mniej jasne punkciki świetlne zostały rozsiane bezładnie po sklepieniu niebieskim, jak z jakiejś ogromnej pieprzniczki. Obserwując niebo przez kilka nocy z rzędu, stwierdzilibyśmy, że ugrupowanie to nie zmienia się z biegiem czasu; te same wciąż grupy jasnych gwiazd, widziane każdej nocy, nasunęłyby wkrótce wyobrażenia różnych dobrze znanych przedmiotów z życia codziennego, co ze swej strony sprzyjałoby zapamiętaniu owych ugrupowań. Nietrudno znaleźć na niebie złożone z gwiazd linie, trójkąty, czworoboki i litery alfabetu, jak np. U, V, W. Obdarzeni żywą wyobraźnią przodkowie nasi wyobrażali sobie takie grupy gwiazd jako pług, wóz, krzesło, węża itd. W ten sposób podzielono ogół gwiazd na *gwiazdozbiory* czyli *konstelacje*.

Niektóre z nich noszą jeszcze nazwy przedmiotów z życia codziennego, lecz znaczna większość posiada imiona mitycznych bohaterów greckich oraz nazwy przedmiotów z greckich legend. W niektórych przypadkach grupa kilku sąsiednich gwiazdozbiorów stanowi jakby ilustrację jakiejś legendy; niebo stało się niejako wieczną księgą z obrazkami, ilustrująca opowiadania z dawnej mitologii, jedno po drugim, w miarę tego, jak Ziemia obraca się pod kopułą niebios.

Tak np. sześć gwiazdozbiorów: Cefeusz, Kasjopeja. Andromeda, Perseusz, Pegaz i Wieloryb (czyli „Lewiatan"), ilustruje mit o Perseuszu i Andromedzie (ob. tabl. II). Z pomocą opisu Aratosa z Soli, greckiego poety z III w. przed Chr., możemy uprzytomnić sobie tę scenę jak następuje:

Andromeda przykuta jest z rozkrzyżowanymi ramionami do skały sterczącej wśród morza. Rodzice jej, Cefeusz i Kasjopeja, spoglądają na nią z bliska, lecz nie wolno im

udzielić jej pomocy, gdyż właśnie sam Cefeusz przykuł córkę do skały, by przebłagać rozgniewanych bogów; Kasjopeja zaś, której zbytnia chełpliwość z urody córki sprowadziła całe to nieszczęście, siedzi w swym wspaniałym krześle (litera W z jasnych gwiazd). Tymczasem Wieloryb (Lewiatan), potwór morski, posłany przez bogów, zbliża się właśnie do Andromedy, by ją pożreć. Wtem, na skrzydlatym koniu Pegazie, nadjeżdża Perseusz, który dopiero co zabił Meduzę, jedną z Gorgon, zamieniającą wszystko w kamień swym spojrzeniem; głowę jej trzyma jeszcze w ręku. Zsiadłszy z konia w pośpiechu, wzbijając przy tym chmurę pyłu (gromada słabych gwiazdek), zwraca głowę Meduzy ku potworowi i zamienia go w ten sposób w kamień, po czym przecina łańcuchy i oswobadza Andromedę. Tymczasem Pegaz pada wstecz na drugą grupę konstelacyj, o nazwach związanych z wodą: oprócz Wieloryba są tam Ryby, Ryba Południowa, Wodnik, tudzież Rzeka Erydan. Aratos mówi, że Wodnik schwycił już Pegaza za grzywę.

Opisaną grupę gwiazdozbiorów znaleźć można na niebie wieczorem późną jesienią. Po jej zachodzie, na nieboskłonie wschodnim pojawia się inna wielka grupa: Orion, Pies Wielki, Pies Mały, Zając, Jednorożec i Byk. Widzimy tam Oriona, „łowca potężnego", z jego błyszczącym pasem (trzy jasne gwiazdy prawie w linii prostej), otoczonego psami i zwierzyną łowną; zamierza się on właśnie wielką maczugą na Byka, który rzuca się ku niemu z pochylonymi rogami (p. tabl. III).

O innej jeszcze wielkiej grupie konstelacyj wypowiadano pogląd, że przedstawia ona jedno z szeroko rozpowszechnionych podań o potopie; są to gwiazdozbiory: Okręt (Argo), Gołąb, Kruk, Zając, Wąż wodny i Czasza

(Puhar). Możliwą jest jednak i inna interpretacja. Argo nazywał się okręt, w którym heros Jazon wiódł swych żeglarzy (Argonautów) na bezpłodne poszukiwania złotego runa; legenda grecka głosi, że gdy, po licznych przygodach, nie udało im się go znaleźć, bogini Atena zamieniła wszystkich w gwiazdy, z których składa się obecnie konstelacja Okrętu.

Wśród przeważnej liczby gwiazdozbiorów, związanych z mitami i legendami, jeden przynajmniej łączy się z postacią historyczną. Berenika, żona Ptolemeusza III-go, króla Egiptu, słynęła z pięknych włosów; otóż, gdy raz małżonek jej wybrał się na niebezpieczną wyprawę do Syrii, królowa uczyniła ślub, że jeśli powróci on szczęśliwie, utnie włosy i ofiaruje je świątyni w Arsinoe. Istotnie, król powrócił i Berenika wykonała ślub: obcięła włosy i oddała je kapłanowi, przełożonemu nad świątynią. Ponieważ działo się to przed epoką fryzur „à la garçonne", król wpadł w wielki gniew; aby załagodzić sprawę, chytry kapłan wytłumaczył mu, że warkocz królowej został już złożony w niebiosach, gdzie piękność jego będą mogli podziwiać wszyscy ludzie po wszystkie czasy, i wskazał na grupę gwiazd, niewątpliwie nieco podobnych do warkocza — znanych też odtąd pod nazwą „Warkocza Bereniki" (Coma Berenices). Jeśli więc czytelnik chce przekonać się, jak piękne były pukle królowej Egiptu, niech spojrzy tylko na niebo w wieczór wiosenny, a ujrzy je, niedaleko od Wielkiego Wozu, lśniące w całej swej krasie.

Nazwy gwiazd

Gdy chcemy odnaleźć jakiś dom w mieście, pytamy przede wszystkim, przy jakiej ulicy on się znajduje; podobnie,

jeśli chcemy odszukać na niebie gwiazdę, pytamy naprzód, do jakiego należy gwiazdozbioru. Większość domów w mieście oznacza się po prostu nazwą ulicy i numerem — np. ul. Długa 27 — natomiast niektóre wybitniejsze gmachy mają swe nazwy indywidualne. Tak samo jest i z gwiazdami: najjaśniejsze i najlepiej znane pośród nich posiadają swe *nazwy* własne — Syriusz, Arktur, Koza, Wega itd. — inne zaś oznacza się tylko *numerem* i nazwą konstelacji — np. 27 Psa Wielkiego (tj. Nr 27 w gwiazdozbiorze Psa Wielkiego). Zanim jednak astronomowie zdecydują się „ubliżyć" gwiazdom zwyczajnym numerowaniem ich, zużytkują najpierw litery alfabetu greckiego: α (alfa), β (beta), γ (gamma), δ (delta), ε (epsilon) itd., w ten sposób, że główną gwiazdę w danej konstelacji, zazwyczaj jednocześnie najjaśniejszą, oznacza się literą α; inną, zwykle drugą w kolei jasności, literą β, trzecią — γ itd. Tak np. najjaśniejszą z gwiazd całego nieba można oznaczyć bądź to mianem indywidualnym: Syriusz (tj. „Iskrzący się"), bądź też podając niejako jej *„adres"* — α Psa Wielkiego, co wskazuje na to, że jest to najjaśniejsza gwiazda wymienionej konstelacji. (Dlatego to Syriusza nazywano też „Psią gwiazdą").

Gwiazdy najsłabsze nie mają nawet „adresów"; — aby je utożsamić, musimy wskazać dokładnie ich p o ł o ż e n i e na niebie, względnie odpowiedni n u m e r w jakimś k a t a l o g u gwiazdowym. Tak. np. Wolf 359 oznacza gwiazdę Nr 359 w katalogu astronoma W o l f a.

W dodatku II znajduje się opis 20 najjaśniejszych gwiazd nieba wraz z ich „adresami niebieskimi".

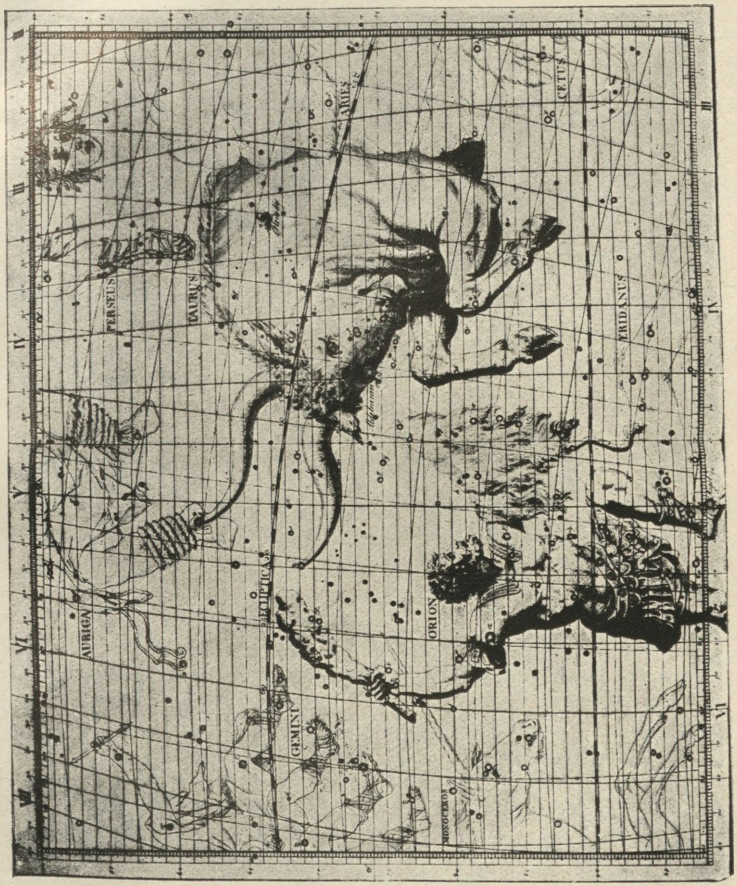
Gwiazda biegunowa

Spójrzmy w noc pogodną na niebo w stronie północnej. Bez trudu dostrzeżemy, dość wysoko nad widnokręgiem, cztery dość jasne gwiazdy, tworzące podłużny czworokąt, z lekka stępiony w jednym rogu. Z tego rogu wybiega nieco zakrzywiona linia, złożona z trzech gwiazd; — ostatnia z nich jest to *„Gwiazda Biegunowa"* czyli *„Polarna"*; dokoła której zdaje się obracać całe sklepienie niebieskie. Tych siedem gwiazd — oraz niezliczone mnóstwo innych słabszych — stanowi gwiazdozbiór Małej Niedźwiedzicy. Czworokąt jest jej tułowiem, tamte zaś trzy gwiazdy tworzą ogon, na którego końcu znajduje się Polarna (p. tabl. IV). Sprawa przedstawia się tak, jak gdyby nieszczęsna Mała Niedźwiedzica była uwiązana za koniec ogona i pchnięta w ruch obrotowy ze wschodu na zachód; całe niebo zresztą obraca się dokoła osi, przechodzącej przez ogon Małej Niedźwiedzicy, raz jeden na dwadzieścia cztery godziny.

Dokoła gwiazdy Biegunowej i Małej Niedźwiedzicy leżą wszystkie najlepiej nam znane gwiazdozbiory: Wielka Niedźwiedzica, Kasjopeja, Perseusz, Żyrafa i Smok (porównaj I mapkę nieba na końcu książki); najlepiej znane dlatego, że nigdy *nie zachodzą* — widzialne są o każdej porze nocy przez cały rok. Dalej od gwiazdy biegunowej znajdują się konstelacje widoczne nie zawsze jak np. Orion, Pies Wielki, Wąż Wodny, Lew, Herkules, Wąż, Orzeł, Łabędź, Koziorożec i Pegaz. Każdy z nich wyłania się z poza horyzontu na wschodzie w oznaczonym czasie, przesuwa się po niebie i znika pod widnokręgiem w stronie zachodniej, pozostając niewidzialnym aż do nowego wschodu następnej nocy (ob. mapki nieba na końcu książki).

Jeszcze dalej od gwiazdy Polarnej rozpościerają się kon-

TABLICA III

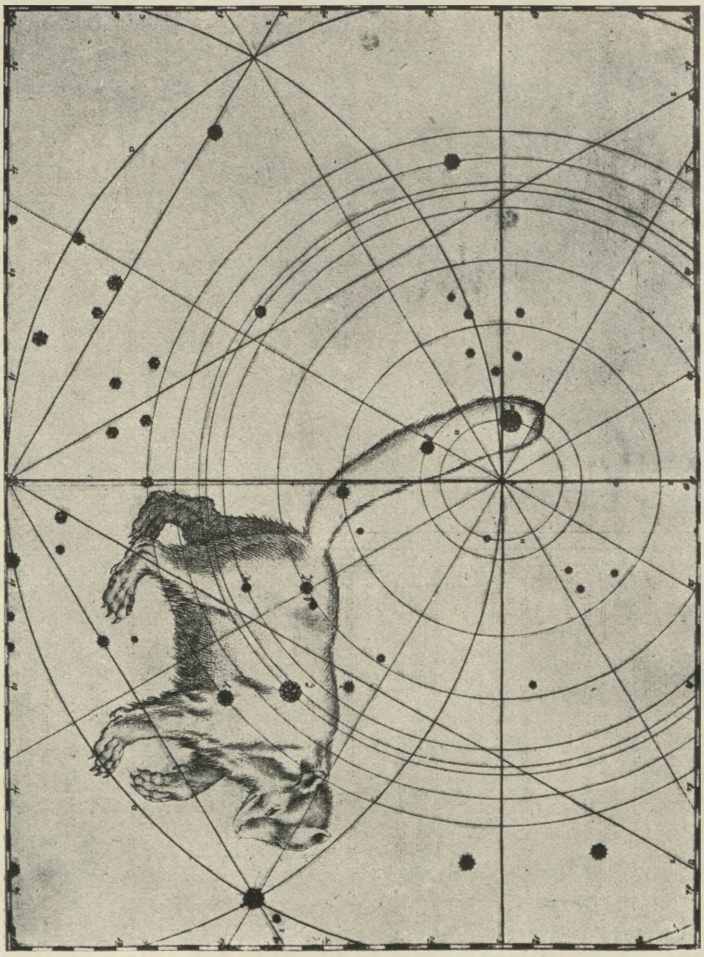


Atlas Flamsteeda

Orion i gwiazdozbiory sąsiednie

Orion przygotowuje się do odparcia napadu Byka (p. str. 11 i 168). Grubsza linia tuż nad pasem Oriona oznacza równik; takaż linia, przebiegająca pomiędzy rogami Byka, jest to *ekliptyka*, droga Słońca na niebie. Dalszy ciąg lewej górnej części tej tablicy mamy na tabl. II.

TABLICA IV



Uranometria Bayera, 1603

Mała Niedźwiedzica i Gwiazda Polarna

Gwiazda Biegunowa widoczna jest na końcu ogona Małej Niedźwiedzicy. Biegun rzeczywisty nie schodzi się dokładnie z tą gwiazdą, lecz znajduje się nieco niżej, w miejscu, gdzie przecinają się linie proste i koło; przesuwa się on zwolna po tym kole i np. 5000 lat temu przypadał wprost przed nosem Niedźwiedzicy (p. str. 16).

stelacje, których w naszych szerokościach geograficznych nie możemy ujrzeć nigdy; chcąc je zobaczyć, trzeba odbyć podróż na południe. Należą tu np. gwiazdozbiory: Krzyż Południowy, Centaur, Okręt, Zegar i Stół.

Wędrówka bieguna

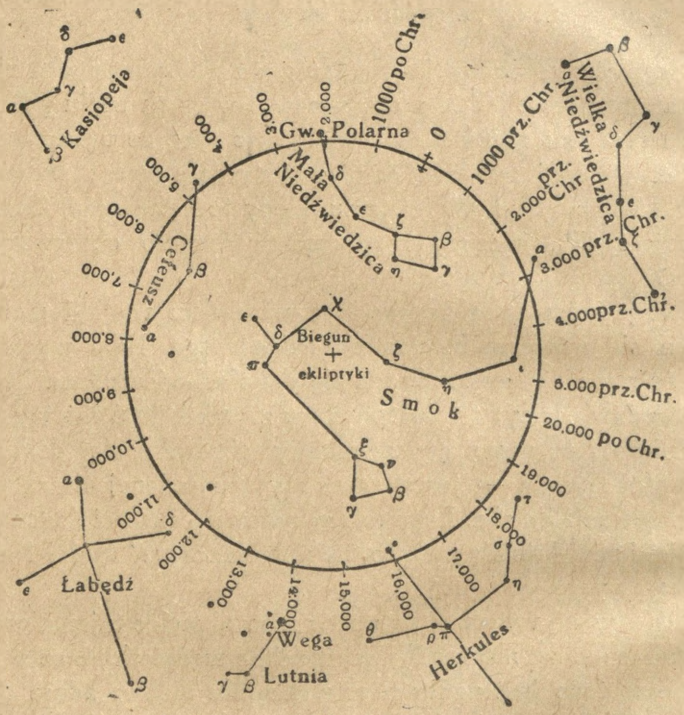
Długoletnie obserwacje wykazują, że panorama nieba nie ulega zmianom z biegiem czasu nawet w ciągu wielu pokoleń; starożytne mapy nieba świadczą o tym, że ugrupowanie konstelacyj wygląda dziś, praktycznie rzecz biorąc, t a k s a m o, jak 5000 lat temu, kiedy to Egipcjanie, Chińczyczy i Chaldejczycy rozpoczynali dopiero obserwacje nieba.

Pod jednym wszakże ważnym względem wygląd nieba różnił się wówczas bardzo od dzisiejszego. Nam wydaje się, że sfera niebieska obraca się dokoła końca ogona Małej Niedźwiedzicy; dla astronomów z przed 5000 lat to samo niebo i te same gwiazdozbiory obracały się dokoła gwiazdy Thuban — jasnej gwiazdy (oznaczonej literą α) w konstelacji Smoka. Leży ona w połowie długości „ogona" Smoka i znajduje się niejako tuż „przed nosem" Małej Niedźwiedzicy (p. tabl. IV).

Mogłoby się wydawać na pozór rzeczą wielce tajemniczą, iż ów koniec osi nieba odbywa podobne wędrówki, lecz wyjaśnienie tego jest nader proste. Kopuła niebios zdaje się obracać dokoła gwiazdy Biegunowej dlatego, że Ziemia obraca się dokoła osi, skierowanej właśnie ku tej gwieździe. Otóż Ziemię można porównać pod każdym względem do wielkiego wirującego bąka, zawieszonego w przestrzeni. Mówiąc o „kompasie giroskopowym" podkreślaliśmy, że oś bąka zachowuje stale ten sam kierunek w przestrzeni, jeśli

nie istnieją oddziaływania, które usiłowałyby kierunek ten zmienić. Jeżeli więc oś ziemska zmienia ciągle swój kierunek, znaczy to, iż nieustannie działa c z y n n i k, który tę zmianę wywołuje. Czynnik ten znamy doskonale.

Jak zobaczymy w dalszym ciągu (str. 73), więzy przycią-



Rys. 1.

Wędrówka bieguna. — Mamy tu zaznaczone położenie bieguna w różnych czasach. 3000 lat temu biegun znajdował się o 17° bardziej ku południowi niż obecnie, tak, iż w Europie widzialne były części nieba południowego, które obecnie stale ukryte są pod horyzontem. Tłumaczy to fakt, że liczne gwiazdozbiory południowe noszą nazwy greckie i łacińskie.

gania słonecznego utrzymują Ziemię w jej drodze dokoła Słońca, którą zakreśla raz w przeciągu roku. Gdyby Ziemia była dokładnie kulą, przyciąganie Słońca miałoby jeden skutek — nie pozwalałoby Ziemi odbiec swobodnie w przestrzeń; w rzeczywistości jednak Ziemia nie ma postaci dokładnie kulistej, lecz raczej zbliża się kształtem do mandarynki — jest odrobinę uwypuklona na równiku. Otóż przyciąganie owej wypukłości równikowej przez Słońce zmienia powoli, lecz nieustannie, *kierunek osi ziemskiej;* stąd zaś wynika, że biegun niebieski — punkt nieba, ku któremu wskazuje oś ziemska — zakreśla na sklepieniu niebieskim koło, raz na 25 800 lat. Zjawisko to nosi nazwę *„precesji"*.

Zresztą, i Księżyc również wywiera na Ziemię działanie przyciągające, czego skutkiem jest niewielkie, lecz szybkie chwianie się osi ziemskiej, tzw. *„nutacja"*, nakładająca się na powolniejszy i bardziej majestatyczny ruch, spowodowany przyciąganiem Słońca.

Wskutek tych ruchów kierunek osi ziemskiej był dawniej inny, niż obecnie i dla przodków naszych — 5000 lat temu — niebiosa obracały się dokoła pewnego punktu w gwiazdozbiorze Smoka; nasi potomkowie zaś, około roku 7000 po Chr., mieć będą biegun niebieski w gwiazdozbiorze Cefeusza. Na rys. 1 mamy przedstawiony wykres owej wędrówki bieguna niebieskiego, — tj. raczej osi obrotu Ziemi.

Jednakże ogólne rozmieszczenie gwiazd na niebie było takie samo 5000 lat temu, jak obecnie, i takie samo będzie za 5000 lat: zmianie uległo tylko coś, co dotyczy naszej małej Ziemi, nie zaś dalekich gwiazd. Lecz jakkolwiek tysiące lat nie wprowadzają zmian dostrzegalnych w ugrupowaniu gwiazd, możemy łatwo stwierdzić, że niektóre z pośród najjaśniejszych na niebie punktów świetlnych

przesuwają się po nim dość szybko. Zowiemy je *planetami* od wyrazu greckiego, oznaczającego „wędrowca"; jak nomadowie nie posiadają adresu pocztowego, tak ci „cyganie niebiescy" nie mają stałego „adresu na niebie" i mieć go nie mogą, gdyż zmieniają nieustannie swe położenie na sklepieniu niebieskim.

Planety

Starożytni znali *pięć* planet: Merkurego, Wenus, Marsa, Jowisza i Saturna; oczywiście nie wiedziano wówczas, że Ziemia jest w tym spisie szóstą. W czasach nowszych odkryto jeszcze trzy o wiele mniej jasne planety: Urana w r. 1781, Neptuna w 1846, wreszcie Plutona w r. 1930.

Ruch lecącego płatowca dostrzec można już po upływie jakichś paru sekund — tym szybciej, im bliżej nas przelatuje. Prędkości ciał niebieskich są setki i tysiące razy większe od prędkości najszybszego samolotu; nie obawiając się popełnienia poważniejszego błędu, możemy przypuścić na chwilę, że prędkość ta jest mniej więcej jednakowa dla wszystkich ciał niebieskich: wówczas prędkość pozorna, z jaką dane ciało przesuwa się po sferze niebieskiej, pozwala wnioskować w przybliżeniu o jego o d l e g ł o ś c i — im szybciej zdaje się ono poruszać, tym bliżej nas się znajduje. Jedynym wyjątkiem pod tym względem jest nasz Księżyc; nie widzimy jego prawdziwego ruchu w przestrzeni, gdyż odbywa on swą wędrówkę łącznie z Ziemią — podróżując niejako w tym samym „przedziale wagonu", co i my sami.

Fotografia przedstawiona na tabl. V, ilustruje ogólną tę zasadę na dwóch przykładach skrajnych. Ukośna smuga u dołu zdjęcia jest to droga meteoru (str. 63) przesuwają-

cego się po niebie tak szybko, że przebiegł on całą szerokość kliszy w piątą część sekudy — drobny ułamek całkowitego czasu ekspozycji. Plama świetlna w pobliżu środka tablicy—to Wielka Mgławica w Andromedzie (rozdz. VII); ta znów porusza się po niebie tak powoli, że położenie jej zmieni się niewiele nawet w przeciągu miliona lat. Zarówno meteor, jak i mgławica, poruszały się podczas zdjęcia z prędkościami, przewyższającymi tysiąckrotnie prędkość samolotu: — lecz meteor był blisko — na wysokości jakichś osiemdziesięciu kilometrów w atmosferze ziemskiej, — a więc poruszał się pozornie o tyle szybciej, gdy tymczasem mgławica, odległa o 8 500 000 000 000 000 000 km, zdaje się przesuwać tak niezmiernie wolno.

Inne obiekty, widoczne na zdjęciu, są to dość jasne gwiazdy, położone w odległościach pośrednich pomiędzy odległością meteoru i mgławicy. One również biegną w przestrzeni tysiące razy szybciej od samolotu; jakkolwiek znajdują się znacznie bliżej od owej mgławicy, upłyną tysiące lat, zanim będzie można stwierdzić, że któraś z nich zmieniła swe położenie na niebie.

Astronomowie posiadają pewien bardzo prosty sposób wykrycia planet oraz innych ciał niebieskich, obdarzonych dostatecznie szybkim ruchem po sklepieniu niebieskim. Jeśli w grupie osób, fotografowanej przy dość długim naświetleniu, jedna z nich poruszy się podczas ekspozycji, klisza będzie zepsuta: winowajca wygląda na zdjęciu nie jak ludzka istota, lecz jak zamazane widmo. Korzystając z tego właśnie zjawiska, astronom fotografuje część nieba, eksponując dostatecznie długo: wszelki obiekt, przesuwający się szybciej po sferze niebieskiej, wygląda jak zatarta k r e s k a, nie zaś jak mały ostry punkcik świetlny. Nie jedno spośród bliższych nam ciał niebieskich zastało wy-

kryte dzięki zastosowaniu różnych odmian tej prostej metody; należy tu również odkrycie najdalszej planety Plutona, który po wielu latach poszukiwań został znaleziony dopiero w marcu r. 1930 (str. 71). Na tabl. VI mamy dwa zdjęcia tej okolicy nieba, gdzie przypuszczalnie miała się znajdować poszukiwana planeta, wykonane w obserwatorium Lowella w Arizonie, w odstępie trzech dni. Obiekt wskazany strzałkami przesunął się dostrzegalnie w ciągu tego czasu, co świadczy o tym, że mamy tu do czynienia z planetą.

Samotne osiedle

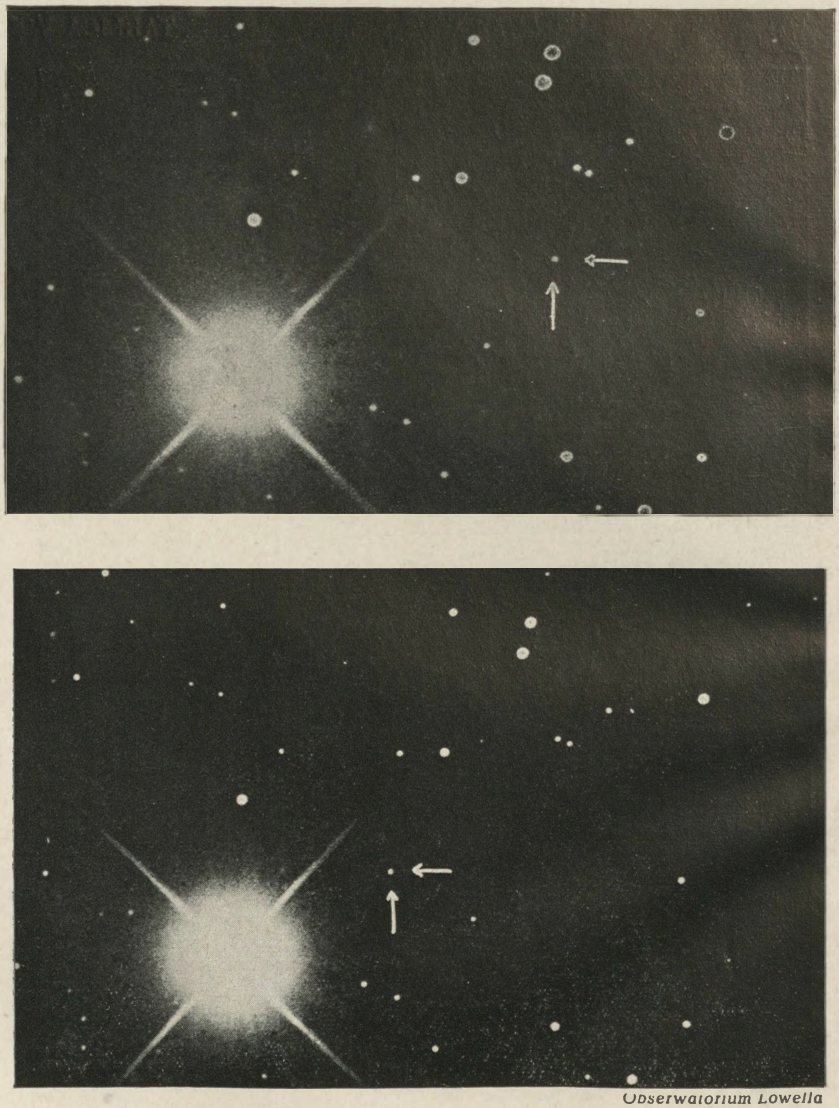
Można by spodziewać się, że istnieje stopniowe przejście od tych szybko poruszających się ciał niebieskich do *gwiazd*, przesuwających się po niebie tak powoli, że nazywamy je niekiedy *„gwiazdami stałymi"*. Okazuje się jednak, że przejścia takiego nie ma: występują tu dwa zupełnie odrębne typy ciał niebieskich. Przyczyna tego jest bardzo prosta. Ziemia nasza należy do małego układu, niemal całkowicie odosobnionego w przestrzeni, tak iż wszystkie planety i inne ciała układu są bez porównania mniej odległe od nas, niż najbliższe nawet gwiazdy stałe. Poruszają się one pozornie tak szybko po prostu dlatego, że są bliżej, a nie dlatego, że robią więcej kilometrów na godzinę; w istocie przeważna ich liczba porusza się z rzeczywistymi prędkościami mniejszymi niż gwiazdy „stałe". Najbliższa nawet gwiazda jest około 270 000 razy bardziej odległa od nas niż Słońce, a więc 7000 razy bardziej odległa niż Pluton, najdalsza ze znanych planet. Światło biegnie do nas od Plutona niecałe pięć godzin — od najbliższej zaś gwiazdy przeszło cztery

Obserwatorium Narodowe, Praga

Meteor i mgławica.

Bolid (wielki meteor) przebiegł przez część sklepienia niebieskiego, objętą na kliszy, w ⅕ sekundy; mgławica zaś nie przesunie się w sposób dostrzegalny nawet w ciągu miliona lat (str. 19).

TABLICA VI



Obserwatorium Lowella

Odkrycie Plutona

Dwie fotografie obszaru nieba w pobliżu δ Bliźniąt, otrzymane 2 i 5 marca 1930. Gwiazdka, zaznaczona strzałkami przesunęła się, jak widać, znacznie w ciągu tych trzech dni, co świadczy o tym, że jest to planeta.

lata. Widzimy stąd jasno, jak niezmiernie odosobnioną w przestrzeni jest nasza mała kolonia ciał niebieskich — o wiele bardziej niż jakiekolwiek osiedle ludzkie w najdzikszych okolicach Ziemi. Siedziby ludzkie nazywamy odosobnionymi, jeśli znajdują się w odległości kilku czy kilkunastu kilometrów od siebie; jeśliby jednak nasz układ słoneczny porównać z małą wioską gdzieś w środkowej Europie, to najbliższe osiedle — najbliższą gwiazdę — należałoby w tej skali umieścić gdzieś w Afryce lub na Syberii.

Głównym członkiem owej odosobnionej „kolonii" jest oczywiście S ł o ń c e. Moglibyśmy wyobrażać je sobie jako wielką planetę, oczywiście nieporównanie większą i jaśniejszą od wszystkich innych. Podobnie jak one, Słońce przesuwa się nieustannie na tle konstelacyj, utworzonych przez miliony razy dalsze gwiazdy stałe. Zazwyczaj nie dostrzegamy bezpośrednio tego ruchu, gdyż blask słoneczny gasi słabe światło gwiazd; dla astronoma jednak, który przy pomocy teleskopu może obserwować gwiazdy w biały dzień, śledzenie owego ruchu jest rzeczą zupełnie łatwą. Nie posługując się lunetą, możemy go stwierdzić w sposób pośredni. Jak wiadomo, Słońce znajduje się na niebie w południe w stronie południowej, a więc o północy — w stronie wprost przeciwnej, tj. północnej, i pod horyzontem. Spoglądając w kierunku południowym codziennie o północy, stwierdzamy łatwo, że w stronie tej przypada coraz to inna część nieba, co oczywiście znaczy, iż Słońce, znajdujące się w kierunku wprost przeciwnym w przestrzeni, przebywa również w coraz to innej części sfery niebieskiej.

Do końca Wieków Średnich przypuszczano powszechnie (jakkolwiek zdarzały się pod tym względem odosobnione wyjątki), że Ziemia jest *środkiem* owej rodziny ciał nie-

bieskich, a nawet i całego Wszechświata; że Słońce, Księżyc i planety są przytwierdzone do przezroczystych sfer, obracających się dokoła Ziemi na różnych odległościach gwiazdy stałe zaś znajdują się na sferze największej, położonej zatem w największej odległości od Ziemi i tworzą w ten sposób tło dla pozostałych ciał niebieskich. Wreszcie w r. 1543. Mikołaj Kopernik ogłosił swe wielkie dzieło „De revolutionibus orbium coelestium" („O obrotach ciał niebieskich"), w którym wykazał, że obserwowane ruchy Słońca i planet można wytłumaczyć w sposób daleko prostszy, założywszy, że *Ziemia jest również planetą*, podobną do innych, i że *wszystkie planety, łącznie z Ziemią, obiegają dokoła nieruchomego Słońca centralnego*. W oczach ogółu poglądy te były jedynie hipotezą, aż do chwili, gdy obserwacje teleskopowe Galileusza i jego następców dostarczyły niezbitych dowodów ich prawdziwości. Obecnie można uważać za rzecz nie podlegającą żadnej wątpliwości, że Słońce, nie zaś Ziemia, stanowi środek naszej małej „kolonii" ciał niebieskich, i że Ziemia, podobnie, jak wszystkie inne mniejsze części składowe tej „kolonii", krąży dokoła Słońca.

BIBLIOTEKA NAUKOWA
Nr ewid.
im. gen. Bronisława K. Świerczewskiego

ROZDZIAŁ II

PIERWSZA PODRÓŻ W PRZESTRZENI I W CZASIE

JAKKOLWIEK jest rzeczą niemożliwą przekonać się w sposób namacalny, z czego „zrobione" jest Słońce, Księżyc, czy gwiazdy, to jednak przy pomocy wielkich teleskopów współczesnych możemy je oglądać niejako z mniejszej odległości, co ostatecznie prawie na to samo wychodzi. Cała więc przestrzeń leży otworem dla badań, przynajmniej o tyle, o ile nie napotykamy materii nieprzezroczystej, której przeniknąć nie zdoła żaden teleskop. Wówczas przychodzą nam zresztą z pomocą obliczenia matematyczne; tak np. w ostatnich latach udało się osiągnąć duże postępy w dziedzinie zagadnienia budowy wnętrz gwiazdowych. Obserwacje teleskopowe, oraz łącząca je teoria matematyczna stanowią jakby magiczny „statek rakietowy", który uniesie nas w przestrzeń niemal wszędzie, dokąd tylko dotrzeć zapragniemy.

W przestrzeni

Zamknijmy się więc w owym cudownym wehikule i poprośmy kogoś, aby nas wystrzelił w drogę ku Słońcu. Wystarczy rozpocząć tę podróż z prędkością, która zdoła nas oderwać na stosunkowo niewielką odległość od Ziemi — prędkość 11 kilometrów na sekundę będzie dostateczna, — potężne zaś przyciąganie Słońca dokona reszty: uniesie nas

ku Słońcu, bez względu na to, czy będziemy tego chcieli, czy nie. Przy wymienionej prędkości początkowej cała podróż trwałaby około 10 tygodni.

Już w pierwszych sekundach tej podróży dostrzeżemy szereg uderzających zmian: przede wszystkim zmienia się niezmiernie nagle cały rozkład b a r w otaczającego nas świata. Niebo szybko czernieje i przybiera w końcu barwę czarną, jak na Ziemi o północy, na tym tle zaś świecą gwiazdy, nie migoczące już przyjaźnie, jak te, które widzimy z Ziemi: promienie ich — to jakby ostre igiełki nieruchomego światła. Samo Słońce, stalowo białe, rzuca cienie niezmiernie ostre i czarne. Przyroda straciła znaczną część swego powabu, całą swą miękkość, łagodne przejścia, — w ciągu zdumiewająco krótkiego czasu. Pochodzi to poprostu stąd, że przez te parę sekund wydostaliśmy się poza obręb *atmosfery ziemskiej;* dopiero teraz możemy sobie zdać sprawę z tego, jak wielkie znaczenie w życiu naszym posiada jej łagodzące oddziaływanie.

Zastanówmy się na chwilę nad pytaniem, w czym nauka dostrzega przyczynę opisanych zjawisk.

Wyobraźmy sobie, że stoimy na grobli na wybrzeżu morskim i śledzimy wzrokiem fale, uderzające o żelazne słupy, podtrzymujące groblę. Fale długie nie zwracają na obecność tych słupów wielkiej uwagi — dzielą się na chwilę na prawo i na lewo, po czym natychmiast łączą się ponownie po minięciu kolumny, tak jakby to uczynił oddział maszerujących żołnierzy, gdyby na drodze ich stało drzewo; jednym słowem, słupy nie odgrywają przy rozchodzeniu się długich fal ważniejszej roli. Natomiast dla fal krótkich kolumny mola stanowią przeszkodę o wiele poważniejszą: wpadając na słupy, ulegają one odbiciu i rozchodzą się w postaci nowych fal drobniejszych we wszystkich kierun-

sach. Używając wyrażenia technicznego, powiemy, że ulegają one *„rozproszeniu"*. Przeszkoda w postaci żelaznej kolumny nie ma prawie żadnego wpływu na fale długie, rozprasza natomiast krótkie.

Mamy tu rodzaj grubego modelu zjawisk, zachodzących przy przedzieraniu się promieni słonecznych przez atmosferę ziemską. Dzięki jej istnieniu, pomiędzy nami, a przestrzenią międzyplanetarną, znajduje się niezliczona ilość przeszkód w postaci cząsteczek powietrza, kropelek wody i ziarnek pyłu. Są to owe słupy nadbrzeżnej grobli.

Fale morskie uzmysławiają nam światło słoneczne. Wiemy, że jest ono m i e s z a n i n ą świateł najrozmaitszych barw, o czym możemy łatwo się przekonać, przepuszczając je przez pryzmat lub nawet po prostu przez karafkę z wodą, — lub o czym przekonywa nas sama Przyroda, przepuszczając je przez zbiór kropel deszczowych i tworząc w ten sposób t ę c z ę. Wiemy również, że *światło składa się z fal* i że różnym barwom światła odpowiadają fale o różnych długościach: *barwie czerwonej—dłuższe, fiołkowej—krótsze*. Mieszanina fal, stanowiąca światło słoneczne, musi przedzierać się obok przeszkód, jakie po drodze napotyka, tak jak zbiór fal morskich przechodzi poza rząd filarów grobli nadbrzeżnej; działanie tych przeszkód na fale świetlne przypomina oddziaływanie owych słupów na fale morskie. Fale długie — światło czerwone — ulegają niewielkim jedynie zakłóceniom, natomiast fale krótkie — światło niebieskie — są rozpraszane na wszystkie strony.

Tak więc, różne składniki światła słonecznego podlegają bardzo niejednolitemu traktowaniu w swej wędrówce przez atmosferę ziemską. Fala światła niebieskiego może ulec rozproszeniu na ziarnku pyłu i zboczyć wskutek tego ze swej drogi; po chwili inne ziarnko pyłu ponownie

zmienia jej kierunek itd., aż wreszcie dostaje się ona do naszego oka po przejściu drogi tak zygzakowatej, jak zarys błyskawicy. Niebieskie fale zawarte w świetle słonecznym wpadają więc do oka z najrozmaitszych kierunków: stąd to właśnie pochodzi *błękitna barwa nieba.* Fale czerwone natomiast dobiegają do nas prostoliniowo, nie ulegając rozproszeniom na przeszkodach w atmosferze. Patrząc więc na słońce, widzimy je głównie w tym właśnie czerwonym świetle. Nie jest to całkowite światło słoneczne, lecz raczej tylko to, co zeń pozostało po odrzuceniu znacznej części światła niebieskiego dzięki obecności przeszkód atmosferycznych; wskutek tego światło słoneczne jest oczywiście czerwieńsze niż przed wejściem do atmosfery. Im więcej przeszkód napotyka ono na swej drodze, tym więcej traci barwy błękitnej i tym czerwieńsze wydaje się Słońce; stąd pochodzi wybitnie czerwona barwa Słońca widzianego przez mgłę lub dym, dlatego też Słońce wydaje się silnie czerwone przy wschodzie lub zachodzie: światło słoneczne dobiega bowiem do nas wówczas bardzo ukośnie, przez grubą warstwę przeszkód zawartych w atmosferze. Na tym samym polega również przyczyna powstawania tych wspaniałych zachodów Słońca, jakie często widzieć można w zapylonym i zadymionym powietrzu miast, albo też po wielkich wybuchach wulkanicznych, gdy cała atmosfera globu może wypełnić się subtelną chmurą drobniuchnych cząstek wulkanicznego pyłu.

W taki to zatem sposób atmosfera ziemska rozprasza światło słoneczne. „Prawdziwe" światło słoneczne, to, które wybiega ze Słońca, i wędruje w przestrzeni, zanim napotka na swej drodze Ziemię, jest mieszaniną wszystkich barw, na które rozkłada je atmosfera ziemska; aby odtwo-

rzyć to światło, trzeba by zmieszać ponownie błękit nieba z żółcią i czerwienią bezpośrednich promieni słonecznych. To zaś dałoby właśnie ów żar stalowo-biały, który ukazuje się oczom podróżnika międzyplanetarnego po opuszczeniu atmosfery ziemskiej.

Oddziaływaniu atmosfery na światło słoneczne zawdzięczamy znaczną część krasy przyrody ziemskiej — błękit nieba w dzień, żywą pomarańczową i czerwoną barwę Słońca podczas wschodu i zachodu, czarodziejskie odcienie obłoków i tajemnicze półtony barwne, występujące o świcie lub zmierzchu, jarzenie się szczytów górskich o zmroku, fioletowy błękit dalekich wzgórz, zieleń nieba wieczornego na zachodnim nieboskłonie, a ciemne indygo na wschodnim — jednym słowem wszelkie zjawiska barwne, którym malarze nadają nazwę atmosferycznych. Poza granicami atmosfery ziemskiej wszystko to znika i rozpościera się przed nami nowy, twardy świat, o ostrych granicach światła i cienia, pozbawiony półtonów. Po raz pierwszy widzimy Słońce takie, jakim jest w rzeczywistości — glob świecący światłem wyraźnie niebieskawym, na niebie czarniejszym, niż nasze ziemskie o północy, gdyż nie ma już atmosfery, która by zabierała część promieni słonecznych i rozpraszała je na wszystkie strony. Ku temu to dziwnemu i strasznemu globowi unosi nas statek międzyplanetarny.

Księżyc z bliska

Najrozumniej byłoby rozpocząć ową podróż gdzieś koło nowiu, gdyż wówczas droga nasza przebiegałaby w pobliżu Księżyca i moglibyśmy przypatrzyć się mu z bliska. Daleko, poza nami, powierzchnia Ziemi ma zarysy zamglo-

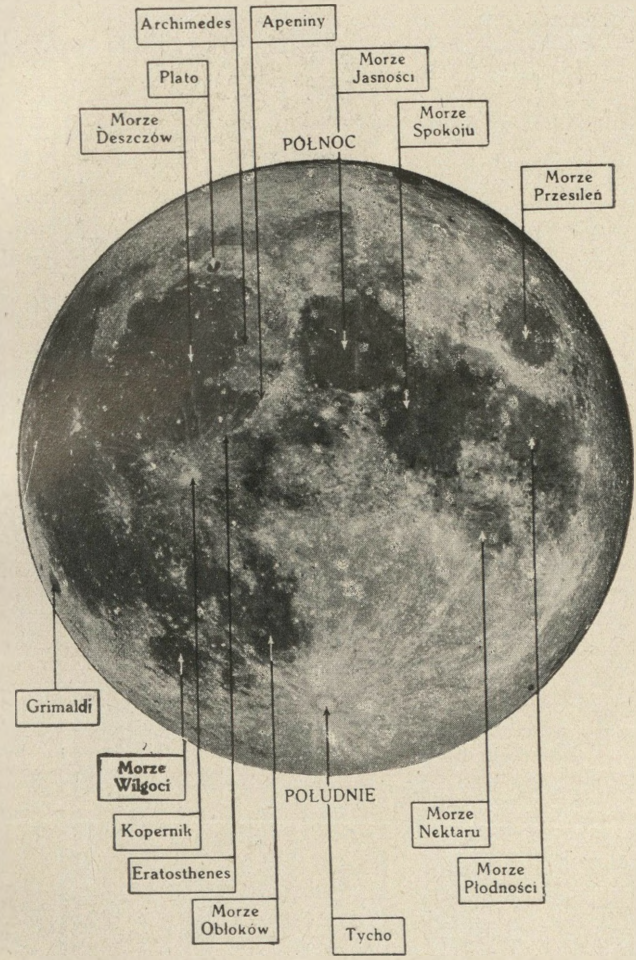
ne i zatarte: widzimy ją bowiem poprzez grubą warstwę powietrza, pyłu, mgły i obłoków, z których tu i owdzie pada deszcz i śnieg. Przeciwnie, szczegóły powierzchni Księżyca odcinają się niezwykle ostro i wyraźnie: *nie posiada on bowiem atmosfery*, a zatem i deszczu, pyłu, mgły czy obłoków, które by zacierały zarysy przedmiotów.

Z daleka już możemy dostrzec, że na Księżycu nie ma wody. Gdyby były tam morza, jeziora, lub nawet rzeki, musielibyśmy na pewno ujrzeć iskrzenie się ich w żywym blasku Słońca, nie widać zaś ani śladu czegoś, co w najmniejszej mierze przypominałoby przestrzenie wodne. Zbliżywszy się jeszcze bardziej, przekonywamy się, że nie ma tu ani miast, ani pól, ani lasów. Przed nami rozpościera się *martwy świat*.

96 lat temu pewien dziennik nowojorski dopuścił się oszustwa, zwanego później „wielką kaczką księżycową". Ogłosił on mianowicie szereg wyssanych z palca artykułów, opisujących rzekomy widok Księżyca, widzianego przez nowy olbrzymi teleskop w Południowej Afryce; rosną tam rzekomo drzewa zdumiewającej wysokości, żyją dziwaczne zwierzęta, latający ludzie, — wszystko zupełnie niepodobne do czegokolwiek znanego na Ziemi. Artykuły te tak dalece zwiększyły poczytność mało dotychczas znanego dziennika, że drukował on podobno największą liczbę egzemplarzy ze wszystkich dzienników świata — zdumiewający dowód tego, jak żywe jest wśród ludzi zainteresowanie zagadnieniem życia we Wszechświecie.

Przez okna naszego statku widzimy jednak obraz zupełnie odmienny od tego, który skreślił był ów dziennik amerykański. Przekonywamy się, że powierzchnia Księżyca składa się w dużej mierze z wielkich, płaskich p u s t y ń, nie okazujących nawet śladów uprawy, ani w ogóle życia

TABLICA VII



Księżyc

Rysunek ten przedstawia Księżyc tak, jak go widać okiem nieuzbrojonym lub przez lornetkę (luneta astronomiczna daje o d w r ó c o n e obrazy przedmiotów); patrząc nań z odległości 8 metrów, widzimy Księżyc w tej samej wielkości pozornej, co rzeczywisty Księżyc na niebie. Łatwo wówczas rozpoznać znaną „twarz Księżyca".

TABLICA VIII

Obserwatorium Paryskie

Księżyc (ostatnia kwadra)

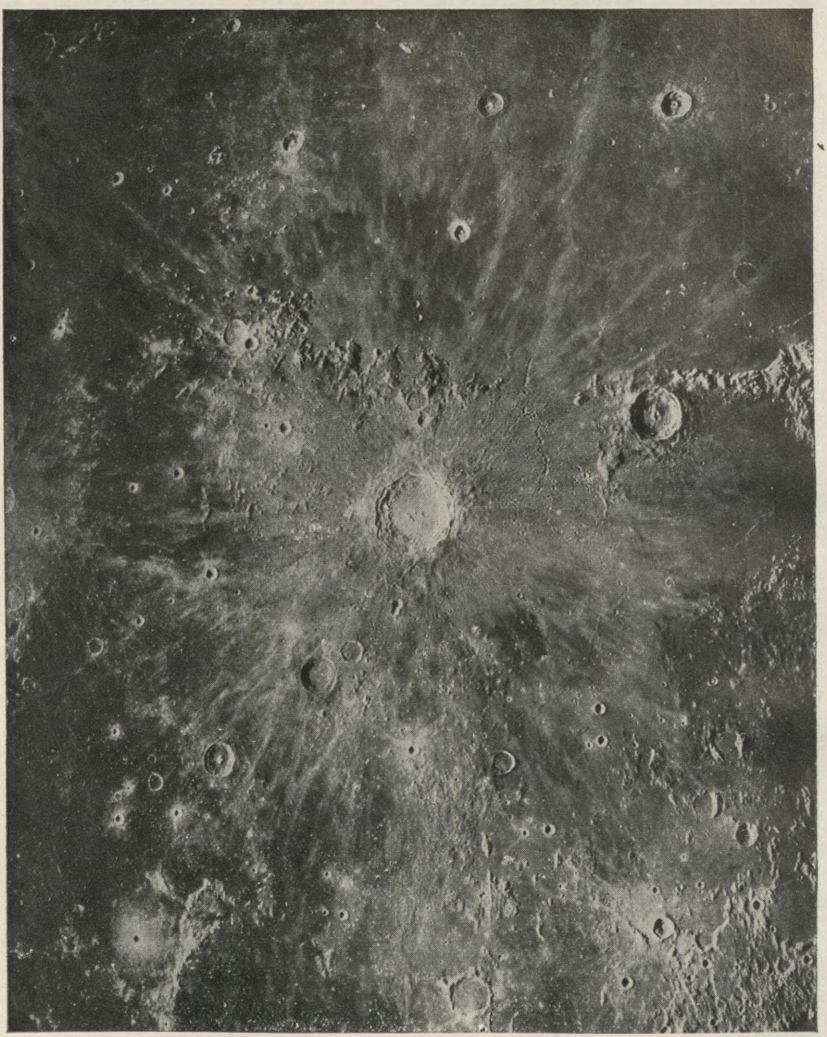
„Wiek" Księżyca wynosi tu 21 dni tak, iż do nowiu brak tylko $8^1/_2$ dni i oświetlona część tarczy zmniejsza się. Słońce jest oczywiście z lewej strony, tak, iż Księżyc wyprzedza Słońce na niebie (o jakieś 7 godzin).

Obserwatorium Paryskie

Księżyc (pierwsza kwadra)

„Wiek" Księżyca wynosi tu nieco mniej niż 6 dni, tak, iż tarcza jego „dopełnia się". Słońce jest teraz po prawej stronie i Księżyc idzie za nim na niebie (w odstępie około 5 godzin).

TABLICA X



Obserwatorium na Mount Wilson

Powierzchnia Księżyca. Obszar w pobliżu Kopernika
(por. tabl. VII)

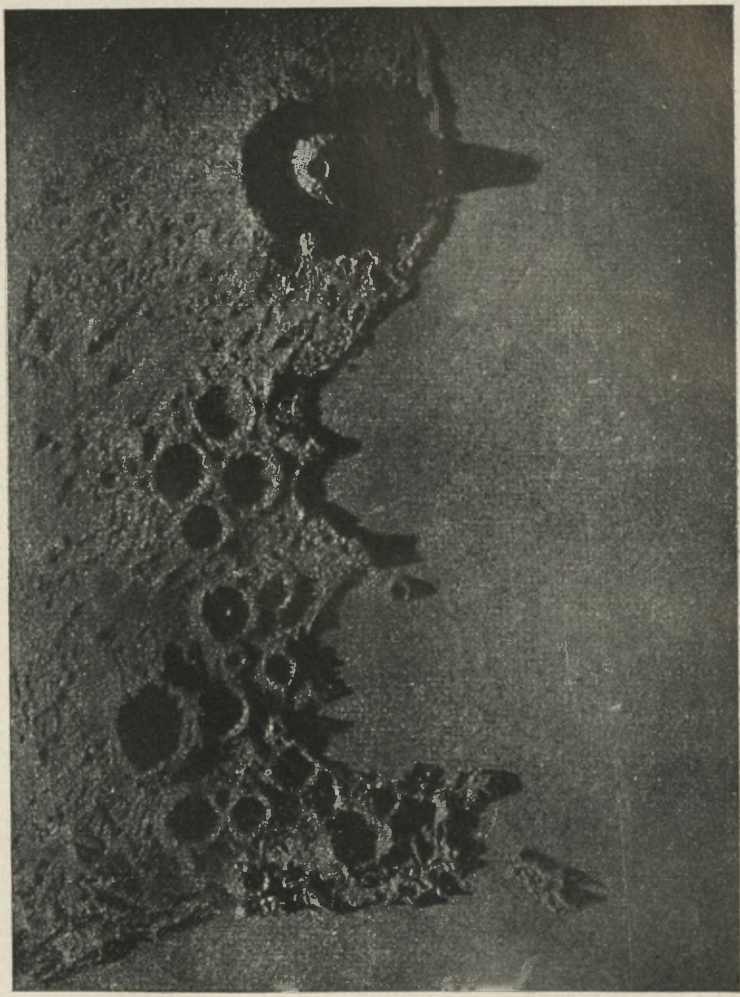
Krater Kopernik (w środku tablicy) mierzy 80 km w średnicy. Eratostenes (nieco wyżej na prawo) — 56 km.

Obserwatorium na Mount Wilson

Powierzchnia Księżyca. Mare Imbrium (Morze deszczów) i otaczające je góry (por. tabl. VII)

Od Eratostenesa (p. tabl. X), położonego blisko lewego dolnego rogu, ciągną się Apeniny księżycowe łukiem, wypełniającym prawą część fotografii u dołu. Wielki krater u samej góry nazywa się Plato, nieco poniżej środka zaś leży Archimedes.

TABLICA XII



Kratery i formacje wulkaniczne

Rysunek ten nie przedstawia powierzchni księżyca, lecz ziemski wulkan Wezuwiusza i okolicę na zachód odeń, sfotografowane z modelu, wykonanego przez inż. J. Nasmyth'a. Porównajmy ten rysunek z widokami powierzchni Księżyca, przedstawionymi na tabl. X i XI.

organicznego. Przeważna część tych płaszczyzn usiana jest pierścieniowymi wzniesieniami, przypominającymi brzegi kraterów wygasłych wulkanów: prawdopodobnie też są one tej właśnie natury (p. tabl. XII). Wiele z nich jest tak obszernych, że mogłyby w swym wnętrzu pomieścić całe prowincje, a nawet państwa ziemskie. Tak np. góry pierścieniowe Grimaldi i Clavius obejmują powierzchnię większą od Belgii [1]. Zębate szczyty i poszarpane łańcuchy górskie wznoszą się ku niebu w tej postaci, w jakiej przed wiekami powstały. Góry ziemskie podlegają od milionów lat niwelującemu działaniu deszczu, śniegu i wiatru, — tu natomiast nie znać śladów wietrzenia. Jeśli kiedyś spopularyzują się podróże międzyplanetarne, to góry księżycowe będą prawdziwym rajem dla wspinaczy. Słońce rzuca zębate cienie ich zarysów na płaszczyzny pustyń leżących poniżej; nawet w małej lunecie widać wspaniałe igły, turnie i granie. Jeden z łańcuchów gór księżycowych, Apeniny (przebiegające na tabl. XI ukosem u dołu), posiada około 720 km długości i zawiera przeszło 5000 szczytów, z których najwyższy, Huyghens, ma około 5700 m, a dwa inne, Hadley i Bradley, przeszło 4500 m wysokości. Na północ od Apeninów rozciąga się płaszczyzna (Mare Imbrium — Morze Deszczów), ku której góry te spadają stromo, jakby urwiska nad brzegiem morskim.

Góry księżycowe miałyby zresztą dla alpinistów, oprócz pięknych widoków, inne jeszcze powaby. Ciężkość na Księżycu jest sześć razy mniejsza niż na Ziemi, tak iż człowiek

[1] Autor podaje w tekście angielskim, że największą górą pierścieniową Księżyca jest Maurolycus: w rzeczywistości jednak co najmniej kilkanaście tych gór przewyższa rozmiarami Maurolycusa. *Przyp. tłum.*

mógłby tam podskoczyć sześć razy wyżej, tyleż razy wyżej wspiąć się w górę przy tym samym wysiłku, wreszcie mógłby sobie pozwolić na spadek z sześć razy większej wysokości niż na Ziemi. Wspinacze jednak musieliby pamiętać o zabraniu z sobą zapasów tlenu, Księżyc nie posiada bowiem atmosfery.

Ten ostatni fakt tłumaczy się właśnie *małym natężeniem siły ciężkości* na Księżycu. Międzyplanetarny statek nasz tylko dlatego zdołał oderwać się od Ziemi, że nadaliśmy mu prędkość początkową przeszło *11 kilometrów na sekundę: gdyby była ona mniejsza,* spadlibyśmy z powrotem na Ziemię, podobnie jak zwykły pocisk armatni lub piłka tenisowa. Atmosfera ziemska składa się z niezliczonych bilionów cząsteczek, biegnących z dość znacznymi prędkościami — kilkuset metrów do paru kilometrów na sekundę. Prędkości te nie osiągają jednak owych 11 km/sek, niezbędnych do oderwania cząsteczek od Ziemi, stale więc spadają one z powrotem, jak piłki tenisowe — i dlatego to Ziemia może utrzymać atmosferę w sposób trwały.

Natomiast, aby pocisk jakiś był w stanie oderwać się zupełnie od Księżyca, wystarczyłaby prędkość początkowa około 2½ kilometrów na sekundę; jeśliby raz uzyskał on podobną prędkość, przyciąganie Księżyca nie zdołałoby już ściągnąć go z powrotem. Otóż Księżyc zwraca zawsze t ę s a m ą swą stronę ku Ziemi, którą okrąża raz w ciągu miesiąca; wynika stąd, że obraca się on dokoła swej osi również raz jeden w miesiącu, każda zatem część jego powierzchni kolejno praży się w blasku słonecznym przez całe dwa tygodnie, przy czym temperatura jej podnosi się niemal do temperatury wrzenia wody. Gdyby nawet Księżyc posiadał był niegdyś atmosferę, cząsteczki jej musiałyby w tak wysokich temperaturach uzyskać bardzo znacz-

ne prędkości, przekraczające często, jak wynika z rachunku, krytyczną wartość 2½ km/sek, wskutek czego stopniowo opuszczałyby Księżyc na zawsze. W tak prosty więc sposób przedstawia się sprawa utraty przez Księżyc atmosfery.

Jakkolwiek Księżyc może na pierwszy rzut oka wydawać się rajem dla alpinistów, to jednak dojrzalsze rozważenie sprawy prowadzi do wniosku, że w gruncie rzeczy niezbyt nadaje się on zarówno na cel wycieczek wakacyjnych, jak i na stałą siedzibę. Uczestnicy wycieczki musieliby nie tylko nosić z sobą zapasy tlenu, lecz również musieliby być przygotowani na znoszenie temperatury około +95° Celsiusza po stronie słonecznej — na równiku, gdy Słońce jest w zenicie, nawet około + 120°; — gdyby zaś uważali to za zbyt wielki upał, musieliby albo schronić się na stronę „nocną", gdzie jednak jest jeszcze gorzej: 150° *C* niżej zera, albo też — wrócić na Ziemię...

Z czego zbudowany jest Księżyc?

Zresztą, i sama powierzchnia Księżyca nie bardzo nadaje się na rozłożenie wygodnego „campingu". M. Lyot z obserwatorium w Meudon zajął się niedawno porównaniem światła księżycowego — które jest oczywiście światłem słonecznym, odbitym od różnych rodzajów gruntu i skał. Okazało się, że jest ono zupełnie podobne do światła odbitego od *popiołu wulkanicznego,* całkiem zaś niepodobne do odbitego od żadnej z wielu innych substancyj przez niego zbadanych. Stąd wysnuć można prawdopodobny wniosek, że powierzchnia Księżyca pokryta jest czymś w rodzaju popiołu wulkanicznego; wniosek ten zgadza się niewątpliwie z ogólnym charakterem tej powierzch-

ni, która wygląda jak wielkie zbiorowisko wygasłych wulkanów. Istotnie, wulkany te są uderzająco podobne do ziemskich, jak to widzieliśmy na tabl. XII, przedstawiającej fotografię modelu Wezuwiusza i okolicy na południe odeń.

Popiół wulkaniczny posiada tę godną uwagi właściwość, że jest niemal doskonałym *nieprzewodnikiem ciepła*, podobnie jak np. azbest, którym otula się rury do centralnego ogrzewania. Jeżeli zewnętrzne warstwy powierzchni Księżyca rzeczywiście składają się z tego materiału, to ciepło słoneczne na stronie oświetlonej nie może przeniknąć daleko w głąb, tak iż wnętrze bryły Księżyca nie podlega tak gwałtownym zmianom temperatury, jak powierzchnia. Obliczenia wykazują, że powierzchnia, która prażyła się w słońcu przez dwa tygodnie, może osiągnąć temperaturę wrzenia wody, gdy tymczasem skała pół cala głębiej ma temperaturę poniżej zera. Tak, jak pół cala azbestu nie przepuszcza ciepła z rur ogrzewania centralnego, półcalowa warstwa popiołu wulkanicznego przeszkadzałaby ciepłu słonecznemu dostać się do wnętrza bryły księżycowej. Nie jest to tylko prosty domysł, lecz prawdopodobnie mamy tu dość dobry obraz istotnego stanu rzeczy na Księżycu. Astronomowie z obserwatorium na Mount Wilson, P e t t i t i N i c h o l s o n, zbadali ostatnio zmiany temperatury powierzchni Księżyca w czasie jego zaćmienia. Znaleźli oni, że gdy cień Ziemi wchodzi w tarczę Księżyca i przerywa w ten sposób dopływ ciepła słonecznego, temperatura spada nagle od $+90^{\circ}$ do -102° C: — spadek o 192° C w przeciągu k i l k u minut! Na Ziemi spotykamy również dość wyraźne zmiany temperatury podczas zaćmienia Słońca i zazwyczaj robi się chłodno, gdy Księżyc zasłoni tarczę słoneczną, lecz nie ma tu nawet porównania z tym, co

się dzieje na Księżycu. Zapas ciepła bowiem zawarty w gruncie i atmosferze nie pozwala na zbyt nagłe zmiany temperatury. Nadzwyczajna prędkość, z jaką stygnie powierzchnia Księżyca, świadczy o tym, że nie może ona posiadać zapasu ciepła w ilości, porównywalnej z zasobami, zawartymi w gruncie ziemskim. To zaś znaczy, że ciepło słoneczne przenikać może jedynie bardzo cienką warstwę powierzchni Księżyca, szybkość zaś zmian temperatury tej powierzchni zgadza się całkowicie z przypuszczeniem, że jest ona pokryta popiołem wulkanicznym.

Wenus i Merkury

Najwidoczniej tedy Księżyc nie jest miejscem odpowiednim na dłuższy pobyt, toteż lepiej skierujmy swą rakietę w dalszą drogę ku Słońcu, jak to zresztą było naszym pierwotnym zamiarem. Najbliższą sąsiadką Ziemi po Księżycu jest planeta Wenus. Mijając ją z bliska w naszej podróży, nie zobaczyliśmy nic specjalnie ciekawego; jest to glob prawie tej wielkości, co Ziemia, otulony całkowicie warstwą obłoków.

Następna wszakże planeta, Merkury, przedstawiałaby zapewne widok bardzo ciekawy. Jest on znacznie mniejszy od Ziemi: 16 kul wielkości Merkurego ledwie wystarczyłoby na jedną Ziemię; nie o wiele więc przewyższa on rozmiarami Księżyc i, podobnie jak ten ostatni, nie posiada atmosfery, gdyż przyciąganie jego jest zbyt słabe na to, by ją utrzymać trwale, — toteż rzeźba powierzchni powinnaby wyłonić się przed nami zupełnie wyraźnie i ostro. Merkury podobny jest do Księżyca jeszcze pod innym względem. Jak wiemy, przyciąganie ziemskie trzyma Księżyc w swych więzach tak silnie, że nie może on

obracać się względem Ziemi i zwraca ku niej zawsze tę samą półkulę. Merkury znajduje się w podobnym położeniu: przyciąganie Słońca trzyma go tak skutecznie na uwięzi, iż musi zwracać ku Słońcu stale *tę samą stronę*. Widzieliśmy, że powierzchnia Księżyca rozgrzewa się porządnie po dwutygodniowym prażeniu się w słońcu; otóż zwrócona ku Słońcu półkula Merkurego znajduje się w daleko gorszej sytuacji — praży się przecież w promieniach o wiele bliższego Słońca stale, bez przerwy, musi więc tam panować straszne gorąco. Jeżeli na Merkurym są rzeki, to chyba płynie w nich roztopiony ołów lub inna substancja tego rodzaju, gdyż w tym piekielnym upale wszelkie zwykłe ciecze wyparowałyby od dawna.

Jeszcze pod jednym względem Merkury przypomina Księżyc. Światło odbite od jego powierzchni jest znów podobne tylko do światła odbitego od popiołu wulkanicznego, co wskazuje na to, iż powierzchnia Merkurego, jak i Księżyca, składa się prawdopodobnie z tej substancji. Być może zresztą, że w rzeźbie jego krajobrazu główną rolę odgrywają również wygasłe wulkany; rakieta nasza nie zbliża się wszakże do planety na tyle, abyśmy mogli stwierdzić, czy tak jest w istocie.

W pobliżu Słońca

W podróży naszej zbliżyliśmy się już dość znacznie do Słońca. W chwili, gdy mijamy Merkurego, średnica tarczy słonecznej jest przeszło 2½ razy większa, niż widziana z Ziemi i w miarę tego, jak rośnie coraz bardziej, zasłaniając większą część nieba przed nami, coraz piękniejszy przedstawia widok. Słońce bowiem nie jest światem martwym, jak Księżyc i Merkury; przeciwnie, nie dostrzega

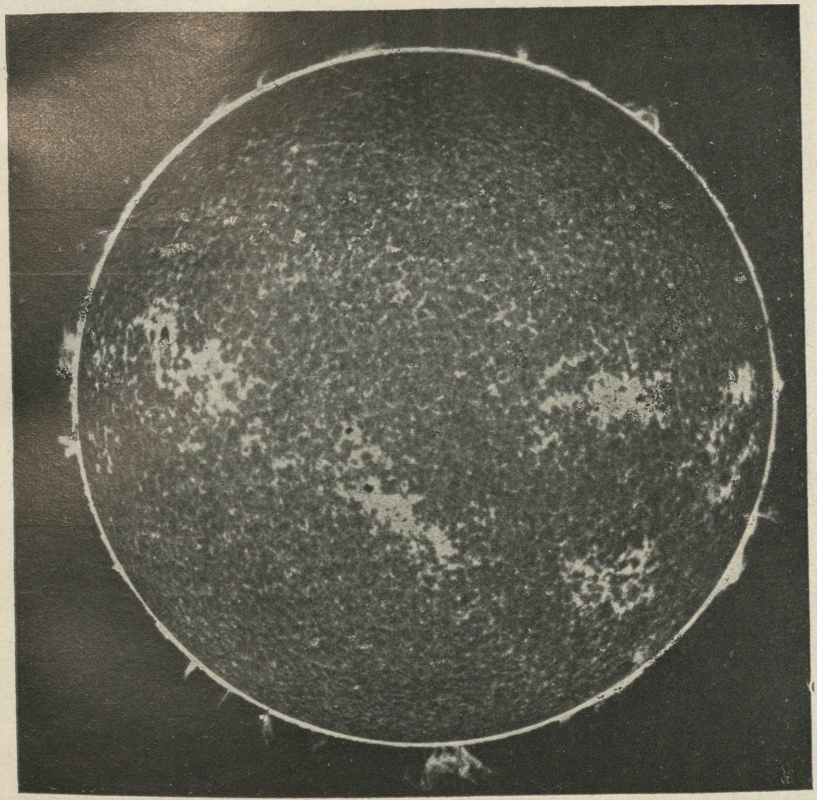
my na nim nic, co pozostawałoby w spoczynku — wszystko znajduje się w gwałtownym ruchu: cała powierzchnia burzy się, wre i wybucha. Przyczynę tego nietrudno odgadnąć. Wnętrze Słońca — to nieustannie czynna wielka *wytwórnia energii*. Energia, wytworzona i oswobodzona we wnętrzu, rozżarza je straszliwie; potężny strumień ciepła płynie więc ku powierzchni, skąd uchodzi w przestrzeń w postaci promieniowania. Każdy centymetr kwadratowy powierzchni otrzymuje bez przerwy 8 koni mechanicznych energii, której musi pozbyć się w jakikolwiek sposób, nie może zaś dokonać tego, leżąc spokojnie: cała powierzchnia *„wre"*, przy czym warstwy górne niejako „odwracają się" tak, iż uwięzione w nich promieniowanie może ujść szybciej na zewnątrz (p. tabl. XIII).

Zresztą i to nie wystarcza widocznie, w różnych miejscach bowiem olbrzymie fontanny płomieni, zwane *„protuberancjami"*, czyli *„wyskokami"*, wzbijają się w górę na setki tysięcy kilometrów ponad powierzchnię Słońca. Odnosi się wrażenie, iż powierzchnia ta nie może pozbyć się energii tak szybko, jak dopływa ona z wnętrza, i tworzy w tym celu skomplikowany mechanizm fontann, kaskad i arkad płomiennych. Są one zwykle barwy szkarłatnej i często przybierają najbardziej fantastyczne kształty. Niektóre protuberancje są prawie nieruchome, jakby wrośnięte w bryłę słoneczną, inne natomiast wybiegają w górę, jak fontanny z prędkościami, wynoszącymi tysiące kilometrów na minutę; jeszcze inne odrywają się zupełnie od Słońca, wznosząc się na setki tysięcy km i zmieniając przy tym bez przerwy swe kształty (tabl. XIV). Protuberancja, która wyłoniła się w postaci wielkiego czerwonego grzyba, może opaść z powrotem jako coś, co przypomina drzewo mangowe, dzikiego szkarłatnego psa lub jakiejś jeszcze

dziwaczniejsze zwierzę przedpotopowe. Na tabl. XV widzimy wyskok sfotografowany podczas zaćmienia w r. 1919, najzupełniej podobny do wielkiego mrówkojada, długości 560 000 km od pyska do ogona, — zwierzę które mogłoby połknąć całą Ziemię, jak pigułkę. Nieco później „mrówkojad" oderwał „pysk" i „ogon" od powierzchni Słońca, powiększył liczbę nóg począł wznosić się w górę; osiągnął był już wysokość 760 000 km, gdy zachód Słońca uniemożliwił śledzenie dalszych jego wybryków.

Oprócz owej dziwacznej architektury, zbudowanej ze szkarłatnego płomienia, widzimy w różnych miejscach na powierzchni Słońca ziejące *olbrzymie, ciemne wgłębienia,* jakby kratery wybuchających wulkanów, wyrzucające materię wraz z ogniem z wnętrza Słońca (p. tabl. XVI, XVII i XIX). Na Ziemi nazywamy je *plamami słonecznymi;* teraz jednak, z bliska, możemy dojrzeć, iż w każdym razie nie są to żadne „plamy"; niektóre z nich są tak wielkie, że cała nasza Ziemia mogłaby w nie wpaść, jak orzech do kanału.

Na koniec ognista tarcza Słońca wypełnia niemal całe niebo przed nami; zbliżamy się do niej coraz bardziej — wkrótce statek nasz musi spaść na Słońce, przygotowujemy się więc na uderzenie, które nas czeka. Teraz już arkady i fontanny płomienne nie tylko otaczają nas z boku, lecz zamykają się nad nami: jesteśmy już wewnątrz ognistej *atmosfery Słońca,* świecącej wszędzie dokoła nas. Weźmy próbkę tej atmosfery do wnętrza statku i poddajmy ją analizie chemicznej: przekonamy się, że *skład jej różni się najzupełniej od atmosfery ziemskiej.* Prawda, że zawiera ona te same gazy lekkie, co ta ostatnia, lecz oprócz tego znajdziemy w niej c i ę ż k i e m e t a l e, jak platynę, srebro i ołów — krótko mówiąc, większość, jeśli nie wszyst-



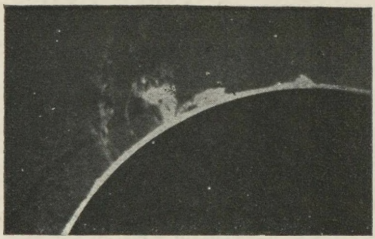
J. Evershed, Kodaikanal

Fotografia Słońca, wykonana w świetle wysyłanym przez atomy wapnia

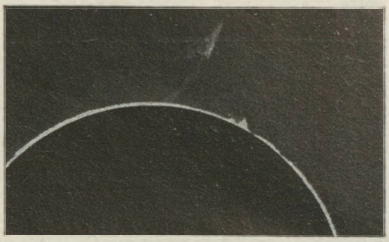
Widzimy tu wyskoki czyli protuberancje i „obłoczki" (flocculi). Por. też tabl. XVII.

Biblioteka Akademii Sztabu Generalnego

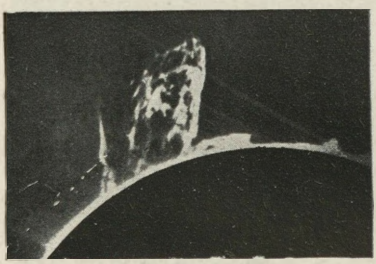
TABLICA XIV



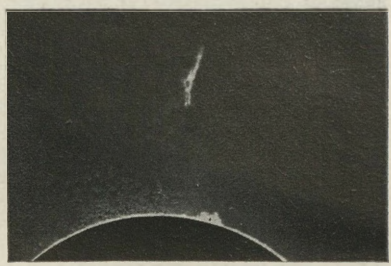
Godz. 8, min. 6



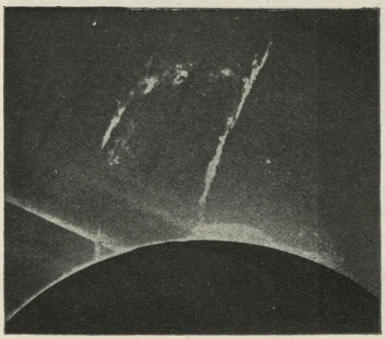
Godz. 7, min. 52



Godz. 8, min. 36

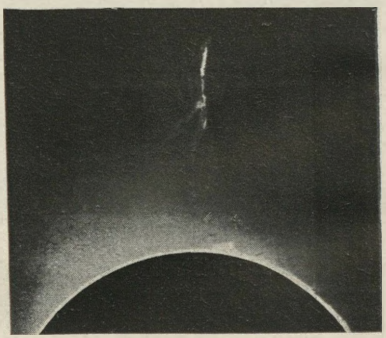


Godz. 8, min. 45



Godz. 8, min. 57

Trzy stadia rozwoju protuberancji, obserwowanej 25 maja 1916.



Godz. 9, min. 3

Trzy stadia rozwoju protuberancji, obserwowanej 19 listopada 1928.

J. Evershed, Kodaikanal

Protuberancje słoneczne typu wybuchowego

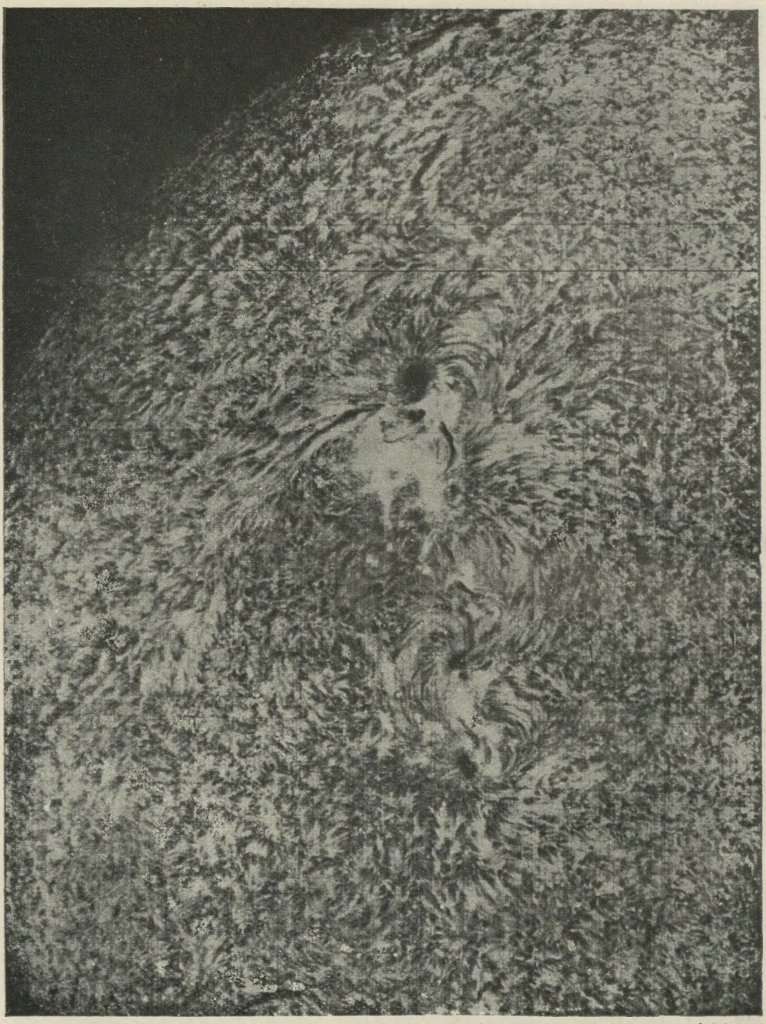
Protuberancja przedstawiona po prawej stronie wzniosła się na wysokość 910 000 km nad powierzchnię Słońca.

A. C. Crommelin, Obserwatorium w Greenwich

Protuberancja „Mrówkojad" (29 maja 1919)

Całkowita długość tej protuberancji wynosiła około 560 000 km.

TABLICA XVI



Obserwatorium na Mount Wilson

Cząstka powierzchni Słońca, sfotografowana w świetle wysyłanym przez atomy wodoru

Widać szczegóły budowy grupy, złożonej z czterech plam słonecznych, oraz burzliwe prądy i wiry otaczających je „obłoczków".

kie, substancyj znanych na Ziemi. Wszystkie one występują w atmosferze Słońca w postaci p a r y, temperatura bowiem jest tu zbyt wysoka, by mogły pozostawać w stanie stałym lub ciekłym. Wszystko to wiedzieliśmy jeszcze przed opuszczeniem Ziemi, umiemy bowiem przy pomocy przyrządu, zwanego *spektroskopem*, analizować światło słoneczne i określać rodzaj atomów, które je wysyłają.

We wnętrzu Słońca

Wciąż jeszcze oczekujemy zderzenia — i jakoś nie możemy się go doczekać: przelecieliśmy już dotychczas chyba setki, tysiące i dziesiątki tysięcy kilometrów we wnętrzu Słońca — i jeszcze nie napotkaliśmy stałej powierzchni. Stopniowo zdajemy sobie wreszcie sprawę z istotnego stanu rzeczy. Oto jesteśmy już głęboko pogrążeni w bryle słonecznej, a mimo to wciąż otacza nas tylko *gaz!* Już nawet zewnętrzna atmosfera Słońca jest zbyt gorąca, aby jakakolwiek substancja mogła tam istnieć w stanie stałym lub ciekłym, tu zaś temperatura jest jeszcze wyższa, więc oczywiście wszystko jest również w stanie pary. Na Ziemi, na Księżycu i prawdopodobnie na wszystkich planetach istnieje ostre przejście od atmosfery do bryły stałej; na Słońcu i na gwiazdach w ogóle takiej nagłej granicy być nie może. Atmosfera przechodzi s t o p n i o w o w jądro gwiazdy, utworzone z substancji tego samego rodzaju, co atmosfera. Wobec braku więc wszelkiej przegrody stałej, która mogłaby powstrzymać ruch naszego statku, pęd jego zaniesie nas aż do samego środka Słońca.

Gdy mijaliśmy dziwne i niesamowite widoki powierzchni słonecznej, owe fontanny, arkady i drzewa z płomieni, termometr nasz wskazywał jakieś 4 do 4½ tysięcy stopni; po

znaczniejszym zagłębieniu się w atmosferę słoneczną, podniósł się do 5 — 5½ tysięcy. Stąd to po raz ostatni ujrzeliśmy Ziemię poprzez ognistą zasłonę, zamykającą się szybko dokoła nas. Potem, gdy znaleźliśmy się już we wnętrzu Słońca, otoczeni ze wszech stron ognistym jego żarem, termometr począł biec w górę z ogromną szybkością: wkrótce przekroczył milion stopni, a teraz, w *pobliżu środka Słońca, wskazuje przeszło 20 milionów stopni.* Gdy powrócimy na Ziemię, nie łatwo będzie wytworzyć sobie pojęcie o tym, co oznacza tak wysoka temperatura. Może nam w tym pomóc jeden przykład konkretny: jeśliby wziąć zwykłą monetę i ogrzać ją do temperatury środka Słońca, to wysyłane przez nią promieniowanie spopieliłoby wszelką istotę żywą w promieniu tysięcy kilometrów. Lecz ciśnienia, panujące w otoczeniu naszego statku, są chyba jeszcze bardziej niesamowite niż temperatury. Na powierzchni Ziemi ciśnienie powietrza wynosi około 1 kilograma na centymetr kwadratowy: takie ciśnienie jest niezbędne dla podtrzymania ciężaru naszej atmosfery i dlatego też nosi ono nazwę ciśnienia *jednej „atmosfery"*. W kotle nowoczesnego parowozu ciśnienie dosięga wartości 20 atmosfer — tzn., że para wewnątrz kotła wywiera na jego ściany ciśnienie 20 razy większe, niż ciśnienie powietrza atmosferycznego z zewnątrz. Otóż ciśnienie w środku Słońca wynosi około *40 miliardów atmosfer.* Ciężar atmosfery ziemskiej wytwarza ciśnienie 1 atmosfery na powierzchni Ziemi, natomiast nieporównanie większy ciężar całej masy słonecznej powoduje w środku Słońca ciśnienie 40 miliardów atmosfer.

Przy podniesieniu temperatury ciała objętość jego zwykle wzrasta, natomiast poddanie go wysokiemu ciśnieniu ma za skutek zmniejszenie objętości. Materia w środku Słońca

dąży do rozszerzenia się, gdyż jest tak silnie ogrzana — do 20 milionów stopni, — z drugiej zaś strony musi się kurczyć, podlega bowiem ciśnieniu 40 miliardów atmosfer. Z tej walki sprzecznych wpływów wychodzi zwycięsko raczej ciśnienie. Materia w środku Słońca nie jest wprawdzie zagęszczona zbyt silnie, — nie pozwala na to niesłychany żar, jaki tam panuje — jednakże, jak za chwilę zobaczymy, zagęszczona jest bardziej, niż wszelkie rodzaje materii, znane na Ziemi.

Nawet atomy ulegają rozbiciu

Mówiliśmy już, iż temperatura zaledwie kilku tysięcy stopni, panująca na powierzchni Słońca, wystarcza do zamiany w parę wszystkich substancyj zwykłych. Pod jej wpływem nie tylko topnieje lód, a woda obraca się w parę, lecz również rozluźniają się więzy pomiędzy atomami w poszczególnych maleńkich *cząsteczkach* pary wodnej, tak iż każda z nich rozpada się na trzy *atomy* składowe—dwa wodoru i jeden tlenu. Wiedzieliśmy o tym wszystkim jeszcze przed rozpoczęciem podróży międzyplanetarnej, spostrzeżenia spektroskopowe bowiem świadczą, iż, praktycznie biorąc, całe światło Słońca i gwiazd pochodzi od cząsteczek, które u l e g ł y r o z p a d o w i na atomy składowe, jedynie na niektórych najchłodniejszych gwiazdach znajdujemy nieliczne cząsteczki nie „rozbite", przy czym są to cząsteczki o budowie szczególnie wytrzymałej.

Analiza widmowa wykazuje, że w atmosferze gwiazd gorętszych nawet *same atomy poczynają ulegać rozpadowi* pod działaniem panującej tam wysokiej temperatury. W środku każdego atomu znajduje się bardzo ważna cząstka o znacznej masie, zwana *jądrem;* dokoła jądra grupują

się cząsteczki mniej ważne i o mniejszej masie — *elektrony*. Wszystkie elektrony są zupełnie podobne do siebie, a więc mogą się zastępować wzajemnie. Jądra natomiast nie są w ogóle ani podobne do siebie, ani też nie są zdolne do zamiany; jądro atomu wodoru np. jest pod bardzo wieloma względami odmienne od jądra atomu tlenu. W istocie, właśnie owa *różnorodność jąder* jest przyczyną tych wszystkich różnic, jakie istnieją pomiędzy wodorem i tlenem.

Pojedyńcze jądro i gromada elektronów — są to jedyne składniki atomu. Maleńkie te cząstki są obdarzone ładunkami elektrycznymi, tak iż każde jądro przyciąga otaczające je elektrony. Dwa najbliższe spośród nich trzyma bardzo mocno; pewną grupę dalszych — zwykle osiem — znacznie słabiej; na pozostałe zaś elektrony, położone jeszcze dalej, działają siły jeszcze słabsze. Tak np. elektrony najbardziej zewnętrzne utrzymywane są w swych położeniach przez siły tak słabe, że nawet niska temperatura płomienia świecy lub zwykłego ogniska zdoła oderwać niektóre spośród nich. Niewątpliwie zatem należy oczekiwać, iż daleko więcej elektronów ulegnie oderwaniu od jąder w wysokich temperaturach, panujących w atmosferach Słońca i Gwiazd. Całkowity atom tlenu składa się z jądra, otoczonego przez osiem elektronów; otóż jak wykazuje spektroskop, w atmosferach najgorętszych gwiazd liczne atomy tlenu utraciły po dwa, a niektóre po trzy nawet elektrony. Spektroskop nie jest w stanie przeniknąć do jeszcze gorętszych wnętrz gwiazdowych, lecz można być pewnym, iż atomy tlenu utraciły tam więcej niż dwa lub trzy elektrony z ośmiu. W pobliżu środka Słońca zaś, gdzie panuje temperatura dziesiątków milionów stopni, atomy tlenu muszą być rozbite *całkowicie:* znamy bowiem siłę, jaką jądro tlenu trzyma swe elektrony najbliższe —

siła ta okazuje się niedostateczną, by oprzeć się strasznemu gorącu w środku Słońca. Ściśle mówiąc, w pobliżu środka Słońca nie ma atomów tlenu, lecz występuje tam chaotyczna mieszanina jąder i elektronów, biegnących we wszelkich kierunkach w najzupełniejszym bezładzie.

Istnieją inne typy atomów, cięższych od tlenu, w których jądro trzyma swe najbliższe elektrony tak silnie, że nawet temperatura 20 milionów stopni nie wystarczy, by je odeń oderwać; a więc nawet w środku Słońca niektóre z tych jąder zachowują swe dwa elektrony wewnętrzne, tworząc coś na kształt miniaturowych słońc. Materia wnętrza Słońca składa się z nielicznych rojów owych maleńkich atomów, jeszcze mniejszych elektronów, uwolnionych z więzów atomowych, tudzież z odłamków innych atomów, które uległy całkowitemu rozbiciu, — lecących bezładnie we wszelkich możliwych kierunkach.

Wszystkie te cząstki poruszają się z olbrzymimi prędkościami, co wynika głównie z niezmiernie wysokiej temperatury. Gdybyśmy mogli zmierzyć prędkość elektronów swobodnych, przelatujących poza oknami naszej rakiety, to okazałoby się, że wynosi ona średnio blisko 50 000 kilometrów na sekundę — około 60 000 razy więcej niż prędkość kuli karabinowej. Łatwo pojąć, że oderwane od atomów fragmenty nie mogą z powrotem zespolić się w atomy całkowite, skoro poddane są stale bombardowaniu pociskami o takich prędkościach.

Podróż w czasie

Zanim skierujemy statek nasz w powrotną drogę ku Ziemi, posłużmy się nim raz jeszcze w celu odbycia podróży w czasie — *w przeszłość.*

Cofnijmy się zatem o jakieś *trzy miliardy lat* i, krążąc w pobliżu Słońca, śledźmy bacznie, rok po roku, zachodzące wokół nas zjawiska. Ściśle mówiąc, *„lat"* nie ma jeszcze — rok jest to przecież okres jednego obiegu Ziemi dokoła Słońca, w czasie zaś, o którym mowa, Ziemia jeszcze w ogóle nie istnieje: cofnęliśmy się w przeszłość tak odległą, że nie tylko nie dotknęła Ziemi stopa człowieka, lecz nawet w ogóle nie ma tej Ziemi, na której mógłby on swą stopę postawić.

Przyjrzawszy się Słońcu, stwierdzamy, że wygląda ono prawie tak samo, jak w r. 1932 po Narodzeniu Chrystusa; — jest tylko może odrobinę większe, jaśniejsze i gorętsze. Owe trzy miliardy lat, o które cofnęliśmy się w przeszłość, to jeden dzień zaledwie w życiu Słońca, nie mogło więc ono postarzeć się dostrzegalnie w ciągu tak krótkiego czasu.

Co się tyczy jednak nieba gwiaździstego, to nie moglibyśmy jego wcale poznać. Wprawdzie gwiazdy przesuwają się na sklepieniu niebieskim na bardzo nieznaczną jedynie odległość w ciągu czasu, odpowiadającego jednemu pokoleniu ludzkiemu, lecz po upływie trzech miliardów lat powolny ten ruch zmienił całkowicie wygląd gwiazdozbiorów: niebo ówczesne wydawałoby się nam tak obcym, jak niebo południowe dla podróżnika, który po raz pierwszy przybył z północnej półkuli.

Mijają lata, tysiące i miliony lat. Wygląd nieba zmienia się nieustannie: konstelacje zmieniają kształty, a gwiazdy swą jasność w miarę tego, jak zbliżają się, czy też oddalają od nas. Gwiazda, która w pewnej epoce była najświetniejszą na całym niebie, oddala się, traci na blasku, aż w końcu znika dla oka całkowicie. Możemy przy tym zauważyć, iż gwiazdy o blasku tak jasnym, jaki obecnie po-

siada Syriusz, spotykają się rzadko: najwidoczniej ten ostatni przedstawia nie nazbyt częste połączenie bliskości ze znaczną siłą świetlną. Jednakże, w jednym przynajmniej przypadku, Syriusz zostałby pokonany bezapelacyjnie.

Narodziny układu Słonecznego

Krążąc w pobliżu Słońca, jakieś dwa do trzech miliardów lat temu, i śledząc wieczystą zmienność panoramy niebios, dostrzegamy nagle gwiazdę, której blask stopniowo się wzmaga, tak iż w końcu przewyższa ona jasnością wszystkie inne, aż wreszcie świeci nieporównanie silniej, niż dzisiaj Syriusz. Jasność ta wynika raczej z niezwykle małej odległości, niż ze szczególnie znacznej siły świetlnej. Obca gwiazda wciąż zbliża się ku nam, biegnąc niemal wprost na Słońce; nie jest to już dla oka drobny punkcik świetlny, lecz duża tarcza. Wreszcie znalazła się tak blisko, że zaczynają się ujawniać skutki mechaniczne tego: podobnie jak Księżyc, dzięki swej bliskości, wznosi *fale przypływów* w oceanach ziemskich, tak i owa nieporównanie cięższa bryła wytwarzać poczyna *przypływy w ognistej atmosferze Słońca*, przypływy, bez porównania potężniejsze od znanych na Ziemi. Osiągają one rozmiary takie, że w miejscu, leżącym dokładnie na wprost gwiazdy, atmosfera Słońca wznosi się, tworząc olbrzymią górę, wysokości wielu tysięcy kilometrów. Góra ta przesuwa się po powierzchni Słońca, pozostając zawsze na wprost gwiazdy, w miarę tego, jak ta ostatnia porusza się po swej drodze w przestrzeni. Po przeciwległej stronie powierzchni Słońca tworzy się druga mniejsza góra, znajdująca się stale dokładnie naprzeciw pierwszej. Przy dalszym zbliżaniu się gwiazdy wysokość owych gór przypływowych wzrasta

coraz bardziej, aż wreszcie, gdy obca gwiazda znalazła się tak blisko, że tarcza jej zasłania znaczną część nieba, zachodzi nowe zjawisko. Dotychczas przyciąganie gwiazdy podnosiło szczyt większej z gór przypływowych wbrew przyciąganiu Słońca, lecz przyciąganie to zawsze przeważało; otóż teraz równowaga przerzuca się nagle na stronę przeciwną — przyciąganie gwiazdy staje się silniejsze niż *słoneczne i szczyt góry odrywa się od Słońca ku gwieździe obcej*. Dzięki temu maleje ciśnienie w niższych częściach góry przypływowej, te więc również odrywają się od Słońca, potem dalsze jeszcze niżej położone części itd., tak iż w końcu *olbrzymi strumień materii wybiega ze Słońca* w kierunku drugiej gwiazdy. Gdyby ta ostatnia wciąż zbliżała się do Słońca, koniec owej strugi materii dosięgnąłby jej wreszcie i pomiędzy obiema gwiazdami utworzyłoby się coś w rodzaju łączącego je pomostu (por. tabl. XVIII).

W rzeczywistości obca gwiazda n i e b i e g n i e wprost na Słońce; zbliżywszy się doń na pewną bardzo nieznaczną odległość, mija ona Słońce bez zderzenia. W miarę jak odległość jej wzrasta, maleje działanie przyciągające, materia przestaje wypływać z wnętrza Słońca, a to, co wypłynęło, tworzy zawieszoną w przestrzeni długą smugę rozżarzonego gazu, kształtem przypominającą cygaro, zaostrzone na obu końcach. Punkt najbardziej obecnie oddalony od Słońca był pierwotnie szczytem góry przypływowej; gruba część środkowa składa się z materii, wydartej obficie ze Słońca w czasie, gdy gwiazda obca była najbliżej, a więc, gdy przyciąganie jej było najsilniejsze. Na koniec, ostrze zwrócone ku Słońcu składa się z ostatniej porcji, oderwanej tuż przed tą chwilą, gdy przyciąganie stało się zbyt słabe, aby w dalszym ciągu odrywać materię z powierzchni Słońca.

Stopniowo owa ognista smuga materii ostyga, k o n d e n s u j ą c s i ę jednocześnie w oddzielne „krople", jak obłok pary wodnej, który skrapla się przy oziębieniu. Jednakże „krople" te, podobnie jak i sama smuga, są olbrzymie: rozmiary ich wyrażają się w wielkościach astronomicznych. Największe tworzą się oczywiście w pobliżu grubego środka „cygara", gdzie materii było najwięcej, najmniejsze zaś powstają na obu końcach.

Ostatecznie owe „krople" materii zaczynają poruszać się w przestrzeni jako c i a ł a o d r ę b n e. Nie spadają one z powrotem na Słońce, gdyż przyciąganie gwiazdy obcej, którą właśnie widać oddalającą się w głąb przestrzeni międzygwiazdowych, nadało im pewne prędkości; jeżeli tylko biegną wprost ku Słońcu, to nie spadną na nie, lecz będą odtąd stale krążyły dokoła naszej gwiazdy dziennej. Wynika to bezpośrednio z prawa grawitacji, które rządziło zjawiskami przed trzema miliardami lat tak samo, jak dzisiaj. Niektóre z tych orbit są prawie kołowe, inne natomiast — silnie wydłużone; śledząc kształty ich przez miliony lat, dostrzegamy, iż ulegają one powolnym zmianom. Owe „krople" materii napotykają liczne p r z e s z k o d y w swych ruchach, wielki kataklizm bowiem, którego byliśmy świadkami, wypełnił przestrzeń mnóstwem wszelakich szczątków i odłamków. Bryły wielkie muszą torować sobie drogę poprzez te przeszkody dzięki czemu kształt orbit zmienia się stopniowo, — aż wreszcie, po upływie miliardów lat, ciała te obiegają dokoła Słońca po drogach n i e m a l k o ł o w y c h, zupełnie tak, jak dzisiejsze planety. I rzeczywiście: *bryły owe są to właśnie planety;* dramatyczne zjawisko, które obserwowaliśmy z naszego statku do podróży w czasie, musi zdarzyć się w przyrodzie nieuchronnie, gdy dwie gwiazdy zbliżą się do siebie na dostatecznie

małą odległość; ostatnia zaś jego scena tak dalece przypomina układ słoneczny, że mamy wszelkie podstawy do przypuszczenia, iż *w ten właśnie sposób planety powstały w rzeczywistości.* O ile możemy sądzić z ich obecnego ugrupowania i ruchów, wydaje się rzeczą najbardziej prawdopodobną, iż zostały one wydarte z powierzchni Słońca przez działanie przypływowe obcej gwiazdy, która przed jakiemiś paroma miliardami lat przypadkiem przebiegła w niezwykle małej odległości od Słońca.

Mówiliśmy już, że w atmosferze Słońca znajduje się platyna, ołów i większość innych pierwiastków znanych na Ziemi. Widzimy teraz, że musi ona zawierać te same pierwiastki co Ziemia, gdyż ta ostatnia jest niejako skrzepłą „próbką" atmosfery słonecznej. Oczywiście nie podobna powiedzieć, jakie inne substancje istnieć mogą głębiej we wnętrzu Słońca, gdyż nie są one w stanie ujawnić nam swej obecności bezpośrednio. Bądź co bądź, jest rzeczą znamienną, że, praktycznie biorąc, wszystkie pierwiastki, występujące na Ziemi, zostały stwierdzone przy pomocy metod spektroskopowych w atmosferze słonecznej: nie ma też dotychczas powodów do przypuszczania, że zawiera ona jakieś substancje nie spotykane na Ziemi.

ROZDZIAŁ III

RODZINA SŁONECZNA

A TERAZ, gdy nasz statek międzyplanetarny sprowadził nas bezpiecznie z powrotem na Ziemię, przyjrzyjmy się nieco dokładniej tej niewielkiej kolonii ciał niebieskich, prawie zupełnie odosobnionej w przestrzeni i będącej, jak mniemamy, rozsypanymi odłamkami czegoś, co wchodziło niegdyś w skład zwykłej gwiazdy. Kolonia ta składa się z bardzo rozmaitych członków — wielkich, średnich, małych i bardzo małych, — które rozpatrzymy kolejno w dalszym ciągu.

Dziewięć planet

Przede wszystkim weźmiemy pod uwagę składniki największe, *dziewięć planet głównych.* Obiegają one dokoła Słońca po drogach prawie dokładnie kołowych, jak konie w cyrku, kłusujące wokół masztalerza; wszystkie krążą w tym samym kierunku — jest to oczywiście ten kierunek, w którym gwiazda błędna, „ojciec" rodziny słonecznej, przebiegła była niegdyś wokół Słońca. Układ słoneczny dzięki swej genezie zna tylko ruch „jednokierunkowy", jak na niektórych bardziej ożywionych a wąskich, ulicach wielkomiejskich. „Ruch" najbliżej środka jest najszybszy — im dalej odeń, tym staje się powolniejszy, aż wreszcie na krańcach układu zmienia się raczej w „pełzanie", przynaj-

mniej w porównaniu z wielkimi prędkościami w pobliżu środka. Prawda, że nawet najodleglejsza i najpowolniejsza z planet przebiega blisko 5 kilometrów na sekundę, co przewyższa mniej więcej 200 razy prędkość pociągu pośpiesznego — lecz w astronomii jest to szybkość żółwia. Planety Merkury i Wenus, które reprezentują „ruch pośpieszny" w pobliżu środka, poruszają się 10, wzgl. 7 razy szybciej. Przyczynę tego stanu rzeczy omówimy później; obecnie mamy do czynienia wyłącznie z faktami.

Zanim porzucimy porównania urbanistyczne, należy zaznaczyć, że nie byłoby rzeczą możliwą zobrazowanie układu słonecznego przez umieszczenie na środku okrągłego placu jakiegoś pomnika, reprezentującego Słońce, dokoła którego krążyłoby dziewięć taksówek, jako przedstawicielki dziewięciu planet. Zarówno pomnik, jak i taksówki byłyby o wiele za duże, aby reprezentować Słońce, czy też planety; jeśliby nam chodziło o wykonanie modelu według pewnej skali, trzeba by za obraz Słońca wziąć jakiś przedmiot bardzo mały, rozmiarów np. orzecha; planetami byłyby wówczas małe nasionka i ziarnka piasku różnej wielkości. W tej skali orbita Plutona, najdalszej z planet, zaledwie zdołałaby się pomieścić na dużym nawet placu. Proszę sobie wyobrazić jeden orzech oraz dziewięć nasion, ziarnek piasku i pyłków na obszarze dużego placu, o średnicy paruset metrów: widzimy jasno, że układ słoneczny składa się w przeważnej mierze z p r z e s t r z e n i p r ó ż n e j. Łatwo też zrozumieć, dlaczego planety wyglądają jako tak drobne punkciki świetlne na sklepieniu nieba.

Lecz układ słoneczny jest jeszcze b a r d z o „zaludniony" w porównaniu z większą częścią pozostałej przestrzeni. Jeśli orzech i dziewięć maleńkich kuleczek na wielkim

J. Evershea, Kodaikanal

Słońce, odfotografowane w świetle wodorowym

Widać plamy słoneczne oraz jasne smugi świecącego wodoru.

TABLICA XVIII

N. G. C. 5278-9

Obserwatorium na Mount Wilson

N. G. C. 4656-7

Działania przypływowe

Aczkolwiek interpretacja tych fotografii nie jest pewna, mogą one służyć ilustracją procesu, dzięki któremu z bryły gwiazdowej zostaje wyciągnięta smuga materii wskutek przyciągania obcego ciała.

placu miejskim mają przedstawiać Słońce i planety, to obrazem najbliższej gwiazdy byłoby niewielkie nasionko, gdzieś w odległości tysiąca kilometrów, — pośrodku zaś rozpościera się przestrzeń próżna. Widać stąd znowu, *jak dalece odosobnionym w przestrzeni jest układ słoneczny.*

Merkury

Rozpatrzmy teraz planety po kolei nieco bardziej szczegółowo. Najbliższą Słońca wśród nich jest Merkury— tak bliską, że zawsze widzimy go na niebie w sąsiedztwie gwiazdy dziennej. Legenda grecka głosi, że Merkury był bliskim i zaufanym przyjacielem Apollina — Słońca. Na nieszczęście przyjaciele ci są tak nierozłączni, że nigdy nie widzimy Merkurego w nocy, gdyż musiałby wówczas zbyt oddalić się od Słońca. Jeśli nie mamy lunety, to najlepiej jeszcze próbować zobaczyć go jako gwiazdę wieczorną o zmroku na niebie zachodnim, albo też na wschodzie o świcie, jako gwiazdę poranną. Zresztą do tego trzeba mieć trochę „szczęścia" — a niestety w dziewięciu wypadkach na dziesięć szczęście to zawodzi w naszych szerokościach geograficznych i Merkury zazwyczaj ukrywa się w oparach i dymach widnokręgu. O wiele łatwiej dostrzec go w krajach południowych.

Krążąc dokoła Słońca, Merkury znajduje się niekiedy pomiędzy nim a Ziemią, niekiedy zaś — po przeciwnej stronie, poza Słońcem. Gdy przypada on dokładnie pomiędzy nami a Słońcem, wówczas światło słoneczne pada wyłącznie na półkulę odwróconą od nas, tak iż cała tarcza, którą Merkury zwraca się w naszą stronę, jest ciemna. W tych warunkach można dostrzec Merkurego jako mały czarny krążek, przesuwający się przed jasną tarczą Słońca. W in-

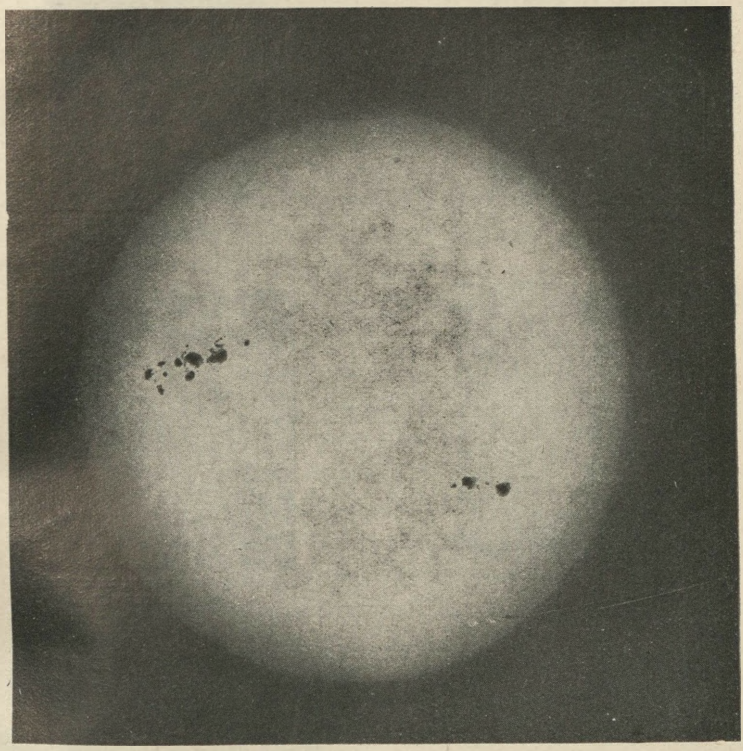
nych położeniach widać z Ziemi część oświetloną półkuli Merkurego; część ta zmienia swój kształt, począwszy od wąskiego sierpa, podobnego do Księżyca na nowiu, do pełnej okrągłej tarczy — gdy planeta znajdzie się niemal poza Słońcem. *Merkury okazuje więc fazy*, podobnie jak Księżyc. Część nieoświetlonej jego powierzchni jest zawsze zupełnie ciemna, co dowodzi iż nie świeci on własnym światłem, lecz tylko o d b i t y m światłem słonecznym. To samo tyczy się zresztą wszystkich innych planet.

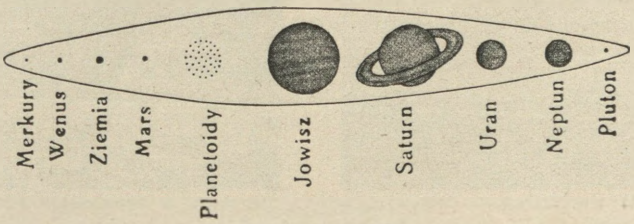
Wenus

Wenus, planeta następna z kolei, jest prawie dwa razy bardziej odległa od Słońca, niż Merkury, jednakże jest jeszcze stosunkowo tak bliska Słońca, iż rzadko widzieć ją można na tle nieba nocnego. Podobnie jak Merkury, Wenus ukazuje się zazwyczaj albo o zmierzchu, jako gwiazda wieczorna, albo w świetle poranka, jako jutrzenka. Po Słońcu i Księżycu jest ona najjaśniejszym obiektem na całym firmamencie.

Wenus okazuje fazy, jak Merkury i Księżyc, co wynika stąd, że zwykle nie widzimy całej oświetlonej półkuli. W czasie obiegu dokoła Słońca odległość jej od nas waha się w tak szerokich granicach, że pozorne rozmiary tarczy zmieniają się niemal tak dalece, jak jej postać.

Największą wydaje się Wenus w najmniejszej odległości od Ziemi, gdy znajduje się prawie dokładnie pomiędzy nami a Słońcem: ma wówczas postać wąskiego sierpa, jak Księżyc na nowiu — reszta zaś zwróconej ku nam półkuli pogrążona jest w ciemności. Największa odległość od Ziemi — gdy Wenus znajdzie się dokładnie poza Słońcem — jest blisko sześć razy większa, niż przy największym zbli-

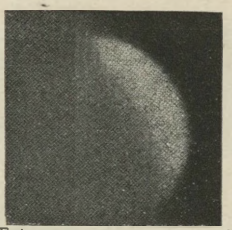




Słońce i planety przedstawione w tej samej skali

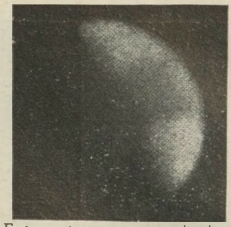
Planety są uporządkowane w kolei ich odległości od Słońca. Widzimy tu, że rozmiary ich wzrastają aż do Jowisza, potem maleją ponownie. Tylko rozmiary, nie zaś odległości, narysowano w skali; gdyby skala odległości była ta sama, co rozmiarów, Ziemię trzeba byłoby umieścić w odległości 10 metrów, Plutona zaś 400 metrów od Słońca.

TABLICA XX

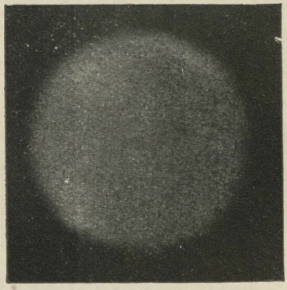


Fotografia w promieniach nadfiołkowych.

Wenus



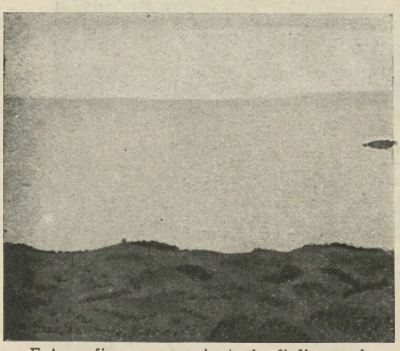
Fotografia w promieniach podczerwonych.



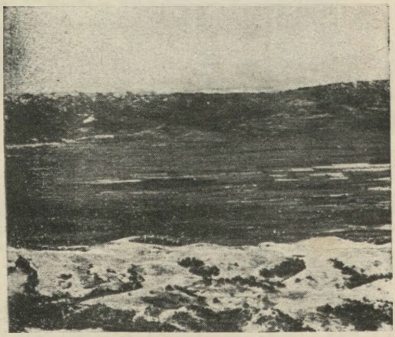
Fotografia w promieniach nadfiołkowych.

Mars

Fotografia w promieniach podczerwonych.



Fotografia w promieniach fiolkowych.



Fotografia w promieniach podczerwonych.

Krajobraz ziemski

W. H. Wright, Obserwatorium Licka

Wenus i Mars

Na dwóch zdjęciach dolnych widać, że przy pomocy promieni fiołkowych fotografuje się głównie atmosferę, odległe miasto zaś (San Jose) zaledwie się uwydatnia przez 22-kilometrową warstwę powietrza. Natomiast światło podczerwone przenika warstwę tę z łatwością. Atmosfera Wenery jest tak gęsta, że nawet światło podczerwone nie dociera do jej stałej powierzchni. Mars posiada atmosferę, jak o tym świadczy nadfiołkowe zdjęcie po lewej stronie, lecz promienie podczerwone przenikają ją z łatwością i fotografują stałą powierzchnię planety. Staranne pomiary wykazują, że krajobraz otrzymany w promieniach nadfiołkowych jest wyraźnie większy od podczerwonego, co dowodzi, że atmosfera Marsa dosięga znacznej wysokości.

żeniu; pozorna średnica Wenery jest więc wtedy sześć razy mniejsza. Słońce oświetla wówczas całą zwróconą ku nam tarczę, tak iż wygląda ona jak jasny krążek, podobny do Księżyca w pełni.

Widomy blask Wenery zmienia się wraz z kształtem tarczy i z odległością; najjaśniejszą wydaje się wtedy, gdy kształt jej przypomina sierp Księżyca w pięć dni po nowiu (p. tabl. IX). Wenus świeci wówczas dwanaście razy jaśniej od Syriusza i wydawałaby się zjawiskiem jeszcze bardziej uderzającym, gdyby nie to, że bliskość Słońca nie pozwala blaskowi jej ujawnić się w całej okazałości. Lecz jeśli światło zmierzchu przyćmiewa blask Wenery, to dzieje się to samo w większym jeszcze stopniu z innymi słabszymi gwiazdami, tak iż wieczorami Wenus ukazuje się często jako p i e r w s z a gwiazda na ciemniejącym nieboskłonie zachodnim. W innych znów okresach Wenus jest jasną „jutrzenką", znikającą często jako o s t a t n i a gwiazda we wzmagającym się świetle dnia. Stąd też przypuszcza się zazwyczaj, iż ona to była ową „gwiazdą Betlejemską", którą Trzej Królowie widzieli na wschodzie. Niekiedy Wenus jest tak jasna, że nie może jej zgasić całkowicie nawet pełne światło słoneczne: nieraz widziano ją okiem nieuzbrojonym w biały dzień, czasem nawet w południe. Przy pomocy niewielkiej nawet lunety można śledzić Wenus przez cały dzień, jak w towarzystwie Słońca wędruje po sklepieniu nieba.

Ziemia

Po Merkurym i Wenerze najbliższą Słońca planetą jest Ziemia. Rozmiarami przewyższa ona obie te planety, jakkolwiek Wenus tylko bardzo nieznacznie. Widzimy więc,

że rozmiary wzrastają w szeregu: Merkury, Wenus, Ziemia, w tej samej kolejności, co odległość od Słońca; jest to w zgodzie z przypuszczeniem, że planety powstały z kondensacyj w smudze gazowej kształtu wrzecionowatego. Merkury, najmniejsza z planet, powinna oczywiście przypaść na zaostrzonym końcu „cygara" (p. tabl. XIX).

Wspomnieliśmy już, że Merkury i Księżyc, oba o wiele mniejsze od Ziemi, pozbawione są atmosfery, gdyż przyciąganie ich jest zbyt słabe, by móc je utrzymać w sposób trwały; Wenus i Ziemia natomiast, dzięki swej większej masie, zdołały trudność tę pokonać całkowicie.

Wobec tego, że Wenus i Ziemia posiadają mniej więcej jednakowe rozmiary, a prawdopodobnie też ubiegłe ich dzieje były do siebie podobne, można by się spodziewać, iż analogia ta powinna się rozciągać również i na ich atmosfery. W rzeczywistości okazuje się, że różnią się one bardzo znacznie; w szczególności tlen, stanowiący tak znaczną część składową atmosfery ziemskiej, zdaje się być bardzo rzadkim — jeżeli tam w ogóle istnieje — na Wenerze. Wiadomo, że tlen łączy się chciwie z innymi substancjami; zachodzi to np. w paleniu się ciał, rdzewieniu itd. Trudno więc dziwić się, że w atmosferze Wenery istnieje w chwili obecnej tak mało tlenu; przeciwnie, rzeczą zastanawiającą — gdybyśmy nie znali wyjaśnienia — byłby raczej fakt, że atmosfera ziemska zawiera tak znaczną ilość tlenu. Tłumaczy się to tym, że każde drzewo i każde źdźbło trawy na powierzchni Ziemi jest fabryką tlenu — *roślinność* utrzymuje zapas tlenu w atmosferze na stałym poziomie. Okoliczność, że w atmosferze Wenery nie podobna stwierdzić dostrzegalnych ilości tlenu, nasuwa przypuszczenie, że na Wenerze nie ma roślinności, a więc prawdopodobnie życia organicznego.

Planety zewnętrzne

Merkury i Wenus są tak bliskie Słońca w przestrzeni, iż zawsze widzimy je z Ziemi na sklepieniu niebieskim również w pobliżu Słońca po drogach, leżących na zewnątrz orbity ziemskiej. Z naszego stanowiska „w sąsiedztwie Słońca" planety te zdają się wędrować nie tylko dokoła tego ostatniego, lecz również dokoła Ziemi, tak iż często widzimy je na ciemnym niebie nocnym w kierunku wprost przeciwnym temu, w jakim w danej chwili znajduje się Słońce. W tych warunkach dwie najbliższe nas spośród owych planet, Mars i Jowisz, stanowią niekiedy bardzo wybitne obiekty niebieskie: w najlepszym razie każda z nich może przewyższać blaskiem wszystkie gwiazdy nieba. Wprawdzie błyszczą one jakieś 10 razy słabiej niż Wenus, lecz ta ostatnia jest to lampa, świecąca przeważnie we dnie lub o zmierzchu; Marsa i Jowisza zaś można by porównać do świec, płonących w mrokach nocy— nie muszą one wówczas walczyć z potężnym światłem słonecznym.

Wszystkie pozostałe planety są znacznie mniej jasne od dwóch wymienionych. Saturn, najjaśniejsza z nich, wygląda jak bardzo przeciętna gwiazda; Urana ledwo można dostrzec okiem nie uzbrojonym, Neptun jest już poniżej granicy dostrzegalności, by zaś ujrzeć Plutona, należy użyć wielkiego teleskopu.

Mars, pierwsza z planet dalszych od Słońca niż Ziemia, jest od tej ostatniej znacznie mniejszy: średnica jego wynosi zaledwie nieco więcej niż połowa średnicy ziemskiej. Mars zatem stanowi wyjątek z reguły, że rozmiary planet wzrastają w miarę tego, jak oddalamy się od Słońca. Jowisz natomiast, planeta następna z kolei, potwierdza

tę regułę w całej pełni: pod względem średnicy przewyższa on Ziemię blisko 11 razy, pod względem masy zaś 317 razy; Jowisz jest przeszło dwa razy cięższy od pozostałych ośmiu planet razem wziętych. Jako środkowa w szeregu planet — piąta na dziewięć ogółem — powstał on zapewne ze środkowej części wrzecionowatej smugi gazowej, gdzie materia występowała w największej obfitości: zgadza się to z faktem, iż jest on planetą największą i najcięższą ze wszystkich. Poza Jowiszem zarówno rozmiary, jak i masy planet maleją stale — przekroczyliśmy już bowiem „środek cygara" i zbliżamy się do „cienkiego końca". Saturn, najbliższy z kolei, zawiera mniej niż $^1/_3$ tej ilości materii, co Jowisz, trzy dalsze planety zaś są jeszcze znacznie mniejsze od Saturna; Pluton np., na samym końcu „cygara", jest, jak się zdaje, niewiele większy od Merkurego.

Klimat planet

Teleskop jest to przyrząd, który służy przede wszystkim do zbierania znacznych ilości ś w i a t ł a, dochodzącego do nas od gwiazdy, czy też grupy gwiazd, i rzucenia go na siatkówkę oka lub na kliszę fotograficzną — podobnie jak trąbka akustyczna zbiera głos, by przesłać go do ucha człowieka głuchego. Oprócz światła teleskop gromadzi również e n e r g i ę c i e p l n ą; istnieją też liczne przyrządy, służące do niezmiernie dokładnego pomiaru tych ilości ciepła. Przyrządy te są obecnie tak czułe, że przy zastosowaniu wielkiego teleskopu można zmierzyć ciepło, wysyłane przez świecę umieszczoną w odległości s e t e k k i l o m e t r ó w, lub dochodzące do nas od bliższych planet i jaśniejszych gwiazd.

Jak się okazało, planety wypromieniowują mniej wię-

cej tyle ciepła, ile go otrzymują od Słońca. Wiadomo od dawna, że świecą one jedynie światłem odbitym, tj. że wysyłają tylko to światło, które otrzymały od Słońca i które zostało odbite od ich powierzchni — obecnie zaś widzimy, że to samo ma miejsce w przypadku emisji ciepła. W chwili swych narodzin — gdy były ognistymi bryzgami, oderwanymi od Słońca — planety musiały posiadać niezmiernie wysoką temperaturę i wysyłały niewątpliwie znaczne ilości własnego ciepła; jednakże w ciągu owych 2 miliardów lat, jakie od tej chwili upłynęły, miały dość czasu na ostygnięcie. Nie rozporządzają więc obecnie własnym ciepłem i temperatura ich powierzchni zależy jedynie od promieniowania słonecznego: im bardziej odległą jest planeta od Słońca, tym jest chłodniejsza. Podobnie i wędrowcowi, grzejącemu się przy ognisku obozowem, jest tym zimniej, im dalej odeń się znajduje.

Istotnie też moglibyśmy sobie wyobrazić Słońce i gwiazdy jako ogromny zbiór *„ognisk obozowych"*, rozsianych w przestrzeni. Daleko, w głębiach przestworza, z dala od owych ogni niebieskich, panuje dotkliwe zimno — około 270 stopni poniżej zera. Zbliżając się ku Słońcu, czy innemu „ognisku", napotykamy temperatury stopniowo coraz „znośniejsze" — lecz daleką drogę musimy odbyć, aby dotrzeć do okolic, które możnaby uznać za dogodne dla rozwoju życia, a nawet do takich, gdzie życie byłoby w ogóle możliwe. Planety zewnętrzne: Pluton, Neptun, Uran i Saturn są chłodniejsze od wszystkiego, z czym spotykamy się na Ziemi; nawet Jowisz jest niesłychanie mroźny. Ilość ciepła, jaką odeń otrzymujemy świadczy o tym, iż temperatura jego wynosić musi około 170 stopni Celsiusza poniżej zera. Jest ona tak niska, że nie tylko woda zamieniłaby się tam na lód, lecz nawet skropliłyby się najpospolitsze

gazy, takie, jakie znajdują się np. w naszej atmosferze. Jednakże na powierzchni planety obserwujemy nieustannie zmiany: w jej atmosferze pojawiają się utwory, które istnieją przez czas pewien, po czym znikają, podobnie jak chmury deszczowe w atmosferze ziemskiej (p. tabl. XXII). Obłoki na Jowiszu składają się być może z dwutlenku węgla, lub innego gazu, który kondensuje się dopiero w bardzo niskich temperaturach.

Na Marsie, sąsiedzie Ziemi, napotykamy warunki mniej niegościnne, jakkolwiek przeważna część jego powierzchni posiada również temperaturę niższą od zera. Na równiku Marsa, w południe, gdy promienie słoneczne padają dokładnie prostopadle, jest prawdopodobnie tak ciepło, jak w Londynie w listopadowe popołudnie. Lecz rzadka — jak wiemy — atmosfera Marsa, nie wystarcza, by zatrzymać na czas dłuższy nawet to ciepło; zresztą rodzaj światła, które otrzymujemy od Marsa, przemawia za tym, że powierzchnia jego, podobnie jak powierzchnia Księżyca, składa się głównie z popiołu wulkanicznego, a zatem ze złego „zbiornika" ciepła. Gdy więc Słońce skłania się ku zachodowi i zbliża się noc, temperatura spada tam bardzo szybko; wieczorem już panuje mróz, a o północy na równiku Marsa jest mniej więcej tak zimno, jak na ziemskim biegunie północnym.

Ziemia nasza posiada temperaturę, którą można by określić mianem „przyjemnej"; w dalszej jednak drodze ku Słońcu przekonywamy się ponownie, że dwie planety wewnętrzne nie cieszą się podobnym stanem rzeczy: Wenus jest stanowczo za gorąca, a o Merkurym nie ma co mówić. „Kącik na słońcu" na Merkurym jest mniej więcej tak miły, jak miejsce na ruszcie, umieszczonym nad dobrze rozpalonym ogniskiem.

Czy istnieje życie na Marsie?

Tak więc spośród planet jedynie Ziemia posiada temperaturę zupełnie odpowiednią dla rozwoju życia organicznego znanych nam typów. Najpoważniejszym jej współzawodnikiem w tej godności jest chłodny sąsiad — Mars. Liczni astronomowie widzieli na Marsie szczegóły, które nazwali *„kanałami"*, i sądzili, że są to konstrukcje, wykonane przez istoty rozumne. Z drugiej strony jednak, fotografie planety nie przemawiają bynajmniej za tym, aby istoty rozumne miały zostawić ślady swej działalności na jej powierzchni. Dowody istnienia takich śladów opierały się dotychczas niemal wyłącznie na bezpośrednich obserwacjach wizualnych, wiadomo zaś dobrze, że oko ludzkie jest kapryśne i łatwo podlega złudzeniom, gdy musi pracować przy niedostatecznym świetle. Wykazano doświadczalnie, że oko, które stara się z trudem dostrzec, w słabym oświetleniu zarysy jakichś drobnych szczegółów, ma tendencję do łączenia jasnych i ciemnych plamek na słabo oświetlonej powierzchni przy pomocy nieistniejących w rzeczywistości linii prostych, podobnych do tych, jakie dostrzegali na Marsie dawniejsi obserwatorowie. Zgadza się z tym fakt, że niektórzy z nich widzieli analogiczne szczegóły na Merkurym i Wenerze, wiemy jednak obecnie, iż widzialna dla nas powierzchnia Wenery składa się wyłącznie z chmur, Merkury zaś jest terenem nieodpowiednim dla rozwoju życia. W czasach jeszcze dawniejszych rysowano podobne linie na mapach Księżyca: dziś wiemy, że niektóre z nich polegają całkowicie na złudzeniu, inne zaś, istniejące w rzeczywistości, na pewno nie są kanałami. Historia owych spostrzeżeń jest zwykle taka, że szczegóły te pojawiają się pierwotnie na rysunkach, wykonanych

przy niedostatecznym powiększeniu i małej sile świetlnej instrumentu, później zaś stopniowo znikają w miarę postępu wiedzy. Wobec tego stanu rzeczy, większość uczonych wstrzymuje się z wydaniem sądu o rzekomych dowodach życia na Marsie, dopóki klisza fotograficzna nie potwierdzi ich istnienia.

Z drugiej strony, niewątpliwie można dostrzec na Marsie pewne zmiany, związane ze zmianą p ó r r o k u. W czasie, gdy na północnej półkuli planety panuje zima, dokoła bieguna północnego tworzy się *biała czapka śnieżna;* w lecie topnieje ona, a towarzyszą temu zmiany w wyglądzie krain położonych bardziej ku południowi. Niektórzy astronomowie widzą przyczynę tych zmian w rozwoju roślinności, któremu sprzyja topnienie lodów; inni sądzą raczej, że są one spowodowane przez deszcze, zraszające pozbawioną życia pustynię, pokrytą popiołem wulkanicznym.

W ogóle rzecz biorąc, sprawa istnienia życia na Marsie, czy na jakiejś innej planecie układu słonecznego, nie wydaje się zbyt pewną i, jakkolwiek ścierają się tu nieraz sprzeczne poglądy, wydaje się rzeczą najbardziej prawdopodobną, że *w układzie słonecznym życie istnieje tylko na Ziemi.* Oczywiście, w rodzinach, towarzyszących innym gwiazdom, istnieć mogą również planety zaludnione.

Satelity planet

Większości planet towarzyszą orszaki *satelitów,* czyli *księżyców,* o liczebności, idącej w parze z rozmiarami i dostojeństwem planety. Dwie największe, Jowisz i Saturn, posiadają po dziewięć satelitów; Uran, następny z kolei wielkości — cztery, reszta zaś mniejszych planet musi zadowolić się dwoma, jednym księżycem, lub nawet nie po-

siada ich wcale. Według współczesnych poglądów *satelity powstały z materii, wyrwanej z brył planetarnych,* w ten sam sposób, jak planety zrodziły się z materii, wydartej z wnętrza Słońca.

Teoria matematyczna wykazuje, że każde wielkie ciało niebieskie otacza strefa, którą można by nazwać *„strefą niebezpieczną"*. Gdy jakieś drobniejsze ciało zbliży się na pewną określoną odległość do owej bryły większej i znajdzie się wewnątrz tej strefy, wówczas r o z p a d a się ono na kawałki, rozrywa je bowiem przyciąganie wielkiego ciała. Małe ciało niebieskie nie może przekroczyć strefy niebezpiecznej, otaczającej większą bryłę, i wyjść z niej potem zupełnie nieuszkodzonym; oczywiście, stopień uszkodzenia zależy od tego, jak długo przebywało ono w tej strefie. Według naszych przypuszczeń zdarzył się niegdyś taki wypadek, że Słońce, błądząc na oślep w przestrzeni, weszło w strefę niebezpieczną, okalającą jakąś inną, większą i cięższą gwiazdę, i zapłaciło za to zwykłą karę: uległo częściowemu rozerwaniu (p. wyżej, str. 44) — z wrzecionowatej smugi materii, wydartej z wnętrza Słońca powstały później planety. Widzieliśmy, że nie opisywały one od początku tych regularnych, kołowych niemal orbit, jakie zakreślają dzisiaj; daleko bardziej chaotyczne ówczesne ich ruchy łatwo mogły wprowadzić je do wnętrza strefy niebezpiecznej, otaczającej S ł o ń c e, skutkiem czego mogły one ulec temu samemu losowi, co przedtem ich macierz — Słońce. Wydaje się rzeczą bardzo prawdopodobną, że satelity planet powstały właśnie w ten sposób: układy satelitów tak bardzo przypominają układ słoneczny w miniaturze, iż zmusza nas to prawie do przyjęcia poglądu, że zawdzięczają one swój początek procesowi tego samego rodzaju, co powstanie układu głównego.

Jeśli tak jest w rzeczywistości, to Słońce odgrywa rolę „macierzy" planet, a „dziadka" ich satelitów.

Pierścienie Saturna

Saturn jest pod wieloma względami najciekawszą z planet, niewątpliwie zaś posiada najbardziej uderzający wygląd. Nie tylko towarzyszy mu dziewięć księżyców, lecz również otaczają go *trzy płaskie koliste pierścienie*, tworzące rodzaj krezy dokoła równika (tabl. XXI). Odkrył je Galileusz w r. 1610; wiele spekulacyj pojawiło się od tego czasu na temat ich prawdziwej natury. Tak np. w roku 1750 Tomasz Wright pisał: „Gdybyśmy mogli obserwować Saturna przez lunetę dostatecznie potężną, przekonalibyśmy się, że pierścienie jego składają się z niezliczonej ilości małych planetek, mniejszych od tych, które zowiemy jego satelitami".

Jak się potem okazało, przypuszczenie to trafiło w samo sedno sprawy. Maxwell, matematyk z Cambridge, który wyraził się o pierścieniach Saturna, że są to ciała niebieskie „najgodniejsze uwagi z punktu widzenia naukowego", udowodnił matematycznie w r. 1859, że przypuszczenie Wrighta musi być słuszne. W r. 1895 astronom amerykański Keeler potwierdził to drogą obserwacyj, które świadczyły, iż materia tworząca pierścienie obiega dokoła planety w ten sposób, że zewnętrzne części pierścieni poruszają się wolniej, niż wewnętrzne. Znowu, podobnie jak w ogóle wszędzie w układzie słonecznym, mamy tu do czynienia z ruchem „jednokierunkowym", powolniejszym w częściach zewnętrznych. Byłoby to rzeczą niemożliwą, gdyby pierścienie były jedną bryłą stałą,

musi natomiast zachodzić, jeśli składają się one z milionów miniaturowych księżyców.

Mamy wszelkie podstawy do przypuszczania, że maleńkie te księżyce są szczątkami ciała, które było niegdyś zwykłym, normalnej wielkości, satelitą Saturna. Dostał on się zapewne do wnętrza strefy niebezpiecznej, otaczającej Saturna, której nie wolno bezkarnie przekroczyć żadnej mniejszej bryle, i został za to ukarany w ten sposób, że rozleciał się na kawałki. Podobnie jak przypuszczamy, że w odległej przeszłości przyciąganie obcej jakiejś gwiazdy rozdarło Słońce, dając początek obecnej jego rodzinie, że następnie Słońce oderwało od Saturna materię, z której powstały jego satelity, — sądzimy, iż *Saturn sam rozbił swój najbliższy księżyc na miliony odłamków*, tworząc układ pierścieni — trzecie pokolenie ciał niebieskich.

Jednakże oba te procesy nie są zupełnie analogiczne. Słońce znalazło się wewnątrz strefy niebezpiecznej owej gwiazdy obcej jedynie chwilowo: dzięki posiadanemu przez się ruchowi zdołało wymknąć się z tej strefy zanim uległo zupełnemu rozpadowi. Tak samo i pobyt Saturna wewnątrz strefy niebezpiecznej Słońca był krótkotrwały. Przeciwnie, księżyc Saturna zakreślał dokoła swej planety drogę w przybliżeniu kołową, a dostał się do strefy niebezpiecznej wskutek tego, iż rozmiary owej orbity zmniejszały się stopniowo; dostawszy się raz, na swoje nieszczęście, do strefy niebezpiecznej, nie miał już możności wydobycia się z niej i wobec tego musiał ulec całkowitemu rozpadowi. Przypuszczenie to ma niewątpliwie wszelkie cechy prawdopodobieństwa; jak się bowiem okazuje z obliczenia odległości granicy strefy niebezpiecznej od Saturna, wewnętrzny księżyc Saturna jest tuż poza tą granicą, na zewnątrz, — jak oczywiście być powinno, jeśli ma on pozo-

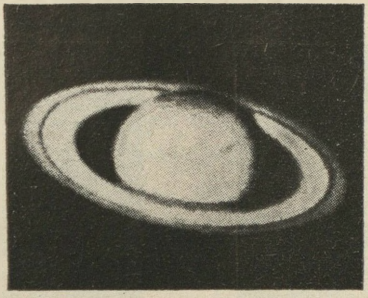
stawać całym i nieuszkodzonym, — natomiast *pierścienie leżą już wewnątrz strefy niebezpiecznej.*

W układzie słonecznym nie znajdujemy nigdzie satelity większych rozmiarów, który by krążył dokoła swej planety wewnątrz strefy niebezpiecznej. Wewnętrzny księżyc Jowisza zbliża się do tej granicy najbardziej i to rzeczywiście na bardzo małą odległość; prawdopodobnie z biegiem czasu księżyc ten zmuszony będzie zbliżyć się do Jowisza jeszcze bardziej, tak iż kiedyś, w niezbyt odległej przyszłości, dostanie się do strefy niebezpiecznej, okalającej olbrzymią planetę i rozpadnie się na rój odłamków. Jowisz będzie odtąd posiadał pierścienie, jak obecnie Saturn.

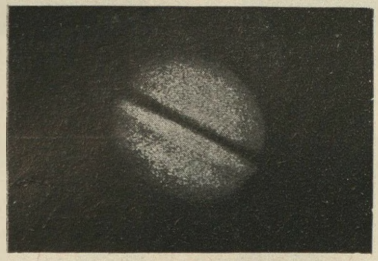
W podobny sposób, jakkolwiek dopiero w bardzo dalekiej przyszłości, nasz własny Księżyc, zbliżając się powoli, lecz nieustannie, ku Ziemi, przekroczy wreszcie fatalną granicę i ulegnie temu samemu losowi: *Ziemia odtąd nie będzie posiadała księżyca, lecz wieniec pierścieni, podobnych do Saturnowych.* Będą one nie tylko odbijały znacznie więcej światła słonecznego, niż nasz Księżyc obecny, lecz również będą świeciły pełnym światłem przez całą noc. Jakkolwiek niewątpliwie doda to życiu uroku, to jednak pod pewnymi względami sprawa będzie przedstawiała się gorzej, niż obecnie: wskutek bowiem częstych zderzeń pomiędzy tymi małymi księżycami odłamki ich będą spadały na Ziemię jako wielkie bryły skalne, lecące z jasnego nieba.

Planetoidy

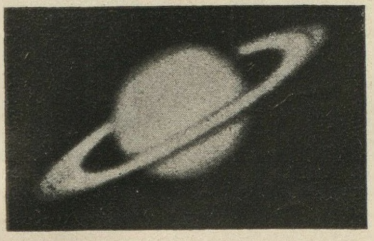
Pomiędzy drogami Marsa i Jowisza krążą dokoła Słońca, jak zwykle w jednym i tym samym kierunku, tysiące małych ciał, zwanych *„planetoidami" lub „asteroidami"*.



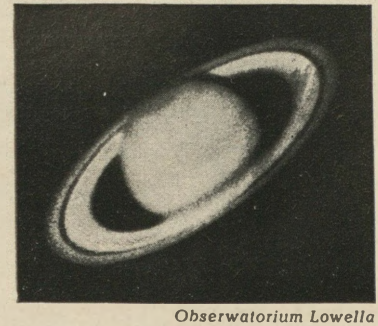
1916



1921



1909



1912

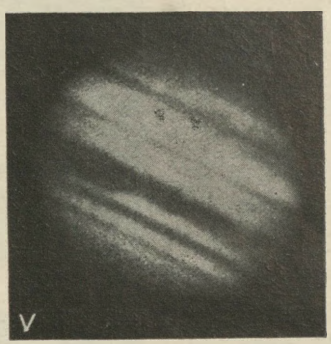
Obserwatorium Lowella

Saturn

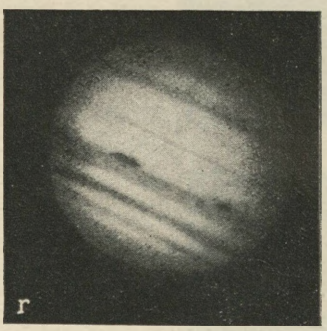
Cztery zdjęcia, wykonane w różnych latach, przedstawiają zmienny wygląd Saturna i jego układu pierścieni.

TABLICA XXII

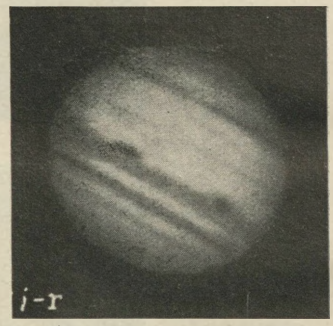
Fotografia w promieniach nadfiołkowych



Fotografia w promieniach fiołkowych



Fotografia w promieniach czerwonych



Fotografia w promieniach podczerwonych

W. H. Wright, Obserwatorium Licka

Jowisz

Mamy tu fotografie planety dokonane przy pomocy promieni czterech różnych barw. Zdjęcia nadfiołkowe i fiołkowe okazują najwięcej szczegółów, co przemawia za tym, że szczegóły widziane na Jowiszu są pochodzenia atmosferycznego, jak o tym świadczy zresztą także ich nietrwałość.

Są to prawdopodobnie również odłamki, powstałe z r o z p a d u jednej większej planety; pomiędzy orbitami Marsa i Jowisza rozciąga się bowiem nienormalnie szeroka luka, którą niegdyś wypełniała zapewne jedna planeta zwykłego typu, dopóki nie spotkała jej katastrofa przy wejściu w strefę niebezpieczną, otaczającą Jowisza.

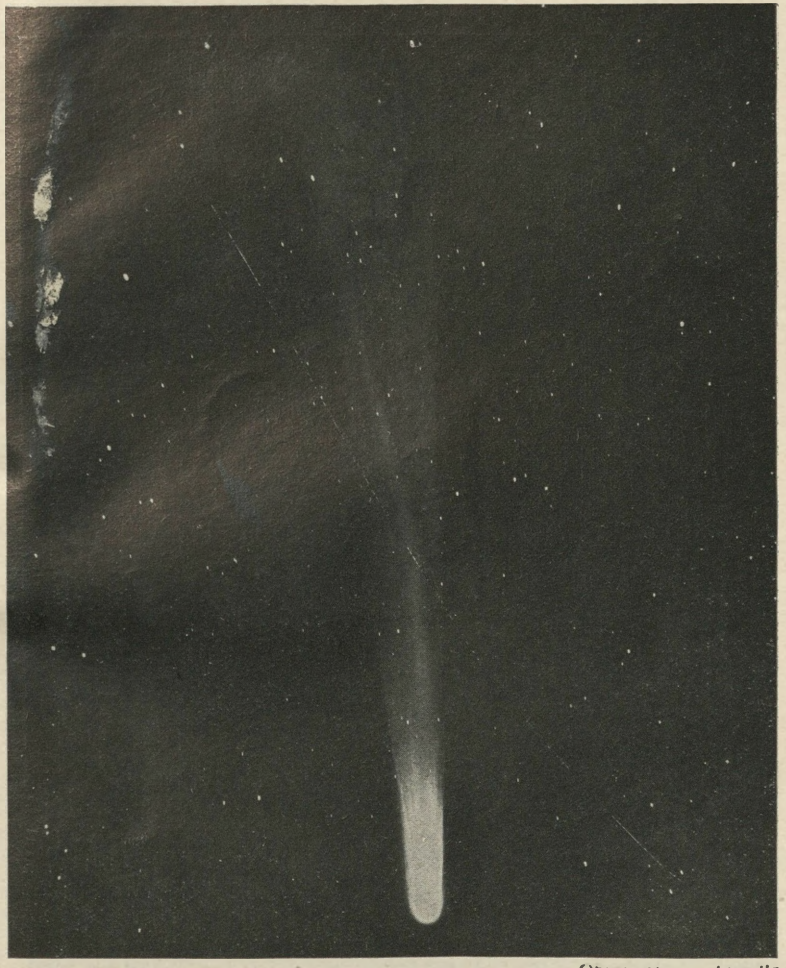
Komety i gwiazdy spadające

Reszta rodziny słonecznej — są to ciała b a r d z o m a ł e. Na pierwszym miejscu pod względem rozmiarów i znaczenia postawić należy *komety*. Przypominają one planety tym, że obiegają nieustannie dokoła Słońca w zimnych głębinach przestrzeni, to znów całkiem blisko gwiazdy dziennej. Komety są zwykle n i e w i d z i a l n e, dopóki nie zbliżą się dostatecznie do źródła światła i ciepła, jakim jest Słońce; wówczas mogą stać się zjawiskiem wybitnym, a nawet wprost uderzającym, zupełnie nieproporcjonalnie do istotnego ich znaczenia. Komety ulegają również rozpadowi, gdy dostaną się do strefy niebezpiecznej, otaczającej wielkie jakieś ciało, jak np. Słońce lub Jowisza; powstałe stąd odłamki tworzą roje kamieni, zwanych *meteorami*. Niekiedy zdarza się, że Ziemia przechodzi przez jeden z takich rojów, tak iż niektóre meteory spadają w naszą atmosferę; wskutek tarcia o powietrze rozżarzają się do białości — i mamy wówczas deszcze *meteorów* czyli *„gwiazd spadających"*. W pewnych przypadkach drogi tych rojów meteorycznych zgadzają się dokładnie z d a w n y m i d r o g a m i zanikłych k o m e t, świadcząc w sposób bardzo przekonywający, iż te ostatnie rozpadły się na zbiorowiska mniejszych bryłek. I rzeczywiście, całe dzieje układu słonecznego są w znacznej mierze jedną długą h i s t o-

rią rozpadu wielkich brył na ciałka mniejsze nie tyle przez zderzenia bezpośrednie, jak raczej wskutek działania sił grawitacyjnych tego samego rodzaju co te, które wznoszą przypływy na oceanach ziemskich, — sił, rwących owe wielkie ciała na sztuki.

Większość meteorów ma rozmiary orzecha włoskiego, ziarna grochu, lub jeszcze mniejsze. Zazwyczaj są one tak małe, że zamieniają się całkowicie w parę, zanim zdążą dobiec do powierzchni Ziemi, przy czym pozostawiają za sobą tylko jasną smugę świecącego pyłu. Koniec tej smugi oznacza miejsce, w którym ulatnia się ostatnia cząstka meteoru; następuje to zwykle na wysokości wielu kilometrów nad powierzchnią ziemską. Niekiedy jednak meteor jest tak duży, iż nie zdąży ulotnić się całkowicie w czasie swego szybkiego lotu w atmosferze i pozostała reszta spada na Ziemię jako *meteoryt*. Oczywiście, od groźby bombardowania tymi kamieniami, spadającymi z nieba, nie jest wolna żadna część powierzchni Ziemi. Księga Jozuego świadczy, iż: „Pan zrzucał wielkie kamienie z niebios"; dawni pisarze podają liczne inne przykłady spadku kamieni, a wśród wielkiej liczby zachowanych meteorytów spotykają się okazy o znacznych rozmiarach i ciężarze.

W Arizonie w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej istnieje olbrzymie zagłębienie, podobne w kształcie do krateru wulkanicznego; jak przypuszczają, zostało ono utworzone w czasach przedhistorycznych przez spadek ogromnego meteorytu, wielkiego jak góra. W czasach ostatnich nie zanotowano ani jednego meteorytu o podobnych rozmiarach, aczkolwiek bardzo wielki okaz spadł na Syberii w r. 1908, wywołując w swym locie wicher, który zniszczył las na całe kilometry dokoła: na przestrzeni



Obserwatorium Lowella

Kometa Halleya w dn. 7 maja 1910

Jest to najsławniejsza ze wszystkich komet. Ona to prawdopodobnie lśniła nad Jerozolimą „nakształt miecza" przed zburzeniem tego miasta w r. 70, i ona pojawiła się tuż przed podbojem Anglii w r. 1066. Powrót jej w r. 1759, przepowiedziany przez H a l l e y a na podstawie prawa ciążenia powszechnego, przekonał ludzi, że pojawienie się i ruchy komet zależne są od tego prawa przyrody, nie zaś od grożących na Ziemi katastrof.

TABLICA XXIV

Obserwatorium w Heluan

Kometa Brooke'a w dn. 3 listopada 1911

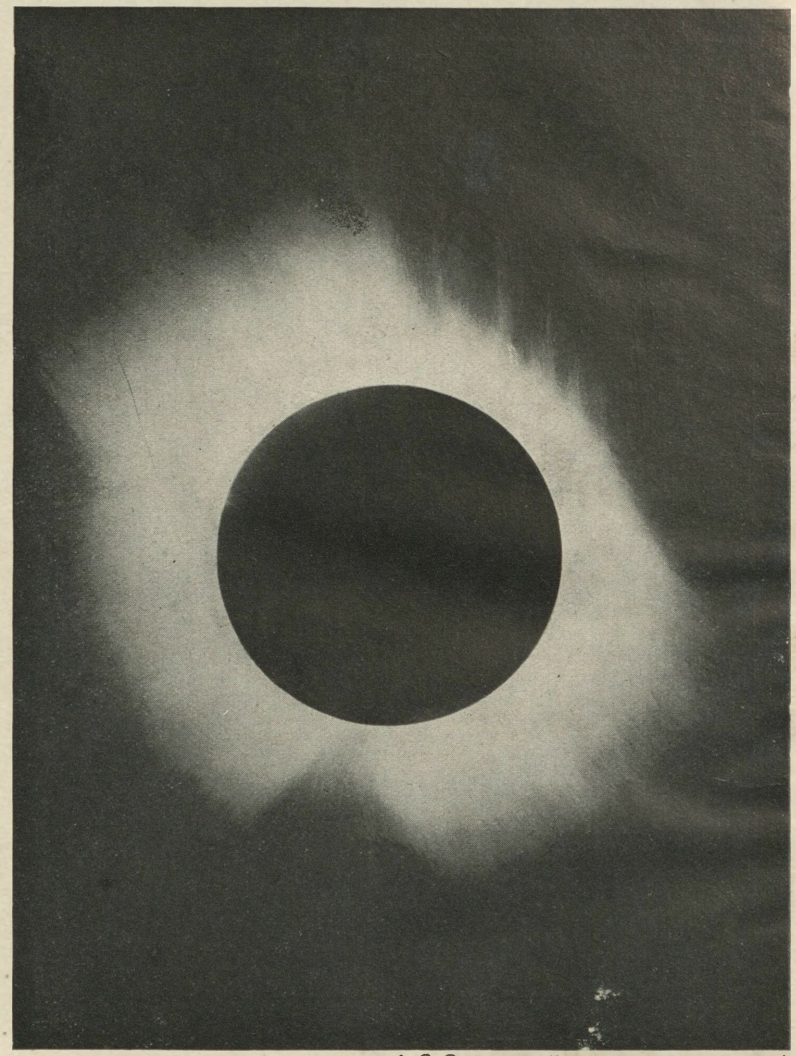
Lekkie wydłużenie obrazów gwiazd wynika stąd, że teleskop poruszał się podczas tej 15-minutowej ekspozycji zgodnie z ruchem komety, nie zaś z pozornym ruchem gwiazd (sklepienia niebieskiego). Por. również tabl. XXIII.

C. P. Butler

Wybuch meteoru

Wielki meteor, przedstawiony na tym zdjęciu, eksplodował w powietrzu podczas fotografowania jego przelotu.

TABLICA XXVI



A. C. Crommelin, Obse.watorium w Greenwich

Korona słoneczna podczas zaćmien.. w r. 1919

Fotografię tę otrzymano przy tym samym zaćmieniu, co przedstawioną na tabl. XV, lecz przy dłuższej ekspozycji. Można tu d trzec dość niewyraźnie zaznaczoną protuberancję „Mrówkojada".

250 kilometrów kwadratowych nie ostało się niemal ani jedno nie obalone drzewo.

Wiek Ziemi

Niektóre substancje, występujące zarówno w skałach ziemskich, jak i w owych kamieniach meteorycznych, *zmieniają stopniowo swój układ z biegiem czasu.* Stwierdziwszy jak daleko posunięte są te zmiany, można określić *wiek* zarówno *Ziemi,* jak i *meteorytów,* spadających na nią z przestrzeni kosmicznych. Okazuje się, że *i Ziemia i meteoryty istnieją około dwóch miliardów lat* od czasu, gdy przeszły w stan stały, co zdaje się wskazywać, że są one produktami kataklizmu, który zdarzył się mniej więcej tyleż lat temu.

Dokoła Słońca krążą również ciała jeszcze mniejsze od meteorytów, niby nieskończenie małe planety: są to *cząstki pyłu, pojedyńcze atomy, lub nawet ich odłamki.* Po zachodzie Słońca niektóre z tych cząstek odbijają jego światło, dzięki czemu powstaje zjawisko zwane *światłem zodiakalnym,* albo *zwierzyńcowym.* Inne znów odbijają światło Słońca, gdy samo ono skryje się za Księżycem podczas zaćmienia i tworzą tzw. *„koronę"* słoneczną — jakby atmosferę z pyłu, oświetlonego promieniami zakrytego przed naszym wzrokiem Słońca (p. tabl. XXVI).

Ruch każdego z tych ciał, począwszy od samego Słońca i planety-olbrzyma, Jowisza, a kończąc na najmniejszym pyłku, należącym do rodziny słonecznej — określa i kieruje nim *siła ciążenia powszechnego,* której rozpatrzeniem zajmiemy się obecnie.

ROZDZIAŁ IV

WAŻENIE I MIERZENIE GWIAZD

WIDZIELIŚMY już jak ważne znaczenie posiada *siła ciążenia powszechnego*, zarówno w dziedzinie zjawisk astronomicznych, jak i dla nas samych. Ona to wiąże Księżyc z Ziemią, wyznacza drogi wszystkich planet i innych ciał układu słonecznego; ona rządzi powstawaniem przypływów i odpływów w naszych oceanach, i dzięki niej — jak przypuszczamy — utworzyła się, jakieś dwa miliardy lat temu, ta olbrzymia fala przypływowa w bryle słonecznej, która dała początek Ziemi — a więc i ludzkości. Wreszcie, siła ciążenia utrzymuje nas przy życiu przez to, że zmusza Ziemię do przebywania stale w pobliżu Słońca i nie pozwala jej odbiec odeń w lodowate głębie przestrzeni.

Spróbujmy nieco bliżej zapoznać się z tą siłą.

Ciążenie powszechne

Nie ma człowieka, który by zdołał unieść ciężar jednej tony — nie pozwala na to siła ciążenia, czyli *ciężkość*, jak zwykle nazywamy tę siłę, gdy mowa o jej przejawach na Ziemi. Ona to ciągnie ów ciężar ku dołowi — i okazuje się zbyt wielką dla mięśni człowieka.

Podobnie, jest rzeczą niemożliwą rzucić piłkę tenisową na odległość kilometra; przeszkadza temu ta sama siła, zni-

żając nieustannie lot piłki, tak iż zawsze spadnie ona na Ziemię, zanim zdoła przebyć tak daleką drogę. Nietrudno rzucić piłkę ręką z szybkością 30 kilometrów na godzinę; gdyby ciężkość nie ściągała jej ku dołowi, przebiegałaby co dwie minuty kilometr i po upływie roku znalazłaby się w odległości 260 000 km od Ziemi. W rzeczywistości ciężkość przeszkadza temu ruchowi, ściągając nieustannie piłkę ku Ziemi.

Weźmy inny przykład. Księżyc porusza się nad naszymi głowami z prędkością około jednego kilometra na sekundę; gdyby nie przyciąganie Ziemi, poruszałby się dalej w tym samym kierunku i z tą samą szybkością, co obecnie. Po roku takiej podróży oddaliłby się od Ziemi o 30 milionów kilometrów; w rzeczywistości stwierdzamy jednak, że Księżyc wciąż obiega Ziemię dokoła — droga jego zakrzywia się nieustannie ku Ziemi, podobnie, jak droga piłki tenisowej.

Izaak Newton powziął był myśl, iż owo stałe zakrzywianie się drogi Księżyca wynikać może jedynie stąd, że Ziemia wywiera nieustannie przyciąganie na Księżyc; przypuścił on, że musi ono być tej samej natury, co przyciąganie wywierane przez Ziemię na przedmioty, znajdujące się w pobliżu jej powierzchni. Legenda mówi, że myśl tę nasunął mu po raz pierwszy spadek jabłka w ogrodzie. Doprowadziło go to do odkrycia sławnego *prawa grawitacji* (ciążenia powszechnego), które orzeka, iż *wszelkie ciało we Wszechświecie przyciąga wszelkie inne, chociażby to ostatnie znajdowało się dowolnie daleko.*

W ostatnich czasach Einstein wykazał, że wzór matematyczny, podany przez Newtona i wyrażający jego prawo, nie jest bezwzględnie ścisły. Podobnie i samo przyciąganie jest innej natury, niż to przypuszczał New-

t o n; obecnie nie uważamy go po prostu za siłę mechaniczną, podobną np. do siły, którą parowóz wywiera na pociąg. Jednakże dla naszych obecnych celów różnica pomiędzy Newtonowskim a Einsteinowskim sformułowaniem prawa ciążenia nie odgrywa żadnej roli.

Ciążenie powszechne (c. d.)

Uczeni mogą szczegółowo studiować zjawiska grawitacji zarówno w swoich pracowniach, jak i w olbrzymim laboratorium niebios, gdzie Przyroda dokonywa nieustannie doświadczeń w skali kolosalnej i pozwala nam śledzić ich wyniki.

Im „masywniejsze" jest ciało, tym silniejsze przyciąganie wywiera na inne ciała. Ogromna bryła Ziemi jest o tyle bardziej „masywna" od wszystkiego, z czym możemy mieć do czynienia w życiu codziennym, że w ogóle nie odczuwamy innych działań grawitacyjnych, poza wywieranymi przez Ziemię; mogłoby to nasunąć myśl, że przyciąganie jest wyłącznie właściwością Ziemi. Dokładne pomiary w pracowniach naukowych świadczą jednak, że k a ż d e ciało wywiera działanie przyciągające na ciała otaczające.

Działanie to, wywierane przez ciało A na ciało B jest dokładnie równe co do wielkości działaniu, wywieranemu na odwrót przez ciało B na A; to samo zresztą zachodzi dla wszystkich sił, działających pomiędzy ciałami. Dlatego też można zupełnie poprawnie mówić o przyciąganiu w z a j e m n y m dwu ciał A i B — oznacza to albo przyciąganie A przez B, albo na odwrót, przyciąganie B przez A; oba są dokładnie równe co do wielkości. Spadek jabłka na Ziemię świadczy bezpośrednio o przyciąganiu jabłka przez Ziemię; trudniej jednak wykazać dokładnie równe oddzia-

ływanie jabłka na Ziemię. Skutki tej siły ujawniają się wyraźnie w zachowaniu się tak małego ciała, jak jabłko, natomiast w odniesieniu do olbrzymiej masy Ziemi są zupełnie niedostrzegalne.

Wzajemne przyciąganie grawitacyjne dwu ciał zależy od ilości materii w nich zawartej *, nie zaś od natury tej materii. Tak np. Ziemia wywiera to samo przyciąganie na tonę ołowiu, co i na tonę wody, piasku, czy jakiejkolwiek innej substancji; na tej zasadzie naukowej opiera się wszelkie ważenie, stosowane w handlu. Gdy sklepikarz odważa funt herbaty, w gruncie rzeczy równoważy on przyciąganie przez Ziemię pewnej ilości herbaty (tj. jej *„ciężar"*) za pomocą przyciągania przez Ziemię wzorcowej ilości żelaza czy mosiądzu w postaci odważnika funtowego. Jeżeli przyciągania te są jednakowe, ilość herbaty (jej „masa") jest równa masie żelaza czy mosiądzu w odważniku.

Dwie tony jakiejś substancji wywierają przyciąganie dokładnie dwa razy silniejsze, niż 1 tona, itd. Dlatego też można zważyć dwa funty herbaty przez zrównoważenie ich ciężaru przy pomocy łącznego ciężaru dwóch odważników funtowych.

Ważenie Ziemi

Zwiększając odległość dwu ciał od siebie, spostrzeżemy, że przyciąganie pomiędzy nimi staje się słabsze. Prawo, według którego przyciąganie słabnie przy rosnącej odległości, jest dokładnie znane, tak iż zawsze możemy uwzględnić wpływ oddalenia. Eksperymentator mierzy

* tj. od ich „mas". *Przyp. tłum.*

w pracowni przyciąganie, które wywiera tona ołowiu na inną bryłę ołowiu, znajdującą się w znanej odległości; stąd zaś można obliczyć, jaką masę musi posiadać Ziemia, by mogła wywierać takie przyciąganie na tonę ołowiu, na piłkę tenisową, czy też na Księżyc, jakie w rzeczywistości obserwujemy. Z wielkości tej siły przyciągania wynika, że masa Ziemi wynosi prawie dokładnie 6 000 000 000 000 000 000 000 ton.

Ważenie Słońca

Począwszy od czasów Newtona, dane astronomiczne potwierdziły niezbicie słuszność jego hipotezy, że owa *siła ciążenia sięga w przestrzeń na dowolną odległość:* każde ciało przyciąga każde inne, bez względu na to, jaka odległość je dzieli. Jabłko Newtona wywierało przyciąganie nie tylko na Ziemię, lecz i na każdą gwiazdę na niebie i bieg każdej gwiazdy uległ zakłóceniu przy jego spadku. Poruszając palcem, zakłócamy ruch wszystkich gwiazd.

Za pośrednictwem siły ciążenia Słońce rządzi ruchami całej swej licznej rodziny planet, komet, meteorytów itd., począwszy od olbrzymiej bryły Jowisza, a kończąc na najdrobniejszym pyłku, wnoszącym skromny swój udział do blasku światła zodjakalnego lub korony słonecznej. Wiemy o tym stąd, iż wszystkie te ciała zakreślają drogi, które można przewidzieć na podstawie prawa grawitacji.

Podobnie, jak można obliczyć masę Ziemi z jej przyciągania, wywieranego na Księżyc, możemy również obliczyć masę Słońca z wielkości przyciągania, wywieranego na Ziemię lub inną planetę, i nie pozwalającego im odbiec precz w otchłanie przestrzeni. Wszystkie planety świadczą

zgodnie, iż *Słońce posiada masę 332 000 razy większą od masy ziemskiej:* na każdy gram materii ziemskiej przypada $^1/_3$ tony substancji słonecznej.

Wskutek tej ogromnej masy przyciąganie Słońca jest niezmiernie potężne. Na powierzchni Słońca trzeba by wysiłku atlety na to, by podnieść ciężarek, który na Ziemi ważyłby parę kilogramów, albo też aby rzucić kulę krokietową na odległość kilku metrów. Ów atleta musiałby zresztą sam być zbudowany ze stali, gdyż człowiek z krwi i kości zostałby zgnieciony na miazgę przez swój własny ciężar.

Oprócz potężnego przyciągania wywieranego przez Słońce na wszystkie ciała układu słonecznego, te ostatnie oddziaływują również na siebie wzajemnie, aczkolwiek są to siły daleko mniejsze. Tak np. każda planetoida, kometa itd., która przebiega w pobliżu Jowisza, zbacza dostrzegalnie ze swej drogi wskutek przyciągania tej olbrzymiej planety. Pojawiło się nawet przypuszczenie, że dwa zewnętrzne księżyce Jowisza nie zostały bynajmniej zeń „zrodzone", lecz są po prostu *planetoidami „schwytanymi"* przez Jowisza, tzn., że przyciąganie jego zmieniło ich pierwotne orbity tak dalece, iż zmuszone są teraz okrążać Jowisza, jako swe ciało centralne. Wydaje się to rzeczą zupełnie możliwą, gdyż oba te maleńkie księżyce nie obiegają Jowisza w płaszczyźnie jego równika, lecz poruszają się na niebie Jowisza w kierunku północno-południowym (zamiast zachodnio-wschodnim). Zewnętrzny księżyc Saturna oraz jedyny znany księżyc Neptuna poruszają się w podobny sposób i jest również rzeczą możliwą, jakkolwiek już mniej prawdopodobną, że jeden z nich, lub nawet oba, zostały „schwytane" w ten sam sposób. Mniejsze planety wywierają również dostrzegalne działanie grawitacyjne i astronom, przewidujący przyszłą drogę planety czy komety,

musi uwzględniać wszystkie oddziaływania, zarówno wielkie, jak i drobne.

Odkrycie planet skrajnych

Sto lat temu uważano Urana za ostatnią, najbardziej zewnętrzną planetę rodziny słonecznej. Astronomowie obliczyli drogę, po której Uran powinien był się poruszać przy uwzględnieniu przyciągania Słońca oraz wszystkich innych znanych planet; okazało się jednak, że nie chciał on trzymać się tej przepowiedzianej orbity. Zaczęto więc przypuszczać, że jest to skutek przyciągania jakiejś innej, dotychczas nieznanej planety. Dwaj młodzi matematycy, Anglik J. C. Adams w Cambridge i Francuz U. J. J. Leverier w Paryżu, postawili sobie zadanie wyznaczyć, jaką musi być ta nowa planeta i gdzie powinna się znajdować, aby jej przyciąganie mogło zdać sprawę ze zboczeń w ruchu Urana. Istotnie też wkrótce potem znaleziono przyczynę zakłóceń prawie dokładnie w miejscu, przepowiedzianym przez Adamsa i Leverriera: jest to planeta, którą nazwano Neptunem.

W czasach ostatnich historia powtórzyła się w analogicznej sytuacji. Mianowicie nawet po uwzględnieniu grawitacyjnego wpływu Neptuna, Uran wciąż zbaczał nieco z przepowiedzianej orbity; astronomowie poczęli więc podejrzewać, iż przyczyną tych zakłóceń jest jeszcze inna planeta, położona dalej od Słońca, niż Neptun. Tym razem drogę nowej planety obliczył Amerykanin, prof. Lowell z Flagstaff Obserwatory w Arizonie. Po piętnastu latach poszukiwań — i niestety już po śmierci Lowella — w marcu 1930 r. odnaleziono nową planetę dość blisko miejsca, w którym według przepowiedni Lowella po-

winna była się znajdować; ruch jej również zgadzał się dobrze z przewidzianym. Jest to P l u t o n, planeta blisko 40 razy bardziej odległa od Słońca niż Ziemia; wskutek tak znacznej odległości jeden obieg jej dokoła Słońca trwa około 250 lat. Światło i ciepło słoneczne jest tam już tak słabe, że według wszelkiego prawdopodobieństwa nie tylko woda, ale i atmosfera, jeżeli ją Pluton posiada, zmieniła się na ciało stałe.

Odkrycie obu tych skrajnych planet, Neptuna i Plutona, zawdzięczamy zaufaniu, jakie pokładają astronomowie w prawie ciążenia powszechnego; — odkrycie to jest jednocześnie dostatecznym usprawiedliwieniem tego zaufania. Gdyby nas ktoś zapytał, dlaczego uważamy prawo ciążenia powszechnego za słuszne, najprościej może byłoby odrzec: *„ponieważ pozwala nam ono odkrywać nowe planety"* — jakkolwiek bardziej zadowalająca byłaby odpowiedź, iż umożliwia ono *przepowiadanie ruchów wszystkich planet znanych.*

Ważenie gwiazd

Dotychczas zajmowaliśmy się tylko tym małym zbiorowiskiem ciał niebieskich, które nazywamy układem słonecznym. Daleko w głębiach przestrzeni, — poza Neptunem, Plutonem, poza granicami układu słonecznego — możemy dostrzec inne zwarte ugrupowania. Są one tak odległe, że gdyby nawet tam istniały tak małe bryły jak planety lub komety, to nie moglibyśmy ich w ogóle dojrzeć; spotykamy w nich jednak *grupy gwiazd,* które nie rozpraszają się z biegiem czasu na wszystkie strony, lecz pozostają bliskimi sąsiadkami w przestrzeni. Nasuwa się tu w sposób naturalny przypuszczenie, że gwiazdy te trzyma

razem, podobnie jak w przypadku rodziny słonecznej, węzeł ciążenia powszechnego.

Kolonia gwiazdowa, którą uważamy za najbliższą naszą sąsiadkę, składa się z trzech gwiazd: dwóch dość jasnych, i jednej bardzo słabej (p. str. 99). Istnieją wszakże „kolonie" jeszcze mniej liczne: typ najprostszy, zwany *„układem podwójnym"* albo *„gwiazdą podwójną"*, składa się z dwóch tylko gwiazd, krążących dokoła siebie, jakby dwoje dzieci, trzymających się za ręce i kręcących się w koło, lub jako para tancerzy w walcu. Gwiazdy te poruszają się dokładnie w taki sposób, jak gdyby wiązał je ze sobą węzeł przyciągania, analogiczny do więzów, łączących Ziemię ze Słońcem, lub z Księżycem; stąd wysnuwamy więc wniosek, że działa tu również ciążenie powszechne. Z obserwacyj ruchów obu gwiazd można obliczyć wielkość siły przyciągania, niezbędnej do utrzymania stałego związku pomiędzy nimi, — stąd zaś znaleźć można masy niektórych przynajmniej gwiazd.

Wyniki tych badań są istotnie ciekawe. Okazuje się, że nasze Słońce posiada masę przeciętną, lub nieco większą od przeciętnej; poza tym gwiazdy w ogóle niezbyt znacznie różnią się pomiędzy sobą pod względem masy. Jeślibyśmy porównali Słońce z człowiekiem o średniej „wadze", to większość gwiazd przypadałaby pomiędzy „wagą" chłopca i ciężkoatlety. Jednakże niektóre gwiazdy wyjątkowe posiadają masy bardzo znacznie przekraczające normę. Tak np. całkowita masa układu, złożonego z czterech gwiazd, oznaczonego Nr 27 w Wielkiej Niedźwiedzicy, jest, jak się zdaje, *prawie tysiąc razy większa* od masy słonecznej, aczkolwiek liczba ta nie jest pewna. Inna gwiazda podwójna zwykłego typu, tzw. gwiazda Plasketta, jest przeszło 140 razy cięższa od Słoń-

ca, przy czym ta wartość zasługuje na zaufanie. Bądź co bądź jednak, tak wielkie masy są czymś zupełnie wyjątkowym: bardzo rzadkie są już gwiazdy o masie 10 razy większej od słonecznej, a nie znamy ani jednej 10 razy lżejszej od Słońca. Jak widzimy więc, *zakres zmienności mas gwiazdowych jest stosunkowo bardzo ciasny.*

Jasności rzeczywiste gwiazd

Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa *rzeczywistych jasności gwiazd: te zawarte są w granicach niezmiernie rozległych.* Tak np. Syriusz, najjaśniejsza gwiazda nieba, posiada tuż obok siebie słabą gwiazdkę, która daje nam zaledwie 1/10 000 tej ilości światła, jaką otrzymujemy od Syriusza; tak dalece ginie ona w blasku Syriusza, iż została ona dostrzeżona dopiero w r. 1862. Mała ta *jasność pozorna („widoma")* nie jest bynajmniej wynikiem jej znacznie większej odległości w porównaniu z Syriuszem, gdyż ten ostatni tworzy z nią układ podwójny wspomnianego wyżej typu: słaba gwiazdka nie porusza się w przestrzeni po linii prostej, lecz okrąża Syriusza, okazując tym samym, że trzyma ją stale na uwięzi przyciąganie gwiazdy jaśniejszej. Jest więc rzeczą pewną, iż obie one znajdują się w niemal dokładnie tej samej odległości od Ziemi, że więc gwiazda słabsza nie tylko wydaje się mniej jasną, lecz jest nią istotnie — tj. że posiada małą *„jasność rzeczywistą"*, małą *„siłę świetlną"*.

Znamy jednak przeciwieństwa jeszcze jaskrawsze. Jasna gwiazda Procjon ma towarzysza, który wysyła sto tysięcy razy mniej światła od niej. „Cudowna" w Wielorybie („Mira Ceti") posiada również towarzysza (p. str. 95) mniej więcej tyleż razy słabszego od niej samej. Niewątpli-

wie zatem gwiazdy naprawdę różnią się między sobą ogromnie pod względem siły świetlnej, nie tylko zaś wskutek tego, że jedna jest od nas znacznie dalej niż druga.

Najczęściej jednak nie podobna porównać sił świetlnych dwóch gwiazd, jeśli nie znamy ich odległości od Ziemi, nie możemy bowiem wówczas powiedzieć, jaką część obserwowanej różnicy ich blasku należy przypisać różnicy odległości, jaka zaś wynika z rzeczywistej różnicy sił świetlnych.

Wiedząc, że Słońce odległe jest od Ziemi o 150 milionów kilometrów, możemy łatwo obliczyć, jaką siłę świetlną musi ono posiadać, by oświetlać Ziemię z tej wielkiej odległości tak, jak to w rzeczywistości czyni; okazuje się, że wysyła ono tyle światła, co 3 000 000 000 000 000 000 000 000 000 świec.

Syriusz jest przeszło pół miliona razy dalej od nas niż Słońce: światło biegnie do Ziemi od Słońca $8^1/_3$ minut, od Syriusza zaś przeszło osiem lat. Na tej podstawie można oczywiście obliczyć rzeczywistą jasność zarówno Syriusza, jak i jego słabego towarzysza. Sam Syriusz jest gwiazdą bardzo jasną — około 26 razy jaśniejszą od Słońca, wysyła też więcej — niemal w tym samym stosunku — ciepła. Jeśliby umieścić nagle Syriusza na miejscu Słońca, to nasze rzeki i morza, a nawet obszary lodowe wokół biegunów, zamieniłyby się szybko w parę i życie zniknęłoby z powierzchni Ziemi. Z drugiej strony, towarzysz Syriusza posiada bardzo małą jasność rzeczywistą, nawet w porównaniu ze Słońcem, mianowicie około czterystu razy mniejszą niż to ostatnie. Gdyby słaba ta gwiazda zajęła miejsce Słońca, i gdybyśmy nie rozporządzali innymi źródłami światła i ciepła, — morza i rzeki, nawet w najgorętszych

częściach globu, zamarzłyby natychmiast, atmosfera zaś skropliłaby się, tworząc płytkie morze ciekłego powietrza.

A jednak dwa te składniki układu Syriusza nie reprezentują bynajmniej jakichś przypadków skrajnych w świecie gwiazd. Najsłabsza ze znanych gwiazd, Nr 359 katalogu Wolfa, jest co najmniej sto razy mniej jasna nawet od towarzysza Syriusza. Na przeciwległym krańcu skali znajdujemy gwiazdę *„zmienną"* S Dorado — tj. gwiazdę, której blask podlega ciągłym wahaniom — o średniej sile świetlnej przeszło 10 000 razy większej od siły świetlnej Syriusza i przeszło 300 000 razy większej od jasności Słońca. Podczas maximum blasku gwiazda ta wysyła w przestrzeń 500 000 razy więcej promieniowania niż Słońce, tzn. w ciągu jednej minuty tyle, co Słońce w przeciągu roku. Gdyby Słońce nagle zaczęło promieniować tak energicznie, cała Ziemia wraz ze wszystkim, co się na niej znajduje, zamieniłaby się wkrótce w parę. Jeżeli porównamy Słońce ze zwykłą świecą, to S Dorado byłaby potężnym reflektorem wojskowym, gwiazda Wolfa 359 natomiast — ledwo dostrzegalnym robaczkiem świętojańskim.

Rozmiary gwiazd

Promieniowanie Słońca płynie równomiernie z całej olbrzymiej jego powierzchni, 12,000 razy większej od ziemskiej. Nasuwa się tu pytanie, jakie rozmiary mają powierzchnie innych gwiazd, wysyłających tak bardzo różne ilości promieniowania. Jak przedstawia się np. sprawa w przypadku S Dorado wówczas, gdy promieniuje ona 500 000 razy silniej od Słońca? Czy znaczy to, że posiada tyle razy większą, niż Słońce, powierzchnię, czy wysyła 500 000 razy więcej energii z każdego metra kwadratowego

powierzchni o tej samej ogólnej wielkości, czy też dzieje się jeszcze inaczej?

Na pytanie to możemy szukać odpowiedzi w dwóch kierunkach: albo starać się wyznaczyć bezpośrednio rozmiary *S* Dorado, albo też zbadać, jaką ilość promieniowania wysyła ta gwiazda z każdego metra kwadratowego powierzchni, a potem obliczyć wielkość tej powierzchni, znając ogólną ilość emitowanego promieniowania. Niestety, bezpośredni pomiar średnic gwiazdowych napotyka bardzo wielkie trudności. Planeta, widziana w teleskopie, wygląda jak okrągła tarcza, podobna do Księżyca; gdybyśmy mogli zbliżyć się do gwiazd na dostatecznie małą odległość, przedstawiałyby się nam one również w postaci tarcz, jak nasze Słońce. To ostatnie jest wszakże jedyną gwiazdą, która okazuje tarczę o rozmiarach dostrzegalnych, nawet przy użyciu najpotężniejszych teleskopów. Wszystkie inne gwiazdy są zbyt daleko, by można było dostrzec ich tarcze; widać je jako proste punkciki świetlne, wobec czego nie podobna zmierzyć bezpośrednio ich rozmiarów.

Istnieją jednak dwa wyjątki od tej reguły ogólnej. Najbardziej może pomysłowy z przyrządów astronomicznych *„interferometr"*, pozwala wyznaczyć średnice kilku największych gwiazd przy pomocy obserwacyj bezpośrednich; — powiększa on niejako w sposób bardzo skomplikowany drobniutkie tarcze gwiazd, dopóki nie osiągną one rozmiarów mierzalnych.

Z drugiej strony, najbardziej pomysłowa z teoryj fizycznych, stosowanych w astronomii, *teoria względności* Einsteina, umożliwia również wyznaczenie średnic gwiazd — najmniejszych — za pomocą pomiarów.

Dotychczas metodę tę zastosowano do jednej tylko gwiazdy, mianowicie słabego towarzysza Syriusza.

Liczba gwiazd, których rozmiary udało się wyznaczyć przy pomocy jednej z tych metod, jest jednak bardzo niewielka; odpowiedzi na problemat promieniowania gwiazd musimy szukać w kierunku przeciwnym, starając się wykryć, ile energii emitują one z każdego metra kwadratowego powierzchni. Na tej drodze nie spotykamy na szczęście przeszkód.

Barwy gwiazd

Wyobraźmy sobie najpierw fotografię drużyny piłkarskiej, ubranej w kostiumy niebiesko-czerwone. Każdemu wiadomo, że kolor niebieski wyjdzie na fotografii prawie biało, czerwony natomiast będzie wyglądał prawie jak czarny, skutkiem tego, że klisza fotograficzna jest bardzo czuła na barwę niebieską, bardzo mało zaś czuła na czerwoną, w porównaniu do czułości na barwy siatkówki ludzkiego oka. Podobne rzeczy dzieją się również przy fotografowaniu gwiazd: na zdjęciu dowolnej części nieba niektóre gwiazdy wypadną o wiele za jasno, inne znowu zbyt słabo. Pochodzi to stąd, że *gwiazdy mają różne barwy:* niektóre są bardziej niebieskie niż przeciętnie, inne — bardziej czerwone, klisza zaś faworyzuje pierwsze na niekorzyść ostatnich. Dobry przykład tego mamy na tabl. XXVIII, przedstawiającej fotografię części gwiazdozbioru Oriona. Słaba gwiazdka, wskazana strzałką z literą α, jest to Beteigeuze, czyli Alfa Oriona; dla oka wydaje się ona w tym gwiazdozbiorze drugą w kolei jasności, a dwunastą pośród gwiazd całego nieba. Jednakże dzięki temu, że światło jej jest wybitnie czerwone, na kliszy zaznacza się ona o wiele słabiej, niż trzy gwiazdy „pasa": te ostatnie dla oka wydają

się znacznie mniej jasne, lecz ponieważ wysyłają światło niebieskawe, dla kliszy są to gwiazdy bardzo okazałe. Znaleźliśmy tu najwidoczniej metodę wyznaczania barw gwiazdowych; istotnie, przekonano się, że barwy te mogą być określone dość dokładnie według tego, jak je traktuje klisza fotograficzna. Istnieją zresztą również inne metody, których wyniki zgodne są z tymi, jakich dostarcza nam kamera.

Przyczyna rozmaitości barw gwiazdowych polega na tym, że *temperatury gwiazd są niejednakowe*. Gdy kowal rozgrzewa podkowę, kolor jej ulega stopniowym zmianom: początkowo ciemno-czerwony, przechodzi w jasno-czerwony, potem w żółty, a w końcu staje się prawie białym; według barwy też można ocenić temperaturę tego kawałka żelaza. Podobnie, robotnicy oceniają zgrubsza temperaturę pieca fabrycznego, obserwując barwę światła, które wysyła wnętrze pieca: słabe ciemno-czerwone świecenie odpowiada jednej temperaturze, jasno-czerwone innej itd. Istnieją przyrządy, które pozwalają dokładnie wyznaczyć temperaturę wnętrza pieca na podstawie zbadania wysyłanego przezeń światła.

Zupełnie w ten sam sposób astronomowie określają temperaturę gwiazd. Okazują one *całą gamę barw* — od ciemnej czerwieni poprzez żółtą i białą, aż do żywego błękitu i fioletu; w odpowiednio obszernym zakresie zawarte są również ich temperatury. Gwiazdy ciemno-czerwone są najchłodniejsze, o temperaturach wynoszących około 1400° C. Gwiazdy żółtawe są przynajmniej dwa razy gorętsze; potem idą gwiazdy podobne do Słońca o temperaturach około 5500° itd., aż do najgorętszych, których temperatura dosięga blisko 40 000 stopni.

Cały ten obszar temperatur — od około 1400° do blisko

Obserwatorium na Mount Wilson

Wielka Mgławica w Orionie

Jest to jedynie część środkowa wielkiej mgławicy (p. str. 117), pokrywającej większą część gwiazdozbioru Oriona. Fotografia niniejsza jest powiększeniem tej części tabl. XXVIII, gdzie zaznaczono położenie Oriona i Wielkiej mgławicy.

TABLICA XXVIII

Mapa Franklina-Adamsc

Część gwiazdozbioru Oriona

Strzałki wskazują główne gwiazdy konstelacji. **α** jest to wielki czerwony olbrzym, Beteigeuze (str. 82); *β* (Rigel. str. 168) należy do gwiazd o największej jasności rzeczywistej, jest około 15 000 razy jaśniejszy od Słońca; **γ**, a także **δ**, **ε**, **ζ**, trzy gwiazdy „pasa", są to gwiazdy niebieskie o bardzo wysokiej temperaturze, podobnie jak i **γ** oraz **κ**; **θ**, gwiazda poczwórna w środku Wielkiej mgławicy, jest jeszcze gorętsza, o temperaturze powierzchniowej dosięgającej, być może, 28 000° C. (Por. tabl. III).

40 000° — jest wprost olbrzymi i większa jego część leży poza granicami temperatur, znanych na Ziemi. Pomimo to jednak można wyznaczyć drogą r a c h u n k u, ile promieniowania wysyła określona powierzchnia przy tej a tej temperaturze. Wynik rachunku jest zdumiewający. Ciało o temperaturze 40 000° emituje tyle energii, że z powierzchni mniejszej od tej, jaka w remizie przypada na jeden parowóz, można by czerpać energię dla poruszania wszystkich kolei żelaznych na całej Ziemi; każdy c a l k w a d r a t o w y powierzchni o tej temperaturze wydaje ilość energii, wystarczającą do poruszania bez przerwy m a s z y n w i e l k i e g o o k r ę t u transatlantyckiego, płynącego z pełną szybkością. Z drugiej strony natomiast cal kwadratowy powierzchni o temperaturze 1400° — tj. o temperaturze najchłodniejszych znanych gwiazd—wysyła ilości energii, których starczyłoby zaledwie na pędzenie małej łódki. Jeśli wziąć pod uwagę jednakowe powierzchnie, okazuje się, że owa powierzchnia najgorętsza wysyła *300 000 razy więcej promieniowania,* niż najchłodniejsza. Wynika stąd zatem, że gwiazda o temperaturze 1400° musiałaby posiadać powierzchnię 300 000 razy większą niż gwiazda o temperaturze 40 000°, aby móc emitować jednakową ogólną ilość promieniowania.

Już to samo nasuwa przypuszczenie, że *rozmiary gwiazd muszą być bardzo różne.* Jeśli gwiazda ciemno-czerwona posiada dość znaczną siłę świetlną, powierzchnia jej musi być po prostu olbrzymia — tak mała bowiem jest w tym przypadku ilość promieniowania, przypadająca na jednostkę powierzchni. W rzeczywistości niektóre gwiazdy tej barwy mają istotnie ogromną jasność prawdziwą i wysyłają jednocześnie wielkie ilości ciepła. Tak np. całkowite promieniowanie (światło i ciepło razem wzięte) α Oriona, czyli

Beteigeuzy, o której mówiliśmy przed chwilą, przewyższa 6000 razy promieniowanie Słońca. Wobec tego, że gwiazda ta posiada barwę ciemno-czerwoną, wysyła ona znacznie mniej promieniowania z jednostki powierzchni, niż Słońce, tak iż całkowita powierzchnia jej musi być przeszło 6000 razy większa od powierzchni Słońca.

Wyznaczywszy dokładnie temperaturę powierzchni Beteigeuzy na podstawie jej barwy, możemy obliczyć, ile promieniowania wysyła każdy centymetr kwadratowy jej powierzchni, a co za tym idzie, ile centymetrów kwadratowych musi ta powierzchnia posiadać, aby była w stanie emitować tę ilość promieniowania, jaką w rzeczywistości obserwujemy; tj. innymi słowy, możemy znaleźć rozmiary gwiazdy. Tę samą metodę można oczywiście zastosować do każdej innej gwiazdy: najpierw, z zaobserwowanej temperatury wyznaczymy wydajność promieniowania na jednostkę powierzchni, po czym, znając promieniowanie całkowite, przez proste dzielenie otrzymujemy ogólną liczbę centymetrów kwadratowych powierzchni gwiazdy.

Wspominaliśmy już o dwóch metodach, przy których pomocy dokonano bezpośrednio pomiaru średnic kilku gwiazd: otóż pomiary takie dawały zawsze wyniki bardzo bliskie wartości obliczonych — tj. otrzymanych z podzielenia całkowitego promieniowania gwiazdy przez promieniowanie, przypadające na jednostkę powierzchni. Możemy więc żywić zupełne zaufanie do wspomnianej teoretycznej metody wyznaczania średnic gwiazdowych.

Otóż obliczenia tego rodzaju dają wyniki uderzające. Świadczą one, że *zakres zmienności rozmiarów gwiazd jest o wiele szerszy, niż zakres mas lub temperatur, większy nawet, niż zakres sił świetlnych.* Najmniejsza ze znanych dotychczas gwiazd, gwiazda van Maanena, rozmiarami

nie przekracza, jak się zdaje, Ziemi; milion takich brył zmieściłoby się swobodnie we wnętrzu Słońca. Wygląda więc ono na gwiazdę bardzo wielką, istnieją jednak inne, jak np. Beteigeuze, tak olbrzymie, że zmieściłoby się w nich wiele milionów Słońc; gdyby która z nich zajęła miejsce Słońca, to znaleźlibyśmy się sami wewnątrz niej, gdyż promień jej przekraczałby długością promień orbity ziemskiej. Wyobraźmy sobie, że ziarnko grochu reprezentuje Słońce; wówczas gwiazdę van Maanena przedstawiałby pyłek tak mały, że trzeba by wziąć ich kilkadziesiąt, by pokryć kropkę nad „i" w tej książce, natomiast największe gwiazdy byłyby to bryły wielkości samochodu.

Widzimy więc, że muzeum niebios zawiera zbiory bardzo różnorodne i możemy sobie jedynie zadawać pytanie, jaki jest początek i jakie znaczenie tak zdumiewającej różnorodności. Dlaczego gwiazdy różnią sie tak mało pod względem masy, a tak dalece pod innymi względami? Sprawą tą zajmiemy się w rozdziale następnym.

ROZDZIAŁ V

RÓŻNE TYPY GWIAZD

MÓWILIŚMY już, że pod względem jasności rzeczywistej istnieją pomiędzy gwiazdami różnice tak znaczne, jak pomiędzy robaczkiem świętojańskim a potężnym reflektorem wojskowym, co się tyczy zaś rozmiarów, typy skrajne są do siebie w takim stosunku, jak ziarnko pyłu do samochodu. Zakres zmienności mas jest daleko mniejszy, bądź co bądź jednak jest on mniej więcej taki, jak stosunek ciężaru piórka i piłki nożnej. *Słońce przypada pod każdym względem gdzieś pośrodku,* oczywiście nie zawsze dokładnie w samym „złotym środku", lecz nigdy nie odbiega odeń daleko. Wyrażając się mniej pochlebnie, można powiedzieć, że Słońce jest gwiazdą nie wyróżniającą się absolutnie niczym — ani pod względem rozmiarów, ani masy, temperatury i siły świetlnej.

Jest rzeczą oczywistą, iż na podstawie danych, dotyczących przypadków skrajnych oraz jednej gwiazdy przeciętnej, nie wyrobimy sobie należytego pojęcia o przyrodzie gwiazd; niewiele bowiem można by się dowiedzieć o ludności pewnego kraju, gdyby nam podano tylko wzrost i wagę najwyższego i najniższego jej przedstawiciela, oraz poinformowano nas, że pewien określony mężczyzna, o wzroście 172 cm, jest pod każdym względem dobrym przeciętnym reprezentantem tej ludności. Niewątpliwie pragnęlibyśmy więc uzyskać bardziej szczegółowe dane,

dotyczące klasyfikacji gwiazd według ich rozmiarów, jasności i rzeczywistych mas.

Wyobraźmy sobie, że podczas wystawy psów wszystkie okazy wyrwały się na swobodę i pożarły swe kartki z napisami, tak iż stała się niezbędną ponowna ich klasyfikacja. Laik sądziłby prawdopodobnie, iż klasyfikację taką trzeba przeprowadzić kilka razy, np. według ciężaru, koloru sierści, jej długości itp.; znawca natomiast zacząłby natychmiast dzielić owe psy według r a s. Waga ciała, kolor i jakość sierści poszczególnych osobników mogą różnić się znacznie dla każdego danego gatunku, lecz bynajmniej nie w tym stopniu, co dla wszystkich psów w ogóle.

Trzy typy gwiazd

Coś podobnego mamy również w przypadkach gwiazd. Dla pobieżnego obserwatora są one straszną zbieraniną, lecz doświadczony astronom wie dobrze, iż można je poklasyfikować na odrębne typy z tą samą niemal ścisłością, jak psy na wystawie. Istotnie, znamy niezliczoną prawie mnogość psich gatunków, lecz tylko *trzy główne typy gwiazd*, różniące się między sobą przede wszystkim pod względem *rozmiarów*. Nie można więc porównać gwiazd z całą psią wystawą, wypuszczoną na wolność, lecz raczej z trzema jedynie rasami: maleńkich, średnich i olbrzymich psów. Oczywiście porównanie to nie jest doskonałe: niebo nie odznacza się aż tak wielką prostotą. Analogia szwankuje głównie pod tym względem, iż pomiędzy obu większymi typami istnieją przejścia stopniowe, natomiast nie ma ich — przynajmniej o ile wiemy obecnie — pomiędzy nimi a klasą psów maleńkich.

Zanim spróbujemy rozklasyfikować gwiazdy na owe

trzy typy, postarajmy się dowiedzieć, skąd typy te się wzięły. Przede wszystkim, dlaczego w ogóle istnieją rozmaite typy gwiazd? Na pytanie to dają częściową przynajmniej odpowiedź współczesne poglądy na budowę atomu.

W czasie naszej podróży rakietowej we wnętrzu Słońca dowiedzieliśmy się, że atom zwykły składa się z *jądra* centralnego, dokoła którego rozmieszczona jest pewna ilość małych, niemal nieważkich *elektronów*. W temperaturach takich, jakie występują na Ziemi, jądro trzyma silnie wszystkie swe elektrony; w temperaturach wyższych, które spotykamy np. w atmosferze słonecznej, elektrony zewnętrzne poczynają odrywać się od jądra. I wreszcie, w niesłychanym żarze wnętrza Słońca, wszystkie elektrony ulegają temu losowi, z wyjątkiem dwu najbliższych jądra, złączonych z nim więzami tak silnymi, że mogą się one oprzeć nawet temperaturom dochodzącym do 20 milionów stopni.

Białe karły

Znamy jednak gwiazdy, których części centralne są dziesięć, dwadzieścia, być może nawet pięćdziesiąt razy gorętsze niż w przypadku Słońca. Nie ma jądra atomowego, które zdołałoby w podobnym żarze zachować przy sobie elektrony; *wszystkie atomy są tam doszczętnie rozbite*, a materia składa się z czegoś, co można by nazwać *„sproszkowanymi"* atomami, — z bezładnego tłumu jąder i elektronów, biegnących chaotycznie we wszelkich możliwych kierunkach bez żadnych śladów wzajemnej spójności. Jest to materia w najbardziej chyba pierwotnej postaci. Wobec tego, że na Ziemi nie mamy do czynienia z materią znajdującą się w takim stanie, trudno go dobrze określić jednym

pojęciem. Przypomina ona gaz pod tym względem, że składa się z wielkiej liczby drobnych cząsteczek, poruszających się niezależnie jedna od drugiej; cząstki te wszakże są tak silnie stłoczone, że lepszym obrazem tej substancji byłaby może ciecz — woda, czy rtęć np.

Atom kompletny, nie rozbity, przypomina układ słoneczny w miniaturze: masywne jądro środkowe — to Słońce, elektrony — to planety. I w tym również jest on podobny do systemu słonecznego, że składa się głównie z przestrzeni pustej. Mówiliśmy już, jak maleńkie jest Słońce i planety w porównaniu z dzielącymi je przestrzeniami; za model służył nam orzech, dwa nasiona, parę ziarnek piasku i parę pyłków na obszernym placu. Trzeba całego placu dla uzmysłowienia przestrzeni, zajętej przez układ słoneczny, lecz małe dziecko może w swej rączce zmieścić materię, z której składa się nasz model, — *reszta jest pustką.* Tak samo jest w przypadku atomu. Jeśli ów plac będzie przedstawiał przestrzeń zajętą przez atom, to materialne składniki tegoż — jądro i elektrony — staną się co najwyżej małymi ziarnkami, które znów mogłyby pomieścić się w bardzo małej objętości. Tak właśnie stłoczone są drobniuchne części składowe atomów w obszarach centralnych najgorętszych gwiazd. Na rozbite przez niesłychany żar elementy składowe atomów działa olbrzymie ciśnienie całej pozostałej masy gwiazdy i stłacza je w zdumiewająco małej objętości, tak iż cała gwiazda posiada bardzo niewielkie rozmiary. Te najmniejsze ze znanych gwiazd noszą nazwę *„białych karłów"*.

Skrajnym przykładem białego karła jest *gwiazda van Maanena* (str. 82), nie przekraczająca rozmiarami Ziemi. Nieco większy jest *towarzysz Syriusza* (str. 76), o objęt-

tości około 30 razy większej od ziemskiej. Wobec tego, że zawiera on 300 000 razy więcej materii, musi ona być tam 10 000 razy bardziej zagęszczona niż materia kuli ziemskiej. Widzimy stąd, że moglibyśmy jeszcze wiele nauczyć się od przyrody w umiejętności „pakowania". Gdybyśmy umieli pakować nasze przedmioty ziemskie tak szczelnie, jak to się dzieje z materią w centralnych częściach wspomnianych gwiazd, moglibyśmy sobie nosić 100 ton tytoniu w woreczku na tytoń i po kilka ton węgla w każdej kieszonce od kamizelki. W porównaniu z tymi „sproszkowanymi" atomami, z których zbudowane są białe karły, stała substancja naszej Ziemi jest czymś delikatniejszym od najcieńszej pajęczyny, rozsnutej w przestrzeni.

Ponieważ materia gwiazd tego typu jest tak „zbita", każda cząstka drobnej ich powierzchni zmuszona jest promieniować na zewnątrz znaczne ilości energii, przeciętnie około 40 koni mechanicznych z centymetra kwadratowego w porównaniu z 8 koni mech. na cm^2 w przypadku Słońca. By pozbyć się tych ilości energii, powierzchnia białego karła musi znajdować się w stanie białego żaru. Widzimy teraz, skąd bierze się nazwa tych gwiazd: „karły" — bo są tak małe, „białe" — ponieważ powierzchnie ich są rozżarzone do temperatury białego żaru.

Gwiazdy ciągu głównego

Białe karły są to raczej w y j ą t k i; w większości gwiazd zagęszczenie materii nie osiąga tak wysokiego stopnia. Podczas naszego pobytu we wnętrzu Słońca zauważyliśmy, że przeważna liczba atomów nie uległa całkowitemu rozbiciu: liczne jądra zachowały jeden lub dwa elektrony, tworząc w ten sposób „prawdziwe atomy" o określo-

nych, jakkolwiek bardzo małych, rozmiarach. Takie atomy nie dadzą się już wtłoczyć w znikomo małe objętości, jak to mieliśmy w przypadku białych karłów, mogą wszakże pomieścić się w objętościach o wiele mniejszych, niż atomy normalne. W środku Słońca są one właśnie stłoczone tak ciasno, że metr sześcienny zawiera tam paręset ton materii, — nie wiadomo dokładnie, ile. W środku białego karła metr sześcienny zawiera dziesiątki tysięcy ton materii.

Słońce, którego materia zagęszczona jest w ten właśnie sposób, może być uważane za przedstawiciela największej klasy gwiazd średnich rozmiarów, należących do tzw. *„ciągu głównego"*. Do klasy tej należy jakieś 80% ogółu gwiazd. Obszary centralne wszystkich gwiazd ciągu głównego posiadają mniej więcej tę samą temperaturę co środek Słońca, skąd wynika, że atomy zachowują tam na ogół dwa elektrony wewnętrzne (lecz nie więcej), tak iż moglibyśmy porównać je z układem słonecznym, w którym spośród planet pozostałyby jedynie Merkury i Wenus. Jakkolwiek materia, rozdrobniona do tego stopnia, może być „upakowana" bardzo szczelnie, to jednak nie ma tu mowy o stłoczeniu nawet w przybliżeniu takim, jak w przypadku białych karłów. Wynika stąd, że wszystkie gwiazdy ciągu głównego są znacznie większe od białych karłów i nie okazują bynajmniej jakichś olbrzymich różnic pod względem rozmiarów; w innych cechach mogą natomiast się różnić od siebie bardzo znacznie: masy ich przebiegają całą gamę znanych wartości mas gwiazdowych, barwy zaś — całe widmo, od intensywnego fioletu do najciemniejszej czerwieni. Jak jednak wskazuje nazwa „ciąg główny", stanowią one istotnie jeden prawdziwy ciąg; uporządkowawszy je według mas, przekonamy

się, że odpowiada to ze znacznym przybliżeniem uporządkowaniu według b a r w — gwiazdy najcięższe są najbardziej błękitne; wraz z malejącą masą barwa przesuwa się stopniowo poprzez błękit, białą i żółtą aż do najgłębszej czerwieni. Co więcej: wraz z malejącą masą zmniejsza się również siła świetlna, przebiegając całą skalę jasności gwiazdowych, — od wojennego reflektora do robaczka świętojańskiego.

Czerwone olbrzymy

Gwiazdy trzeciej grupy wyróżniają się tym, że temperatura ich obszarów środkowych jest o wiele n i ż s z a nawet od temperatury centralnej gwiazd ciągu głównego: wynosi ona zaledwie 1—2 milionów stopni. W tym względnym „chłodzie" atomy nie tracą wszystkich elektronów z wyjątkiem d w ó c h najbardziej wewnętrznych, jak to ma miejsce w przypadku Słońca; i n n e warstwy elektronów, oprócz tamtej, pozostają również nie tknięte, tak iż atomy posiadają tu dość pokaźne rozmiary i nie pozwalają się zbyt ciasno „upakować". Najwidoczniej rozmieszczają się one tak wygodnie i przestronnie, że gwiazdy omawiane wyróżniają się o l b r z y m i m i r o z m i a r a m i. Typową przedstawicielką tej klasy jest Beteigeuze czyli α Oriona, 25 milionów razy większa od Słońca, jakkolwiek zawiera ona prawdopodobnie zaledwie 40 razy tyle materii, co to ostatnie. Jeszcze większą jest o Wieloryba; w gwieździe tej zmieściłoby się 30 milionów Słońc. W ostatnich czasach stwierdzono, że posiada ona słabą towarzyszkę, białego karła, tworząc z nim razem układ podwójny. Jeśli gwiazdy mają poczucie humoru, to ta źle dobrana para wywołuje wśród nich zapewne wesołość swym absurdalnym

stosunkiem rozmiarów; coś jakby słoń zaprzyjaźniony z muszką i podróżujący w jej towarzystwie.

Większość tych gwiazd pomieściłaby w swym wnętrzu co najmniej milion Słońc. Jakkolwiek ich siła świetlna jest olbrzymia, to jednak wskutek ogromnej rozciągłości powierzchni na każdy centymetr kwadratowy przypada niezbyt wiele energii do wypromieniowania: niekiedy zaledwie 0,08 konia mechanicznego w porównaniu z 8 KM w przypadku Słońca, względnie z 8000 KM dla niektórych błękitnych gwiazd ciągu głównego. By pozbyć się owej nieznacznej ilości energii, powierzchnia nie potrzebuje być zbyt gorąca, tak iż barwa jej jest zwykle czerwona, lub też — rzadziej — żółta.

Gwiazdy te noszą nazwę *czerwonych* i *żółtych olbrzymów;* opisuje ona zarówno ich barwy, jak i rozmiary.

Energia gwiazd

Wydaje się rzeczą pewną, iż wielkie różnice rozmiarów gwiazd są związane z odpowiednią różnicą wielkości atomów, z których zbudowane są ich wnętrza: trudniej natomiast pojąć przyczynę ogromnych różnic rzeczywistych jasności gwiazd. Każdą gwiazdę musimy niewątpliwie uważać za wielką wytwórnię energii, która powstaje we wnętrzu gwiazdy i wypływa z rozżarzonej powierzchni w przestrzeń w postaci promieniowania. Wydajność energetyczna Słońca — 8 koni mechanicznych na centymetr kwadratowy — może wydawać się na pierwszy rzut oka olbrzymia; musimy jednak wziąć pod uwagę, że ów centymetr kwadratowy powierzchni jest jedynym „otworem wypustowym" dla energii wytworzonej w dużej objętości materii gwiazdowej. Promień kuli słonecznej ma

długości 695 000 km, cała więc energia, wytworzona w stożku z materii słonecznej o wysokości 695 000 km, a podstawie 1 cm^2, musi wypłynąć na zewnątrz właśnie przez ten cm^2 powierzchni słonecznej. Z tego punktu widzenia 8 koni mech. na cm^2 nie wydaje się już ilością nadmiernie wielką, raczej wprost przeciwnie.

Wiemy, że wszelkie promieniowanie posiada masę; z każdej więc cząstki powierzchni gwiazdy płynie w przestrzeń nieustannie strumień masy ważkiej. Z rachunku wynika, że całkowita ilość promieniowania, wysyłana przez Słońce w ciągu sekundy waży 4 miliony ton; Słońce traci więc bez przerwy masę w ilości 4 milionów ton na sekundę, tzn. 10 000 razy większej, niż masa wody, którą niesie Tamiza pod Londynem. Masa Słońca zmniejsza się wciąż tak, jak gdyby w powierzchni jego istniało 10 000 wyrw, i z każdej z nich wylewała się w przestrzeń „Tamiza materii". W danej chwili Słońce waży o wiele milionów ton mniej niż gdy czytelnik zaczął przeglądać niniejszy rozdział; jutro o tej porze ważyć będzie o 350 miliardów ton mniej niż obecnie. Skąd się jednak biorą te tak ogromne ilości materii?

Gwiazdy unicestwiają swą materię

Nie wiemy dotychczas na pewno, w jaki sposób gwiazda wytwarza promieniowanie, wydaje się jednak rzeczą najbardziej prawdopodobną, że zachodzi to dzięki *unicestwianiu się jej własnej materii,* — podobnie, jak zwykła elektrownia wytwarza energię elektryczną przy pomocy spalania węgla. Proces wszakże, zachodzący w gwiazdach, jest czymś zupełnie różnym od zwykłego spalania, które polega jedynie na przegrupowaniu atomów; prawdopodobnie

jest to raczej istotne unicestwienie atomów: atom istnieje w danej chwili, a następnie jest „zdmuchnięty" i nie pozostaje zeń *nic*, oprócz *błysku promieniowania*, który posiada jednak *masę* dokładnie równą masie atomu unicestwionego.

Jeśli promieniowanie gwiazd powstaje istotnie w sposób opisany, to Słońce unicestwia swe atomy w ilości 4 milionów ton na sekundę, czyli 350 miliardów ton na dobę, inne zaś gwiazdy czynią to w ilościach różnych, lecz porównywalnych z przytoczoną, i proporcjonalnych do ich wartości rzeczywistych. Z powodu tej nieustannej utraty masy w postaci promieniowania, gwiazdy stają się z biegiem czasu coraz lżejsze, tak iż w ogóle *gwiazdy najstarsze powinny być najlżejsze*. Istotnie, liczne dane dowodzą, że tak jest w rzeczywistości.

Mówiliśmy już, że gwiazdy o największych masach, które musimy więc teraz uważać za najmłodsze, górują nad innymi bardzo znacznie również pod względem siły świetlnej, i że ta ostatnia maleje w ogólności równolegle do zmniejszania się masy. Siłę świetlną jednak tracą gwiazdy o wiele szybciej niż masę; w gwieździe stałej nie tylko pozostało mniej materii, lecz jest ona mniej wydajna pod względem zdolności promieniowania, przypadającej na jednostkę masy. Najprościej można to wytłumaczyć w ten sposób, że gwiazda składa się z mieszaniny substancyj, które zamieniają się w promieniowanie z różnymi prędkościami: niektóre z nich unicestwiają się bardzo szybko, a więc wydają promieniowanie bardzo obficie, dopóki istnieją; — gwiazda promieniuje nadzwyczaj silnie. Lecz zapas tych substancyj nie może starczyć na długo; po ich zużyciu się, pozostałe słabsze źródła promieniują powolniej i dzięki temu trwają o wiele dłużej. Po krótkiej więc, lecz burzliwej młodości, trwoniącej materię

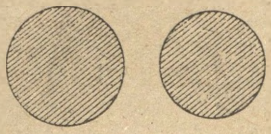
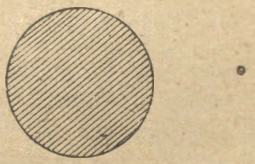
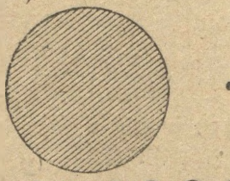
nader rozrzutnie, nadchodzą dla gwiazdy pogodne, długie lata starości, w czasie której wydaje ona energię bardziej umiarkowanie. Jakkolwiek schematu tego nie można uważać za ustalony bezwzględnie i ostatecznie, to jednak zgadza się on dobrze ze znanymi faktami i w każdym razie dodaje znaczenia tej wielkiej różnorodności gwiazd, o jakiej mówią nam obserwacje nieba.

Najbliższe gwiazdy

Posiłkując się opisaną wyżej klasyfikacją gwiazd, rozpatrzmy teraz pokrótce *najbliższe* nasze sąsiadki w przestrzeni. Prawdopodobnie będą one dobrą *„próbką"* mieszkanek nieba; gdybyśmy posunęli się w przestrzeń na większą odległość, na pewno zebralibyśmy „próbkę" gorszą, ponieważ pominęlibyśmy dużo bardzo słabych gwiazd, nieznanych i nie obserwowanych dlatego, że są jednocześnie i słabe i dalekie. Jedynie jeśli chodzi o najbliższe sąsiedztwo możemy liczyć na to, że i bardzo słabe gwiazdy nie ujdą naszej uwadze.

W tablicy na str. 95 podano spis 26 najbliższych naszych sąsiadek. Odległość ich w latach światła zestawiono w drugiej kolumnie; kółka w kolumnie następnej mają ilustrować w przybliżeniu względne rozmiary danych gwiazd; obok podana jest ich barwa, tak, jak ją widzimy poprzez atmosferę ziemską. Wreszcie, w kolumnie ostatniej, znajdujemy jasności rzeczywiste (siły świetlne) tych gwiazd, przy czym siłę świetlną Słońca przyjęto za jednostkę.

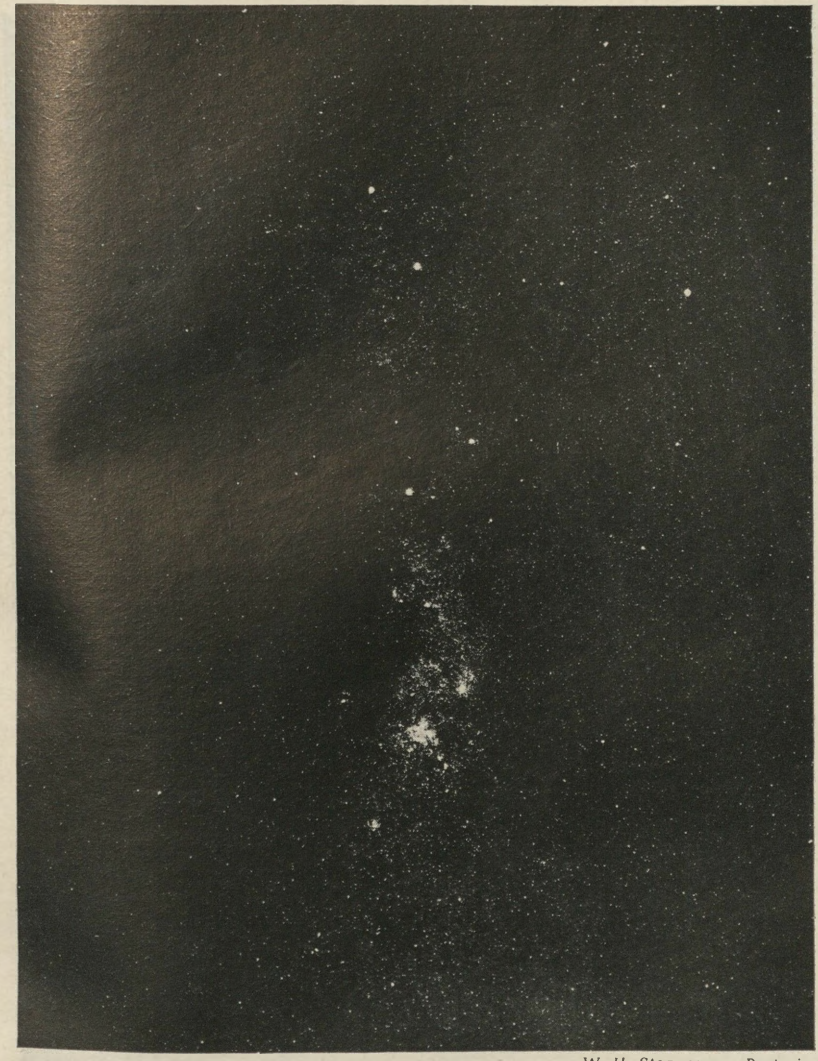
Jeśli przypuścimy, że przytoczone gwiazdy są typowymi przedstawicielkami całego nieba, to możemy stwierdzić od razu, że *większość gwiazd jest zarówno czerwieńsza, jak i mniejsza od Słońca,* a więc oczywiście również posiada

Nazwa gwiazdy	Odległość w latach światła	Rozmiary i barwa	Siła świetlna w stosunku do Słońca
Słońce	—	Żółta	1
Prox. Centauri	4,27	Czerwona	$^1/_{20\,000}$
α Centaura	4,31	 Obie żółte	$1^1/_8$ i $^1/_3$
München 15040	6,06	Czerwona	$^1/_{2500}$
Wolf 359	8,07	Czerwona	$^1/_{50000}$
Lalande 21185	8,33	Czerwona	$^1/_{200}$
Syriusz	8,65	 Obie białe	26 i $^1/_{400}$
3 bardzo słabe gwiazdy	9 do 10	?,?, czerwona	średnio $^1/_{900}$
τ Wieloryba	10,3	Czerwonawo-żółta	$^1/_8$
Procjon	10,4	 Biała,?	$5^1/_3$ i $^1/_{2000}$
8 słabyc. gwiazd	$10^1/_2$ do $11^1/_2$	Wszystkie czerwone	średnio $^1/_{16}$
Krüger 60	12,7	Obie czerwone	$^1/_{400}$ i $^1/_{1400}$
Gwiazda van Maanena	12,8	Biała	$^1/_{6000}$

mniejszą siłę świetlną. Prawdopodobnie tylko cztery gwiazdy spośród owych 26 przewyższają Słońce rozmiarami, tylko trzy zaś — jaśniejsze składowe układów α Centaura, Syriusza i Procjona — są odeń jaśniejsze.

Zwróćmy uwagę na to, że w całej tej grupie nia ma ani jednego żółtego lub czerwonego olbrzyma. Nie znaczy to bynajmniej, iż sąsiedztwo Słońca odbiega pod tym względem od normy: chodzi po prostu o to, że olbrzymy zdarzają się niezmiernie rzadko, a zatem prawdopodobieństwo napotkania choćby jednego w niewielkiej jakiejś grupie gwiazd jest niezmiernie małe. Jeśliby w pobliżu Słońca istniał rzeczywiście czerwony lub żółty olbrzym, to nie moglibyśmy go narysować w naszej tablicy: przeciętny czerwony olbrzym miałby w tej skali około 4 m średnicy. — Na 26 przytoczonych gwiazd 23 należy na pewno do ciągu głównego, jedna zaś — słaby towarzysz Procjona, jest wątpliwa: może to być biały karzeł. Dwie pozostałe, słaby towarzysz Syriusza i gwiazda van Maanena, są na pewno białymi karłami. Próbka nasza świadczy zatem o tym, że znaczna większość gwiazd należy istotnie do ciągu głównego.

Owych 26 gwiazd zamienia swą materię w promieniowanie z różnymi prędkościami, większość wszakże powolniej, niż czyni to Słońce; jedynie trzy, po jednej w układach α Centaura, Syriusza i Procjona, są bardziej odeń rozrzutne, lecz mają przy tym większy zapas materii do trwonienia. Obecny zasób atomów na Słońcu wystarczyłby, przy dzisiejszej prędkości ich zużywania, na *15 bilionów lat;* na długo jednak przedtem, nim Słońce zapas ten wyczerpie całkowicie, osiągnie ono stan, w jakim znajdują się gwiazdy mniejsze i słabsze, i unicestwiać będzie swą materię o wiele powolniej niż obecnie.



W. H. Steavenson, Pretoria

Droga Mleczna — I

Tablica ta przedstawia najbardziej ku południowi wysuniętą część Drogi Mlecznej, od Centaura (u góry), do Okrętu (u dołu). Dwie jasne gwiazdy u góry są to α i β Centaura. Pod nimi widać „Worek węgla" (str. 101, 175). Na prawo odeń znajduje się Krzyż Południowy, a niżej — mgławica, otaczając η Okrętu. O ćwierć wysokości tablicy ku dołowi, blisko prawego brzegu leży gromada kulista ω Centaura.

Obserwatorium na Mount Wilson

Mgławice w Orionie

„Koński łeb" na południe od Oriona — „dym naszego miasta gwiazdowego, oświetlony latarniami tegoż" (p. str. 117).

Mając to na względzie, należy uważać za rzecz prawdopodobną, iż większości gwiazd przypadnie w udziale *żywot trwający setki bilionów lat,* nim ostatecznie ogarnie je ciemność. Niezależnie od tego, czy ocena ta okaże się dokładną, czy nie, rzeczą pewną jest, iż życie ludzkie jest zupełną nicością, jeśli je mierzyć w astronomicznej skali czasowej. Mówiliśmy poprzednio, że Ziemia jest tylko pyłkiem w przestrzeni Wszechświata; widzimy teraz, iż *życie nasze, a nawet cała historia ludzkości — to jeden błysk w czasie.*

ROZDZIAŁ VI

DROGA MLECZNA

GDY w rozdziale I opisywaliśmy oblicze nieba, gwiazdy były dla nas po prostu dalekim tłem, złożonym ze świetlnych punkcików. Owo tło umożliwiało nam ustalenie kierunków i zorientowanie się w przestrzeni, przy czym bliskie ciała niebieskie, jak planety i inne składniki rodziny słonecznej, wyróżniały się odeń dzięki swemu szybkiemu ruchowi.

W dalszym ciągu zajęliśmy się zbadaniem, czym są w rzeczywistości gwiazdy i rozpatrzyliśmy rozmaite ich cechy fizyczne. Między innymi przekonaliśmy się, że różnią się one bardzo pomiędzy sobą pod względem siły świetlnej: niektóre są tysiące razy jaśniejsze od naszego Słońca, inne świecą tysiące razy odeń słabiej. Jeżeli porównać Słońce ze zwykłą świecą, to niektóre gwiazdy będą przypominały reflektory, inne, na przeciwnym końcu skali, — robaczki świętojańskie.

O tym, że siła świetlna gwiazd zawarta jest w tak szerokich granicach, dowiedziano się dopiero niezbyt dawno. Przez długi czas przypuszczano, że wszystkie gwiazdy posiadają mniej więcej jednakową jasność prawdziwą, — jakby szereg latarni ulicznych, — tak iż jeśli jakaś gwiazda wydaje się bardzo słabą, wynika to po prostu z wielkiego oddalenia, w jakim się znajduje. W r. 1761 astronom Lambert dowodził, że ponieważ wszystkie

gwiazdy zostały stworzone w tym samym celu, nie ma powodu, dla którego niektóre z nich miałyby być obdarzone mniejszą jasnością niż pozostałe; jeśli wydają się na pozór słabsze, znaczy to jedynie, że są bardziej odległe. Otóż widzieliśmy już poprzednio, jak dalece fałszywym było to przypuszczenie.

Sondowanie Wszechświata

Gdyby Lambert miał słuszność, gdyby więc wszystkie gwiazdy miały jednakową jasność rzeczywistą, jak szereg latarni ulicznych, to astronomia byłaby nauką o wiele prostszą, niż jest w rzeczywistości. Można by wówczas wyznaczyć natychmiast odległości gwiazdy z jej jasności pozornej i „wysondować" w ten sposób cały Wszechświat, gwiazdę po gwieździe. W istotnym stanie rzeczy jednak, słaba jakaś gwiazda, którą obserwujemy, może być niezmiernie odległym „reflektorem", albo też bardzo bliskim „robaczkiem świętojańskim". Trudno powiedzieć co jest prawdą; rozstrzygnąć może o tym jedynie pomiar odległości.

Widzieliśmy już, w jaki sposób mierzy się odległości niektórych gwiazd zwykłą „metodą geodetów", wyznaczając zmianę ich położeń w sferze niebieskiej, spowodowaną naszym ruchem w przestrzeni. Metoda ta jednak daje się zastosować do niewielu tylko najbliższych gwiazd. Najdalsza podróż, jaką pozwala nam odbyć Przyroda, to 300 milionów kilometrów, dzielących dane położenie Ziemi w jej drodze dokoła Słońca od położenia, zajmowanego w sześć miesięcy później po przeciwległej stronie Słońca. Większość gwiazd jest tak odległa, że nawet tak daleka podróż nie powoduje dostrzegalnych zmian kierunków,

Biblioteka Narodowa Zbiory Generalne

w jakich widzimy je na sklepieniu niebieskim. Stoimy tu przed zagadnieniem mierzenia odległości przedmiotów wyłącznie przy pomocy obserwacyj, bez możności poruszania się. Jakże więc zabrać się do tego?

Mówiliśmy już, jak można by to wykonać, gdybyśmy mieli do czynienia z szeregiem lamp ulicznych, jeżeli tylko byłoby wiadomo, że posiadają one wszystkie jednakową siłę świetlną. Tę samą metodę stosujemy do gwiazd. W ogólności mają one bardzo różne jasności prawdziwe, w ostatnich czasach wykryto jednak, że *niektóre klasy gwiazd,* dające się bez trudu utożsamić, *posiadają jednakowe, wzorcowe niejako, jasności rzeczywiste* Skoro tylko znamy siłę świetlną jednej z nich, znamy ją dla wszystkich innych i możemy już zastosować metodę „latarni ulicznych" do oceny ich odległości: im słabsza pozornie jest gwiazda, tym bardziej jest od nas oddalona. Innymi słowy i nawet ściślej: dana *gwiazda jest tak odległa, na jaką wygląda.*

„Metoda latarni" zawiodłaby oczywiście, jeśliby w przestrzeni rozpościerała się, na kształt mgły, jakaś materia, przyćmiewająca światło, które przebiegło pewną odległość. W mglistą noc można dostrzec tylko kilka najbliższych latarni i nie wolno byłoby nam sądzić o ich odległości na podstawie pozornego blasku: najsłabsze z nich nie są tak daleko, jak moglibyśmy przypuszczać, gdybyśmy nie wiedzieli, iż patrzymy na nie przez mgłę. Otóż dokładne badania zdają się dowodzić, *że, z wyjątkiem pewnych specjalnych kierunków, taka „mgła kosmiczna" nie istnieje.* W różnych miejscach na niebie znajdujemy szereg wyraźnie zaznaczonych *plam ciemnych,* gdzie nie widać wcale gwiazd, albo też można dostrzec niewiele takich, których blask świadczy o tym, że są one całkiem bliskie.

Wybitnym przykładem tego jest czarna plama, zwana *„Workiem węgla"*, widoczna na tablicy XXIX w pobliżu środka. Plamy te mają wygląd ziejących otworów i za nie też były często uważane: przypuszczano, że są to *„dziury"* w układzie gwiazdowym — rodzaj tuneli, sięgających od jego granic aż do Ziemi. Niewątpliwie jednak zawsze musiało wydawać się rzeczą dziwną, że istnieje a ż t y l e tuneli, skierowanych w stronę naszej maleńkiej Ziemi; dzisiaj wiemy, że puste owe przestrzenie nie są wcale tunelami, lecz stosunkowo bliskimi *chmurami materii ciemnej*, która zasłania nam widok dalej położonych gwiazd.

Można się o tym przekonać, poprostu przyjrzawszy się nowoczesnym fotografiom nieba. Tak np. ciemna plama w kształcie głowy końskiej na tabl. XXX nie mogłaby być oczywiście uważana za „tunel" poprzez układ gwiazdowy, — widać od razu, iż musi to być rodzaj przeszkody, czy zasłony.

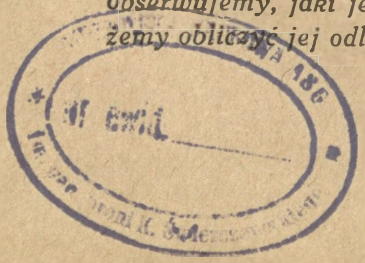
Jeśli pominąć niektóre obszary, gdzie występuje materia ciemna wspomnianego typu, to przestrzeń kosmiczna wydaje się zupełnie przezroczystą. Światło gwiazd wędruje w niej swobodnie, bez przeszkód, i słabnie jedynie wskutek rosnącej odległości. Wynika stąd, iż dla każdej specjalnej klasy gwiazd, posiadających jednakową siłę świetlną, stosuje się ściśle twierdzenie, iż gwiazda jest tak odległa, na jaką wygląda. Najbardziej interesującym typem gwiazd tego rodzaju są gwiazdy zmienne, zwane „cefeidami".

Cefeidy

Blask większości gwiazd jest zupełnie stały i niezmienny w czasie; istnieją wszakże gwiazdy wyjątkowe, których jasność nieustannie to wzmaga się, to maleje, i znów wzrasta z powrotem jak gdyby ktoś wciąż to otwierał szerzej, to

przymykał kurek lampy gazowej. Od dawna już spostrzeżono, że blask gwiazdy δ Cefeusza zmienia się w sposób szczególny — jakby kurek ów był przymykany powoli i stopniowo, a potem otwierany nagle; cykl tych zmian powtarza się z nadzwyczajną regularnością co $5^1/_3$ dnia. Odległa chmura gwiazdowa, tzw. *Mały Obłok Magellana* (p. tabl. XXXI), zawiera znaczną liczbę gwiazd zupełnie podobnych do opisanej; jak się okazuje, wszystkie one posiadają jednakową jasność pozorną. Ponieważ zaś zwykle znajdują się w tej samej odległości od nas, — muszą posiadać jednakową prawdziwą siłę świetlną. Z drugiej strony, znane są inne gwiazdy dokładnie tego samego typu, tak bliskie nas, że odległości ich można wyznaczyć zwykłą „metodą geodetów; stąd oczywiście możemy natychmiast obliczyć ich jasności rzeczywiste. Okazuje się znowu, że te ostatnie są dla wszystkich gwiazd danego typu jednakowe. Reasumując, możemy powiedzieć, iż *każda gwiazda, która zachowuje się tak, jak δ Cefeusza, posiada tę samą co ta ostatnia jasność rzeczywistą.*

Niektóre inne gwiazdy okazują charakterystyczne zmiany blasku o tym samym typie ogólnym — stopniowe przygasanie, po którym następuje szybki wzrost jasności, — lecz okresy zmienności ich są różne od owych $5^1/_3$ dni δ Cefeusza. Gwiazdy te obejmujemy nazwą *zmiennych typu „cefeid"*. Wszystkie cefeidy, posiadające jednakowy okres zmienności, mają jednakową jasność rzeczywistą, którą wyznaczamy, jak poprzednio, obliczając siłę świetlną jednej z dostatecznie bliskich gwiazd tego typu. A zatem *możemy znaleźć rzeczywistą siłę świetlną każdej danej cefeidy, skoro tylko zaobserwujemy, jaki jest okres zmian jej blasku,* a stąd *możemy obliczyć jej odległość* z jasności pozornej. Gwiazdy te



są jakby latarniami morskimi na oceanie przestworza. Poznajemy je od razu i bez wahania po charakterystycznej zmienności blasku, znając zaś ich siłę świetlną, możemy natychmiast wyznaczyć odległość.

Daje nam to niezmiernie cenną metodę *„sondowania przestrzeni"*, a przynajmniej tych jej części, w których możemy stwierdzić istnienie cefeid. Wkrótce po odkryciu tej metody, Shapley, obecnie dyrektor obserwatorium Harvarda, zastosował ją do mierzenia odległości pewnych *gromad gwiazdowych, tzw. „kulistych"*, z których każda zawiera setki tysięcy gwiazd.

Gromady kuliste

Wyobraźmy sobie rój pszczół na otwartym powietrzu, mający właśnie gdzieś osiąść. Składa się on z kulistej masy środkowej, wokół której unosi się ogromna ilość pszczół, stanowiąca jakby atmosferę, otaczającą rój główny. Jeśli zamiast pszczół weźmiemy gwiazdy, będziemy tu mieli doskonały obraz wyglądu tzw. *„gromady kulistej"* — okrągłego zbiorowiska gwiazd, skupionych najgęściej w środku, bardziej zaś rozproszonych ku brzegom. Typową taką gromadę przedstawia tabl. XXXII.

Znamy około setki gromad kulistych; od jakichś stu lat nie zanotowano nowych odkryć, można więc przypuszczać, że nie ma już tu nic do odkrywania, że znamy je wszystkie. Większość z nich są to bardzo niepozorne obiekty niebieskie; zaledwie pięć czy sześć dostrzec można gołym okiem.

Wszystkie gromady kuliste zawierają liczne cefeidy, co umożliwia dość dokładne wyznaczenie ich odległości od nas. Wyniki tych badań są nieoczekiwane: najbliższa nawet gromada kulista jest tak odległa, że światło biegnie od niej

do Ziemi 18 400 lat. Nie widzimy jej takiej, jaką jest obecnie, ani też tam, gdzie *obecnie* się znajduje — widzimy ją tam, gdzie była, i jaką była, 18 400 lat temu — na długo przed tym, nim na Ziemi pojawiła się cywilizacja. Widzimy ją w świetle, które rozpoczęło swą długą ku nam wędrówkę wówczas, gdy Ziemię pokrywały jeszcze lasy dziewicze, pełne dzikiego zwierza, gdy nie znana była uprawa roli, a człowiek zdobywał sobie pożywienie przy pomocy najprymitywniejszego myśliwstwa i rybołówstwa. W ciągu czasu, jaki zużyło światło na przebycie przestrzeni, dzielącej ową gromadę od nas, mieszczą się całe historyczne dzieje ludzkości; 600 pokoleń narodziło się, żyło i umarło, wznosiły się i upadały mocarstwa — i cały ten czas potrzebny był na to, by dotarło do nas światło tej *najbliższej* gromady kulistej, światło, biegnące z prędkością 18 milionów kilometrów na minutę. Gromada owa zawiera setki tysięcy gwiazd, wśród których wiele jest daleko jaśniejszych od Słońca, a jednak wskutek ogromnej odległości blask jej jest tak słaby, że ledwo można ją dostrzec okiem nie uzbrojonym.

Jeśliby wśród mieszkańców tej gromady byli astronomowie, którzy badaliby naszą Ziemię tak, jak my badamy ich świat, to roczna droga Ziemi dokoła Słońca miałaby dla nich rozmiary *główki od szpilki,* widzianej z odległości *600 kilometrów.* Widać stąd jasno, jak dalece bezużyteczną przy tak wielkich odległościach okazuje się dawna „metoda geodetów" mierzenia odległości gwiazd. Dla istot, mogących jedynie pełzać po powierzchni główki od szpilki, przedmioty odległe o 600 km nie zmieniają niewątpliwie swego położenia w sposób poddający się pomiarom.

Shapley znalazł następnie, że *najdalsza* gromada kulista jest mniej więcej 10 razy bardziej odległa od naj-

Obserwatorium w Arequipie

Mały obłok Magellana

Ogromna ta chmura gwiazdowa leży w gwiazdozbiorze Tukana, niedaleko od bieguna południowego, a za tym nie może być dostrzeżona w Europie. Rozmiary jej są tak wielkie, że światło przebiegające 300 000 kilometrów na sekundę, wędruje 6000 lat od jednego jej końca do drugiego; by dobiec zaś od tego zbiorowiska gwiazd do nas, zużywa 95 000 lat. Zawiera ono conajmniej 500 000 gwiazd jaśniejszych od Syriusza, jako też olbrzymią liczbę słabszych, a jednak pomimo tego wskutek ogromnej odległości, otrzymujemy odeń zaledwie dwudziestą piątą część tej ilości światła, jaką daje nam Syriusz. W pobliżu lewego brzegu tablicy widać dwie gromady kuliste. U samej góry znajduje się 47 Tukana, jedna z najbliższych i najjaśniejszych gromad kulistych; odległość jej wynosi około jednej piątej odległości Obłoku Magellana (p.str.104)

TABLICA XXXII

Dominialne Obserwatorium Astrofizyczne, Victoria, B. C.

Gromada kulista M 13 w Herkulesie

Jest to najpiękniejsza z gromad kulistych na północnej półkuli nieba; na południowej znane są gromady jeszcze bogatsze. Odległość jej wynosi 33 000 lat światła. Jakkolwiek wysyła ona w rzeczywistości $2^1/_2$ miliona razy więcej światła niż Słońce, jest ledwo dostrzegalna dla oka nieuzbrojonego.

bliższej: gdy światło tej ostatniej biegnie ku nam 18 400 lat, światło najdalszej potrzebuje na przebycie drogi do Ziemi 185 500 lat. Shapley zmierzył również odległość wszystkich gromad pozostałych i wyznaczył ich położenia w przestrzeni. Ogólne rozmieszczenie ich przypomina nieco rozmieszczenie rodzynków w zwykłym placku z rodzynkami; innymi słowy, są one względnie równomiernie rozłożone w obszarze o kształcie placka, tj. o przekroju kołowym i grubości mniejszej, niż odległość i szerokość.

Wydaje się rzeczą prawdopodobną, jakkolwiek nie jest to jeszcze zupełnie pewne, że wyznaczając w ten sposób położenia gromad kulistych, Shapley rozwiązał zagadnienie o większym znaczeniu, niż przypuszczano podówczas: *problemat rozmieszczenia gwiazd w przestrzeni.*

Człowiek pierwotny sądził prawdopodobnie, kierując się po prostu instynktem, że gwiazdy ciągną się w głąb nieba bez końca. Jest to przypuszczenie najprostsze i z wielu względów najbardziej naturalne; liczne rozważania wskazują jednak, że nie odpowiada ono rzeczywistości. By przytoczyć tylko jedno z nich, zwróćmy uwagę na to, iż gdyby gwiazdy rozciągały się w nieskończoność, ugrupowane w podobny sposób, jak w sąsiedztwie Słońca, to spoglądając na niebo w dowolnym kierunku, musielibyśmy nieuchronnie trafić na jakąś gwiazdę: całe niebo świeciłoby jednostajnym, oślepiającym blaskiem, podobnie jak podczas zamieci całe niebo wydaje się jedną nieprzerwaną oponą śnieżną. Stąd, że większa część nieba nocnego jest zupełnie ciemna, możemy się upewnić, iż gwiazdy nie ciągną się w nieskończoność; po przebyciu pewnej odległości w przestrzeni stwierdzilibyśmy, że zaczynają one rzednąć, a w końcu nikną zupełnie. Poza wspomnianymi już obszarami, gdzie smugi materii ciemnej przesłaniają światło

gwiazd dalej położonych, niebo wydaje się czarnym jedynie tam, gdzie przeniknęliśmy wzrokiem cały układ gwiazdowy na wskroś aż do pustej przestrzeni, rozciągającej się poza jego granicami.

Droga Mleczna

Jednakże nie cała powierzchnia nieba nocnego jest czarna. W pogodną noc bezksiężycową widać ogromny łuk słabego perłowego światła, rozpościerający się na sklepieniu niebieskim od horyzontu do horyzontu. O tym, jak ciągnie się on dalej pod widnokręgiem możemy się przekonać, podróżując na południową półkulę; okazuje się, że dwa końce łuku łączą się na niebie południowym, tak iż tworzy on wielki pierścień świetlny, otaczający całe niebo — świetlisty pas, opasujący Wszechświat. We wszystkich prawie językach nosi on tę samą nazwę — *Drogi Mlecznej*.

Nie tylko dla ludów pierwotnych, lecz i dla dawnych astronomów, natura tego świetlistego pasa była zagadką. Meksykanie nazywali go bardzo poetycznie „białą siostrzyczką różnobarwnej tęczy"; stanowił on u wszystkich niemal ludów przedmiot niezliczonych legend. Jedną z nich ilustruje obraz Tintoretta (p. tabl. tytułowa). Wreszcie, gdy w r. 1609 Galileusz skierował na Drogę Mleczną swą świeżo zbudowaną lunetkę, zagadka rozwiała się w mgnieniu oka. Droga Mleczna okazała się po prostu chmurą drobnych gwiazdek, rozsianych jak delikatny srebrzysty pył na aksamitnym tle nieba (p. tabl. XXIX i XXXIII). Nawet w samej Drodze Mlecznej większą część powierzchni nieba jest zupełnie ciemna, gwiazdy zaś odcinają się jako oddzielne punkciki świetlne od ciemnego tła.

Jeśli pominąć miejsca, gdzie występują chmury materii

ciemnej, czarność ta dowodzi, że patrzymy na wskroś poprzez cały układ gwiazdowy w przestrzeń próżną, rozciągającą się poza nim, tak iż nawet w kierunku drogi Mlecznej znajdujemy wreszcie kres układu gwiazdowego; jednakże w kierunku tym widać o wiele więcej gwiazd, niż w jakimkolwiek innym, wydają się też tutaj słabsze, co nasuwa myśl o większej odległości. Najwidoczniej w tym kierunku musimy posunąć się o wiele dalej, aniżeli w dowolnym innym, zanim dojdziemy do krańców układu gwiazdowego.

„Koło gwiazdowe"

William Herschel wysnuł ten wniosek już przeszło 120 lat temu. Wyobrażał on sobie, że gwiazdy są rozmieszczone w obszarze, przypominającym olbrzymie *koło od wozu,* przy czym Słońce znajduje się gdzieś w pobliżu „piasty", gwiazdy zaś na „obręczy" tworzą Drogę Mleczną; wydają się one tu słabe dlatego, że są tak odległe. Patrząc w kierunku Drogi Mlecznej, widzimy nie tylko gwiazdy położone na obręczy koła, lecz również zawarte w całej długości „szprych" i dlatego to właśnie występują one tak licznie w pasie Drogi Mlecznej.

Nowsze badania potwierdziły wnioski Williama Herschla pod wieloma względami, z wyjątkiem wszakże jednego: Słońce nie znajduje się w „piaście" owego koła, ani nawet blisko niej, lecz zsunięte jest dość daleko wzdłuż „szprychy" — być może o jakąś ⅓ odległości od środka do obręczy. Wiemy bowiem obecnie, że wielkie to koło gwiazdowe *obraca się* w przestrzeni, lecz nie dokoła Słońca, czy też punktu, położonego w jego pobliżu, lecz *dokoła osi, odległej od nas o 50 000 lat światła.* Oś ta przypada prawie

dokładnie w tym samym kierunku, co środek „placka", zawierającego układ gromad kulistych (str. 109), i w tej samej mniej więcej odległości; zresztą i płaszczyzna „koła", zgodna oczywiście z płaszczyzną Drogi Mlecznej, zlewa się dokładnie z płaszczyzną centralną „placka": połowa gromad kulistych leży po jednej stronie Drogi Mlecznej, druga połowa — po przeciwnej.

Dowodzi to niezbicie, że „koło od wozu" W i l l i a m a H e r s c h l a jest w zasadzie i d e n t y c z n e z okrągłym „plackiem", który miał nam reprezentować rozmieszczenie gromad kulistych: *gwiazdy zajmują ten sam obszar przestrzeni, co gromady* i w dostatecznie dużej odległości od Słońca jedne i drugie kończą się niemal równocześnie. Zachodzi tu tylko jedna różnica: koło, mające przedstawić układ gwiazdowy, jest c i e ń s z e od placka, reprezentującego układy kuliste. Lepiej może zobrazujemy tę sprawę w sposób następujący.

Przekrójmy nasz placek na dwie połowy, górną i dolną, posmarujmy masłem powierzchnie przekroju i złóżmy obie połówki z powrotem; wówczas warstwa masła będzie przedstawiała gwiazdy, rodzynki zaś — gromady kuliste. Słońce samo nie znajduje się, jak to przypuszczał W i l l i a m H e r s c h e l, w pobliżu środka placka; prawda, że tyleż placka jest p o d nim, co n a d nim, tak, iż przypada ono w środku warstwy masła, lecz za to jest zsunięte niemal o połowę odległości od środka ku brzegowi.

Nader „prozaiczny" ten model jest chyba najprostszym ze wszystkich, jakie mógłbym wymyślić, aby uplastycznić rozmieszczenie gwiazd, którego wyrazem jest majestatyczna wspaniałość nieba gwiaździstego. Ażeby od modelu przejść do rzeczywistości, musimy go powiększać, powiększać i jeszcze raz powiększać, dopóki każdy najdrob-

niejszy zakątek przestrzeni nie stanie się obszarem, mierzącym miliony mil w średnicy; każdy rodzynek musimy zastąpić gromadą, złożoną z setek tysięcy gwiazd, warstwę masła — chmurą z wielu milionów gwiazd, cała reszta zaś musi rozwiać się bez śladu w aksamitnej czarności pustej przestrzeni, lub, co najwyżej, może zamienić się w zbiór z rzadka rozsianych samotnych atomów, ich odłamków, oraz chmur pyłu kosmicznego. Jeśli zmusimy naszą wyobraźnię do wykonania tych przemian, to wynik ich nie będzie już bynajmniej czymś prozaicznym: będzie on dla nas kluczem do pojęcia najpotężniejszego widoku, jaki danym jest podziwiać wzrokowi ludzkiemu; pozwoli nam on spoglądać na wspaniałą panoramę niebios z lepszym zrozumieniem jej istotnego znaczenia.

Niebo nocne

Lecz nawet wówczas nie możemy się spodziewać, aby c a ł o ś ć budowy układu gwiazdowego ujawniła się oczom naszym, gdy spoglądamy na niebo w noc pogodną. Odległości w przestrzeni są tak olbrzymie, iż nawet gwiazdy, obdarzone największą siłą świetlną, są widoczne dla oka nie uzbrojonego tylko wówczas, gdy znajdują się stosunkowo blisko nas: jeśli światło ich biegnie ku nam dłużej niż 3000 lat, to nie będziemy w stanie dostrzec ich bez pomocy narzędzi optycznych. Otóż najbliższa nawet gromada kulista leży s z e ś ć razy dalej od owej granicy. Wynika stąd zatem, że wszystkie gwiazdy, które możemy widzieć oddzielnie, jako g w i a z d y, mieszczą się w bardzo małym zakątku przestrzeni, otaczającym nasze Słońce — w kawałku naszego „placka", nie o wiele większym od dużego „rodzynka". Jeśliby wszystkie gwiazdy, leżące poza

granicami tego zakątka, zostały nagle unicestwione, to gołym okiem nie zauważylibyśmy zniknięcia ani jednej g w i a z d y.

Zniknęłaby natomiast Droga Mleczna, tworzy ją bowiem łączne światło mnóstwa gwiazd, zbyt odległych, byśmy mogli je widzieć oddzielnie — coś jakby łuna zlewających się świateł dalekiego miasta. Prócz tego, tło nieba pociemniałoby odrobinę, obecnie bowiem całe pokryte jest słabym, prawie niedostrzegalnym mglistym świeceniem, pochodzącym od gwiazd, znowu zbyt odległych, aby je można było widzieć oddzielnie. Innych zmian okiem nie uzbrojonym nie dostrzeglibyśmy wcale; wszystkie gwiazdy, które widzimy jako odrębne punkty świecące, pozostałyby nietknięte — istotnie, są one wszystkie bardzo bliskie nas, jeśli sądzić o odległościach według skali astronomicznej.

Tak więc widok nieba gwiaździstego rozpada się na d w i e wyraźnie odrębne części. Po pierwsze, mamy tu *gwiazdozbiory*, złożone z bardzo bliskich — w skali astronomicznej! — „pierwszoplanowych" gwiazd, widzialnych oddzielnie. Drugą częścią obrazu nieba jest *Droga Mleczna*, stanowiąca tło, utworzone z gwiazd tak odległych, że możemy je obserwować tylko pod postacią tłumnego zbiorowiska. W odległościach p o ś r e d n i c h istnieją miliony gwiazd, których *nie widzimy w ogóle okiem nie uzbrojonym*, gdyż są one zbyt odległe, byśmy je mogli dostrzec jako oddzielne punkty świecące, i zarazem zbyt nieliczne, aby mogły utworzyć pozornie c i ą g ł ą chmurę świetlną; co najwyżej, rozjaśniają one w pewnej nieznacznej mierze ciemne tło sklepienia niebieskiego.

Cały ten układ gwiazdowy, przypominający kształtem koło od wozu, którego „obręczą" jest Droga Mleczna, nosi zwykle nazwę *„Układu Galaktycznego"*.

Liczba gwiazd

Ile gwiazd byłoby na niebie, gdybyśmy mogli widzieć oddzielnie wszystkie gwiazdy układu Galaktycznego? Pytanie to wydaje się na pierwszy rzut oka najprostszym ze wszystkich, jakie może sobie postawić astronom; wystarczy chyba po prostu policzyć gwiazdy widziane w teleskopie. Niestety jednak sprawa jest bardziej zawiła. Im większy teleskop, tym więcej gwiazd przezeń dostrzegamy; największy z dotychczas zbudowanych ukazuje około półtora miliarda gwiazd, — tj. mniej więcej jedną na każdego mieszkańca Ziemi, który przekroczył piąty rok życia. Teleskop jeszcze większy, będący obecnie w budowie, ukaże jednak na pewno o wiele więcej gwiazd, a i wówczas jeszcze nie będziemy mogli spodziewać się, że widzimy wszystkie gwiazdy, nawet w przybliżeniu. Nie, liczenie gwiazd nie doprowadziłoby do celu; istnieje jedna tylko droga do wyznaczenia całkowitej ich liczby, a mianowicie *zważenie ich wszystkich* razem wziętych.

Wygląda to na pozór absurdalnie, że mówimy o ważeniu gwiazd, których nawet nie widzimy, lecz charakteryzuje to dokładnie kierunek badań, prowadzonych w czasach ostatnich nad tym zagadnieniem.

Przez długi czas było rzeczą niejasną, dlaczego układ gwiazdowy zachowuje stale swój kształt dysku lub koła; trudno było zrozumieć, dlaczego przyciąganie gwiazd, zgromadzonych w „piaście" koła nie ściągnie ku środkowi gwiazd położonych na obwodzie, tak aby w końcu utworzyły tam jedno wielkie zbiorowisko. Zagadka ta jest obecnie rozwiązana: koło gwiazdowe zachowuje swą postać po prostu dlatego, że obraca się dokoła swej „piasty". Pod tym względem przypomina ono układ słoneczny, wzię-

ty w olbrzymiej skali. Ten ostatni ma również postać dysku lub okrągłej tarczy i nie ma w tym zgoła żadnej tajemnicy, że zachowuje on stale tę postać — jest to skutkiem ruchu planet dokoła Słońca. Spadłyby one na Słońce natychmiast, gdyby zatrzymały się w swym biegu, chroni je zaś od tego losu właśnie ruch dokoła Słońca. Planety najbliższe gwiazdy dziennej muszą poruszać się najszybciej, gdyż przyciąganie Słońca, z którym muszą walczyć, jest tam najsilniejsze. To samo mamy w przypadku układu gwiazdowego: ruch gwiazd chroni je przed spadkiem ku środkowi. W pobliżu „piasty" przyciąganie jest najsilniejsze, toteż gwiazdy tam położone poruszają się z największymi prędkościami. Słońce, znajdujące się już w pewnej odległości od osi, przebiega jakieś *300 kilometrów na sekundę*, tzn. posiada prędkość około 10 000 razy większą od pociągu błyskawicznego; owa odległość od osi jest jednak tak znaczna, że nawet przy tak wielkiej prędkości *jeden pełny obieg trwa zapewne 200 do 300 milionów lat.*

Liczby te nie są bynajmniej ścisłe; nie wiemy dotychczas dokładnie, jak daleko znajdujemy się od osi, dokoła której się obracamy. O wiele lepiej znamy kierunek, w którym należy szukać tej osi; oczywiście musi on leżeć w Drodze Mlecznej i przypada prawie na pewno w części przedstawionej na tabl. XXXIII — prawdopodobnie gdzieś w pobliżu środka tego zdjęcia.

Otóż środek tego obszaru uchodzi od dawna za najjaśniejszą część Drogi Mlecznej. Zresztą, możnaby z góry oczekiwać tego, że gwiazdy skupiają się najgęściej dokoła „piasty" koła, a w każdym razie największa „głębokość" układu gwiazdowego musi przypadać w kierunku ku osi i ku przeciwległej stronie obwodu, tak iż z natury rzeczy „piasty" szukać należy w jasnych obszarach Drogi Mlecznej.

Najjaśniejszym z nich jest wielka chmura gwiazdowa w Strzelcu. Widzimy ją w pobliżu środka tabl. XXXIII, więcej szczegółów zaś znajdujemy w tabl. XXXIV. Szereg różnorodnych badań upewnia nas nader zgodnie, że *„piasta" wielkiego „koła gwiazdowego" leży gdzieś w tej chmurze lub w jej pobliżu.* Według wszelkiego prawdopodobieństwa leży ona poza ciemną plamą nieprzezroczystej materii, widoczną w prawej połowie fotografii. Jeśli tak jest w rzeczywistości, to nigdy nie ujrzymy samej „osi", dokoła której obraca się „koło gwiazdowe".

Najprościej możemy uzmysłowić sobie ruch gwiazd w ten sposób, że droga każdej z nich zakrzywia się nieustannie ku osi „koła", jak gdyby pod działaniem przyciągania jakiegoś wielkiego słońca centralnego. Najprawdopodobniej wszakże słońce takie nie istnieje; jeślibyśmy mogli przebić wzrokiem owe chmury ciemnej materii, ujrzelibyśmy zapewne po prostu gęste zbiorowisko zwykłych gwiazd. Jest rzeczą najbardziej prawdopodobną, że gwiazdy przytrzymują się wzajemnie dzięki wywieranym przez się działaniom grawitacyjnym, podobnie jak składniki układów podwójnych, nie są zaś bynajmniej rządzone przez przyciąganie jakiejś jednej olbrzymiej bryły.

Znając prędkości, z jakimi poruszają się gwiazdy dokoła „osi", możemy „zważyć" układ gwiazdowy, tak samo, jak ważymy Słońce, wiedząc, jak planety poruszają się dokoła niego. Każda gwiazda podlega przyciąganiu nie tylko gwiazd, znajdujących się w „piaście", lecz wszystkich gwiazd całego układu, toteż możemy znaleźć masę nie tylko „piasty", lecz całego „koła". Wiedząc poza tym, że przeciętna gwiazda posiada masę taką, jak Słońce, lub może nieco mniejszą, możemy obliczyć, ile gwiazd zawiera się w całym „kole gwiazdowym".

Nie potrzeba chyba podkreślać, że liczby tej nie znamy bardzo ściśle. Prawie na pewno *przekracza ona 100 miliardów;* tzn., na każdą istotę ludzką przypada prawie na pewno przeszło 50 gwiazd. Może ich zresztą być dwa, trzy, a nawet pięć razy tyle.

Nie jest rzeczą łatwą uprzytomnić sobie znaczenie tak wielkich liczb. Zapytajmy przede wszystkim, ile gwiazd można widzieć w noc pogodną, o czystym powietrzu, bez pomocy teleskopu — okiem nieuzbrojonym? Na pierwszy rzut oka wydaje się, że jest ich wielkie mnóstwo i większość ludzi, na zapytanie, ile też według ich mniemania może być tych gwiazd, odpowie: „sto tysięcy", lub „dwadzieścia milionów"; albo też poda inną jakąś liczbę tego rzędu. Otóż w rzeczywistości najbystrzejszy nawet wzrok może dostrzec tylko około *3000 gwiazd* — mniej więcej tyle ile wynosi liczba liter na dwóch stronicach tej książki.

Wyobraźmy sobie teraz, że każda z tych trzech tysięcy gwiazd „rozmnaża się" w całe nowe niebo gwiaździste. Lecz i ten wyczyn wyobraźni daje nam dopiero 9 milionów gwiazd, tzn. maleńki ułamek ogólnej ilości gwiazd na niebie; odpowiada to mniej więcej liczbie liter w czterdziestu książkach tych rozmiarów, co niniejsza. By wyobrazić sobie całkowitą liczbę gwiazd układu Drogi Mlecznej, musielibyśmy wziąć pod uwagę wielką bibliotekę, złożoną przynajmniej z pół miliona tomów, takich jak ten; liczba liter na wszystkich stronicach wszystkich książek tej biblioteki byłaby w przybliżeniu równa liczbie gwiazd na niebie. Czytając z szybkością jednej stronicy na minutę przez osiem godzin dziennie, zużylibyśmy 700 lat na przewertowanie tej biblioteki; podobnie, jeślibyśmy liczyli gwiazdy z szybkością 1500 na minutę — 25 na sekundę, — minęłoby 700 lat, zanim praca nasza dobiegłaby końca. Ziemia nasza jest

maleńkim „dodatkiem" do jednej, i to dość niepokaźnej, gwiazdy tego olbrzymiego zbioru. Znaczy ona mniej — *o wiele* mniej — niż kropka nad „i" w naszej bibliotece z pół miliona tomów; raczej można by ją porównać do mikroskopijnego pyłku, znajdującego się gdzieś pomiędzy stronicami. A mieszkańcy tego pyłku sądzili, jeszcze 300 lat temu, że jest on środkiem Wszechświata i że wszystkie inne gwiazdy krążą dokoła niego, — ba, że zostały stworzone tylko w tym celu, by krążyć dokoła niego i rzucać nań nieco światła w braku Słońca i Księżyca. Zaczynamy teraz pojmować, jak znikomym pyłkiem w przestrzeni jest nasza siedziba; a przecież, jak zobaczymy w następnym rozdziale, jest to zaledwie początek całej sprawy.

ROZDZIAŁ VII

W GŁĘBINACH PRZESTRZENI

WSPOMINALIŚMY już o tym, że w czasach, gdy astronomia stawiała dopiero pierwsze kroki, wydawało się rzeczą naturalną, iż gwiazdy ciągną się w głąb przestrzeni w nieskończoność. Tak i dziecko, urodzone i wychowane w mieście, wyobraża sobie, że latarnie uliczne ciągną się wciąż dalej i dalej, bez końca. Obecnie wiemy wszakże, iż, zagłębiwszy się dość daleko w przestrzeń, dotarlibyśmy do obszarów, gdzie gwiazdy stają się coraz rzadsze, a w końcu *nie ma ich wcale; są to obszary poza granicami Drogi Mlecznej.* Gwiazdy — to jakby latarnie wielkiego miasta; lecz żadne miasto, choćby największe, nie rozciąga się w nieskończoność i jeśli posuniemy się dostatecznie daleko, znajdziemy się poza miastem, w otwartym — ciemnym — polu.

Lecz na tym sprawa się nie kończy. Wiemy obecnie, że płaski układ gwiazdowy, ograniczony pasem Drogi Mlecznej, nie jest j e d y n y m układem gwiazdowym we Wszechświecie. Daleko poza granicami Drogi Mlecznej istnieją i n n e „miasta", z których każde posiada swe „latarnie". Ciemne, puste pole, otaczające nasze własne „miasto", nie oznacza bynajmniej końca wszystkiego: przebywszy w nim drogę dostatecznie daleką dotrzemy w końcu do innego „miasta", którego latarniami są gwiazdy, po-

W. H. Steavenson, Pretoria

Droga Mleczna — II

Fotografia ta przedstawia najjaśniejsze i najszersze części Drogi Mlecznej między Antinousem i Niedźwiadkiem. Szczegóły budowy części środkowej znajdujemy na tabl. XXXIV.

TABLICA XXXIV

E. E. Barnard, Obserwatorium Yerkesa

Droga Mleczna w Strzelcu

Tablica ta przedstawia szczegóły budowy środkowej części fotografii z tablicy XXXIII. Na lewo i w środku widzimy wielką chmurę gwiazdową w Strzelcu, najjaśniejszą część Drogi Mlecznej. Ciemna plama z prawej strony (w większej rozciągłości uwidoczniona na tabl. XXXIII) zasłania prawdopodobnie „oś" układu Galaktycznego.

dobne do tych, jakie otaczają nasze Słońce. Na czymże jednak opieramy to twierdzenie?

Z okrętu, znajdującego się w znacznej odległości od brzegu, nie odróżniamy świateł portowego miasta w postaci oddzielnych świetlnych punkcików, lecz wszystkie one zlewają się z sobą w rodzaj mglistej chmurki świetlnej. Później, gdy zbliżamy się bardziej do lądu, zaczynamy odróżniać pojedyńcze światła, naprzód najjaśniejsze, potem coraz to słabsze.

Coś podobnego zdarzyło się z odległymi „miastami" gwiazdowymi. Wprawdzie nie ma tu mowy o rzeczywistym zbliżeniu się do nich, lecz nieustannie rosnąca siła teleskopów niejako zbliżyła je do nas, tak iż właśnie w latach ostatnich poczęliśmy odróżniać oddzielne pojedyńcze ich „światła", przekonywując się w ten sposób, że są one *zbiorowiskami gwiazd*, podobnymi do naszego układu Galaktycznego. Na długo jednak przedtem, zanim natura ich została ustalona z całą pewnością, wypowiadano analogiczne poglądy w charakterze hipotez. Tak np. w r. 1755 filozof Kant opisał je jako „układy złożone z wielu gwiazd, widocznych na niebie, wskutek wielkiej odległości, na tak małym obszarze, że światło ich, niedostrzegalne oddzielnie, dochodzi do nas, dzięki olbrzymiej ich liczbie, w postaci jednostajnego, mglistego świecenia".

Z powodu wyglądu, przypominającego słabo świecące mgliste obłoczki, nadano tworom tym nazwę *„mgławic"*. Nie wszystkie mgławice są zbiorowiskiem gwiazd: prawdziwe mgławice dzielą się na *dwa odrębne typy*, które można rozróżnić na podstawie ich kształtu. Do pierwszego typu należą mgławice o kształtach *prawidłowych*, przynajmniej w przybliżeniu; do drugiego — mgławice całkowicie *nieregularne*. Te ostatnie przedstawiają przy obserwacji

teleskopowej o wiele ciekawszy widok, — lecz tylko dlatego, że są bliższe nas — podobnie jak Księżyc wywiera o wiele większe wrażenie, niż np. Beteigeuze. Wygląd tych mgławic przypomina w ogóle snujące się w powietrzu smugi i obłoki dymu, podobne do tych, które powstają przy pożarze domu lub stogu siana. I rzeczywiście, są one jakby „dymem" naszego „miasta gwiazdowego", oświetlonym naszymi własnymi „latarniami"; są to *smugi i chmury pyłu oraz świecącego gazu,* ciągnące się od gwiazdy do gwiazdy *wewnątrz naszego układu Galaktycznego* i tworzące jasne i ciemne plamy na tle sklepienia niebieskiego tak, jak dym i płomień zwykłego ogniska.

Dwa przykłady tego typu mgławic, oba wzięte z gwiazdozbioru Oriona, mieliśmy już na tablicach XXXVII i XXX. Inną mgławicę, z konstelacji Łabędzia, przedstawia tabl. XXXV.

Wielkie mgławice

Typ drugi, mgławice o kształtach regularnych, są to *odległe zbiorowiska gwiazd.* Dzielą je od nas odległości tak olbrzymie, że nawet w potężnych teleskopach wydają się dziwnie słabe przy obserwacji bezpośredniej: nikłe ich światło nie działa już prawie na nasz wzrok. Astronom Marius wyraził się o najjaśniejszej z nich, Wielkiej mgławicy w Andromedzie (tabl. XXXV), że wygląda ona jak „płomyk świecy, widziany przez płytkę rogową".

Jedynie metoda fotograficzna, przy zastosowaniu wielogodzinnych naświetleń, pozwala zbadać bliżej naturę tych mgławic; z mglistej poświaty zaczynają się wówczas wyłaniać oddzielne punkciki świetlne (tabl. XXXVII). Że są to gwiazdy, wiemy stąd, iż znajdujemy wśród nich

liczne cefeidy, okazujące dokładnie te same charakterystyczne, dobrze znane zmiany blasku, co zmienne tego typu, znajdujące się w bliskim naszym sąsiedztwie. Nader szczęśliwa to okoliczność, wiemy już bowiem, że można określić odległość każdej cefeidy na podstawie jej jasności pozornej. Wszystkie cefeidy w mgławicach są bardzo słabe, że zaś należą one do gwiazd o bardzo wielkiej prawdziwej sile świetlnej, wynika stąd, iż odległości mgławic muszą być olbrzymie.

Zaiste, trzeba by użyć dość długiej miarki do zmierzenia tej odległości. Światło przebiega 18 milionów kilometrów na minutę, a więc około 9½ bilionów km w ciągu roku; tę ostatnią odległość astronomowie obierają często za jednostkę długości, nadając jej nazwę *„roku światła"*. Podobnie w życiu codziennym mówimy nieraz, że pewna odległość wynosi np. „pół godziny" — znaczy to, że odległość tę przejść można zwykłym krokiem w ciągu pół godziny.

Najbliższe układy gwiazdowe

Mówiliśmy, że światło od najbliższej gromady kulistej biegnie do nas 18 400 lat, czyli innymi słowy, że gwiazda ta znajduje się w odległości 18 400 „lat światła". Natomiast *najbliższa wielka mgławica,* M 33 * w gwiazdozbiorze Trójkąta (tabl. XXXVIII), *leży w odległości około 850 000* lat światła, tzn. przeszło 40 razy dalej od najbliższej gromady.

Światło, które w danej chwili otrzymujemy od gromad kulistych, rozpoczęło swą wędrówkę zanim na Ziemi pojawiła się cywilizacja; lecz światło najbliższej nawet mgła-

* M 33 oznacza Nr 33 w katalogu astronoma Messiera.

wicy opuściło ją jeszcze *przed pojawieniem się ludzkości w ogóle*. Gdyby pierwszy człowiek na Ziemi zbudował był radiową stację nadawczą i wysłał sygnał, wołający wszystkie inne stacje w przestrzeni, aby stwierdzić, czy istnieją na innych światach istoty rozumne, to sygnał ten nie dotarłby dotychczas do najbliższej mgławicy.

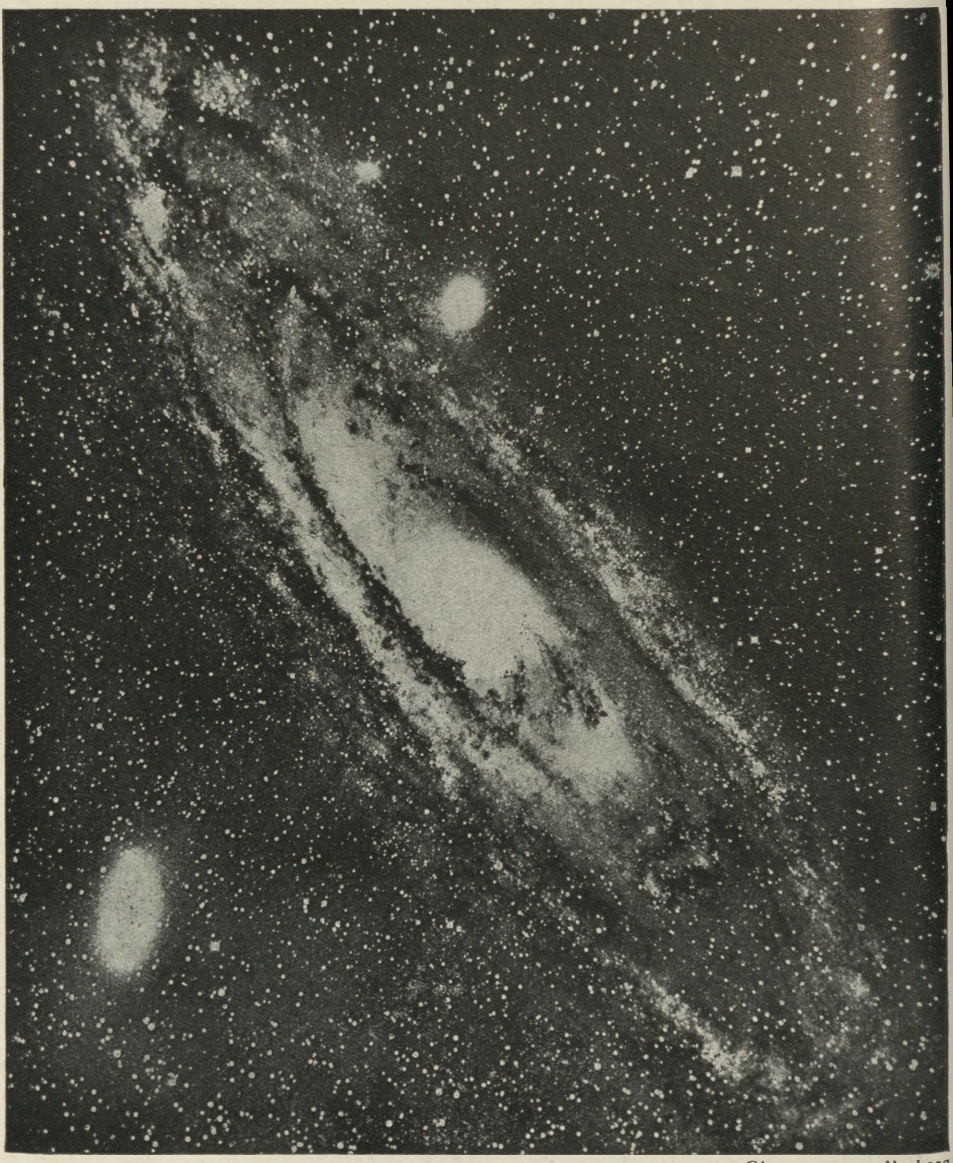
Najdalsza gromada kulista znajduje się przeszło 4 razy bliżej, niż najbliższa mgławica; po przekroczeniu granic układu gromad kulistych, musielibyśmy posunąć się jeszcze cztery razy dalej, zanim napotkalibyśmy mgławice. Ponieważ zaś gromady kuliste wytyczają granice Drogi Mlecznej, znaczy to, że *mgławice leżą całkowicie poza obrębem tej ostatniej*. Jeśliby Londyn przedstawiał nasz układ gwiazdowy, to najbliższy układ sąsiedni leżałby gdzieś w okolicy Cambridge; miasta te dzieli przecież duży obszar wolnej przestrzeni.

Drugie w kolei rosnącego oddalenia „miasto" gwiazdowe znajduje się w odległości niewiele większej, mianowicie 900 000 lat światła. Jeśli Cambridge ma przedstawiać najbliższy nam układ gwiazdowy, to układ wspomniany przed chwilą mógłby być reprezentowany przez Oxford. Jest to sławna Wielka mgławica w Andromedzie (tabl. XXXVI, XXXVII i XLII), najlepiej zbadane odległe „miasto" gwiazdowe i jedyne wyraźnie dostrzegalne okiem nie uzbrojonym. Leży ona prawie dokładnie na północ od gwiazdy β Andromedy (p. mapkę nieba I oraz str. 167). Trzeba przyznać, iż nie przedstawia bynajmniej widoku imponującego, a jednak warto, być może, spojrzeć na nią raz w życiu, choćby dlatego, aby sobie uprzytomnić, że na siatkówkę naszego oka działa wówczas światło, które biegło bez przerwy przez 900 000 lat, by wreszcie dotrzeć do nas. Fale świetlne, wytworzone przez przeskoki elektronów

Obserwatorium na Mount Wilson

Mgławica w Łabędziu

Ob. str. 117



Obserwatorium Yerkesa

Wielka Mgławica M 31 w Andromedzie

Najwybitniejsze to z dalekich „miast" gwiazdowych jest nieco bardziej odległe od nas, niż M 33 (p. tabl. XXXVIII). Światło tej mgławicy biegnie ku nam 900 000 lat, na przebycie zaś drogi w poprzek mgławicy zużywa blisko 50 000 lat.

Obserwatorium na Mount Wilson

Część zewnętrzna Wielkiej Mgławicy M 31 w Andromedzie

Na zdjęciu tym widać szczegóły budowy lewego górnego rogu mgławicy, przedstawionej na tablicy poprzedniej; składa się ono tutaj z gwiazd oddzielnych.

TABLICA XXXVIII

Obserwatorium na Mount Wilson

Mgławica M 33 w Trójkącie

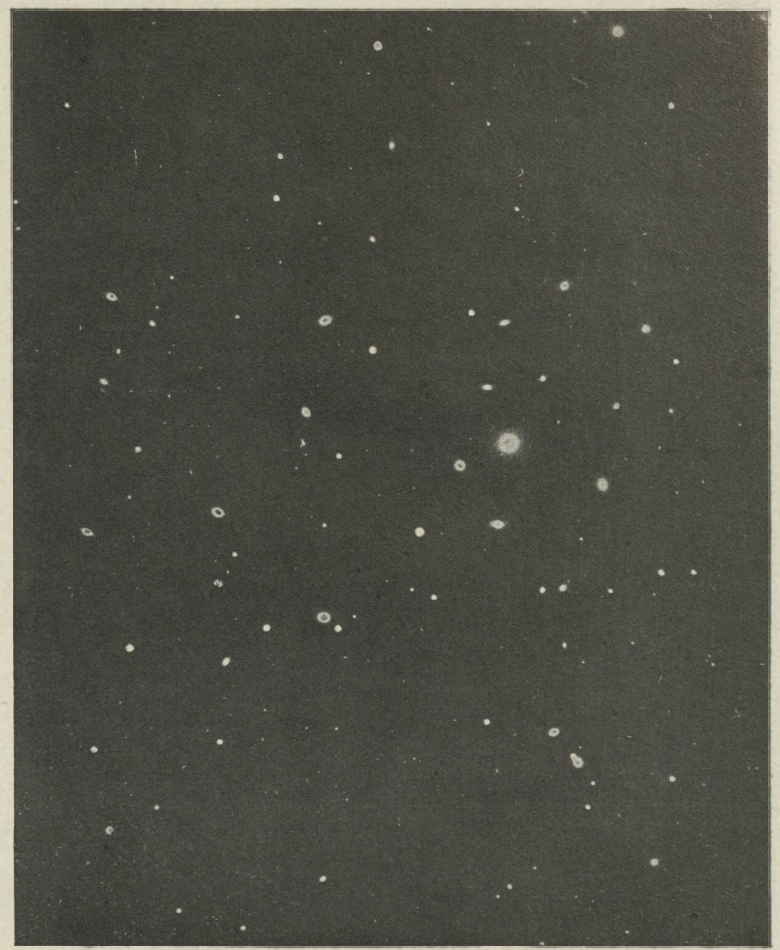
Jakkolwiek jest to najbliższy ze wszystkich układów gwiazdowych, światło zużywa 850 000 lat na przebycie dzielącej go od nas odległości. Fotografię tę trzeba by powiększyć do rozmiarów całej Europy, zanim stałaby się na niej dostrzegalną dla oka bryła wielkości Słońca.

Obserwatorium na Mount Wilson

Mgławica M 81 w Wielkiej Niedźwiedzicy

Jedno z najpiękniejszych dalekich „miast" gwiazdowych, odległe od nas o 1 600 000 lat światła. Istnienie ruchu obrotowego mgławic stwierdzono po raz pierwszy u tej właśnie mgławicy.

TABLICA XL



Obserwatorium na Mount Wilson

Gromada mgławic w Warkoczu Bereniki

Z pośród obiektów, widocznych na tym zdjęciu, większość przedstawia mgławice, odległe o 50 milionów lat światła.

w odległej mgławicy przed 900 000 lat, odbywały przez cały ten czas niczym niezakłóconą wędrówkę i dopiero teraz, wpadając do naszego oka, po raz pierwszy od czasu opuszczenia mgławicy napotykają substancję w stanie stałym. Wpadają one do oka nieprzerwanym ciągiem, w liczbie około 500 bilionów na sekundę; promień świetlny, łączący oko z mgławicą, zawiera ilość fal tych wystarczającą na 900 000 lat. Kto lubi rachunki arytmetyczne, może sobie obliczyć dokładnie liczbę fal zawartych w owym promieniu.

Nieliczne jedynie mgławice znajdują się dostatecznie blisko, aby można było dostrzec w nich zmienne typu cefeid: w tym przypadku odległości i rozmiary mgławic dają się obliczyć natychmiast, w większości wypadków jednak trzeba stosować inne metody.

Jeśli pewna ilość zupełnie podobnych przedmiotów znajduje się w rozmaitych odległościach od nas, to różnią się one oczywiście pod względem rozmiarów pozornych, natomiast jasność powierzchniowa od odległości nie zależy; inaczej byłoby w przypadku, gdyby w przestrzeni, dzielącej je od nas, istniała materia pochłaniająca światło. Jednakże, według wszelkiego prawdopodobieństwa, materia tego rodzaju występuje w przestworzach międzygwiazdowych — z wyjątkiem pewnych specjalnych obszarów — w ilościach tak nieznacznych, iż można jej nie brać pod uwagę. Otóż według Hubble'a (z obserwatorium na Mount Wilson) wszystkie mgławice o jednakowym kształcie posiadają tę samą jasność powierzchniową, a różnią się tylko rozmiarami pozornymi. Nasuwa się stąd wniosek, że są to twory tego samego typu, różniące się pomiędzy sobą tylko tym, że znajdują się w różnych odległościach od nas; a zatem

odległości te można wyznaczyć bądź to z rozmiarów pozornych, bądź też z ilości otrzymywanego od nich światła. Inaczej mówiąc, im mniejszą i słabszą wydaje się mgławica, tym dalej od nas się znajduje. Tabl. XL przedstawia gromadę mgławic w Warkoczu Bereniki, odległą o jakieś 50 milionów lat światła; w tej części nieba mgławice są tak liczne, że podane zdjęcie zawiera ich więcej niż gwiazd. W tabl. XLI widzimy jeszcze odleglejszą grupę w Pegazie, złożoną ze 162 mgławic. Każda słaba plamka świetlna o zatartych zarysach na tej kliszy jest mgławicą; wiele z nich, widzianych z bliska, okazałoby się niewątpliwie rozległymi układami o skomplikowanej budowie, podobnej do tej, jaką widzimy u bliższych mgławic, przedstawionych na tabl. XXXVI, XXXVIII i XLIII. *Najdalsze z mgławic*, uchwytnych jeszcze dla teleskopów współczesnych są tak bardzo odległe, że światło ich biegnie do nas *140 milionów lat*.

Porównanie układu Galaktycznego i obu najbliższych mgławic z Londynem, Cambridge i Oxfordem okazuje się trafnym pod wieloma względami. Największe teleskopy współczesne ukazują około *dwóch milionów mgławic*, z których, o ile wiemy, ż a d n a nie dorównywa rozmiarami naszemu układowi, tak iż słusznie porównywaliśmy go z Londynem, największym miastem na świecie. Wielu astronomów skłonnych jest nawet uważać układ Galaktyczny za z b i ó r zachodzących na siebie układów gwiazdowych, tak jak Londyn jest niejako zbiorem graniczących z sobą miast oddzielnych. Jeśli Londyn ma wyobrażać układ Galaktyczny pod względem rozmiarów, to Cambridge i Oxford dość dokładnie reprezentują rozmiary obu najbliższych układów gwiazdowych. Porównanie nasze stosuje się równie dobrze do liczby mieszkańców: Londyn ma, z grubsza biorąc, około 100 razy więcej mieszkańców od

Cambridge lub Oxfordu, układ Galaktyczny zaś zawiera mniej więcej tyleż razy więcej gwiazd od każdego z dwóch najbliższych układów sąsiednich. Mogłoby tu wydawać się rzeczą dziwną, że mówimy z taką pewnością o całkowitej liczbie gwiazd w układach tak odległych, iż możemy w nich w ogóle dostrzec oddzielnie jedynie niektóre wyjątkowo jasne gwiazdy.

Ważenie układów gwiazdowych

Mówiliśmy, że nasz układ gwiazdowy — układ Galaktyczny — jest tworem spłaszczonym, podobnie jak układ słoneczny. Tak samo, jak ten ostatni, może on zachować stale tę postać dzięki temu, że obdarzony jest ruchem obrotowym. Liczne mgławice okazują również budowę spłaszczoną, można by więc przypuścić, że i one zachowują tę postać dzięki ruchowi obrotowemu. Obserwacje popierają to przypuszczenie, wykazując, że mgławice te *istotnie obracają się;* jest rzeczą niemal pewną, że ten ruch właśnie nie pozwala gwiazdom, znajdującym się na obwodzie, spaść ku środkowi mgławicy. Znając prędkość ruchu, można obliczyć wielkość przyciągania dośrodkowego, a zatem można „zważyć" mgławicę, zupełnie tak samo, jak tu nieco bliżej „ważymy" Słońce, Jowisza, czy wreszcie nasz układ Galaktyczny. Okazuje się, *że przeciętna mgławica posiada masę dwa do trzech miliardów razy większą od masy Słońca.*

Nie znaczy to bynajmniej, że w każdej mgławicy istnieje tyleż gwiazd. Co najwyżej bardzo nieliczne tylko mgławice zdają się składać z samych gwiazd; większość ich posiada obszar centralny, podobniejszy do chmury gazowej, niż do zbiorowiska gwiazdowego. W każdym

razie nie ma dotychczas teleskopu, który byłby w stanie rozszczepić te obszary na gwiazdy oddzielne (por. tabl. XLII). Oczywiście, wywierają one takie samo przyciąganie, jak równe co do wielkości masy, złożone z gwiazd, tak iż masa owej chmury gazowej, czy czegokolwiek, wchodzi do naszej oceny łącznej masy mgławicy. Bądź co bądź, jeśli nawet owe rzekome chmury gazowe nie składają się dotychczas z gwiazd, to wydaje się rzeczą prawdopodobną, iż przeznaczeniem ich jest w swoim czasie przetworzyć się w gwiazdy. Zobaczymy niżej, co nas skłania do przyjęcia tego przypuszczenia.

Ewolucja mgławic

Dwie najbliższe mgławice, które porównywaliśmy z Cambridge i Oxfordem, są tak płaskie, jak naleśnik. Nasze własne zbiorowisko gwiazdowe, układ Galaktyczny, jest również spłaszczony, jakkolwiek nie w takim stopniu. Nie wszystkie jednak mgławice regularne są płaskie. Na tabl. XLIV i XLV znajdujemy fotografie rozmaitych typów mgławic: widzimy, że niektóre z nich są okrągłe, jak piłka, inne są nieco spłaszczone na kształt mandarynki, jeszcze inne okazują spłaszczenie jeszcze większe itd., aż wreszcie dochodzimy do mgławic zupełnie płaskich, jak owe dwie najbliższe. Różne postacie mgławic można uporządkować według rosnącego spłaszczenia, podobnie jak możemy ułożyć garść paciorków według wielkości. barwy, kształtu, czy innej jakiejś cechy, którą podobało się nam wybrać. Tak właśnie zostały uporządkowane mgławice, przedstawione w tabl. XLIV i XLV.

Uporządkowawszy mgławice w kolejności stopnia s p ł a s z c z e n i a, spostrzegamy jednocześnie, że szereg

Obserwatorium na Mount Wilson

Najdalsze głębie przestrzeni

Fotografia ta przedstawia niektóre z pośród najodleglejszych obiektów kosmicznych, dostępnych dla obserwacji — gromadę 162 mgławic w Pegazie, znajdujących się przeważnie w odległości 100 milionów lat światła, lub większej. Każda z nich zawiera ilość materii, wystarczającą na utworzenie „miasta" gwiazdowego, złożonego z miliardów gwiazd.

TABLICA XLII

Obserwatorium na Mount Wilson

Część środkowa Wielkiej Mgławicy M 31 w Andromedzie

Widzimy tu szczegóły budowy obszaru centralnego mgławicy, przedstawionej na tabl. XXXVI. W mglistej bryle środkowej nie podobna dostrzec gwiazd oddzielnych.

innych cech charakterystycznych zmienia się również w sposób prawidłowy, gdy przechodzimy w naszym zbiorze od jednej mgławicy do następnej. Sprawa przedstawia się tak, jak gdybyśmy nawlekli garść paciorków na nitkę, największe na jednym końcu, najmniejsze na drugim, a potem spostrzegli, że nie tylko rozmiary, lecz również kształt i barwa paciorków zmieniają się w sposób prawidłowy; starając się więc rozmieścić owe paciorki według wielkości, mimo woli uporządkowaliśmy je równocześnie pod względem barwy i kształtów. Tak np. możemy stwierdzić, że na ogół mgławice najbardziej spłaszczone są zarazem największe i vice versa; rosnące spłaszczenie idzie zatem w parze z rosnącymi rozmiarami. To samo odnosi się do kształtu: dwie mgławice o tym samym spłaszczeniu posiadają w ogóle prawie identyczną postać itd. Krótko mówiąc, wszystkie niemal mgławice o kształtach regularnych możemy ułożyć w *jeden szereg*, jak paciorki na nitce, i wszystkie ich cechy charakterystyczne zmieniają się w sposób *prawidłowy* w miarę tego, jak posuwamy się w tym szeregu.

Albo też, wracając do dawnego porównania z klasyfikacją psów, mamy stan rzeczy taki, iż najpierw uporządkowaliśmy je podług wielkości, a potem przekonywamy się, że przez to samo uporządkowaliśmy je również pod względem wagi, wysokości, długości sierści itd. Wyprowadzilibyśmy na pewno stąd wniosek, że wszystkie te psy należą do tej samej rasy i moglibyśmy przypuścić, iż dokonaliśmy przybliżonego uporządkowania ich według wieku.

Zupełnie tak samo możemy powiedzieć, że większość mgławic należy do tej samej „rasy"; jest rzeczą bardzo prawdopodobną, iż pojedyńczy ciąg, w jaki mogą one być uporządkowane, odpowiada po prostu *kolejności stadiów*

rozwojowych. Pomimo wybitnych różnic wyglądu, mgławice różnią się prawdopodobnie głównie mniej lub bardziej posuniętym swym *rozwojem,* jak gdybyśmy mieli do czynienia z szeregiem niemowląt, dzieci, wyrostków, dorosłych i starców.

Narodziny gwiazd

Istnieje jeszcze jedna cecha charakterystyczna, o której dotychczas nie było mowy, a która również zmienia się stopniowo, gdy posuwamy się w naszym szeregu mgławic: jest to może nawet cecha najważniejsza ze wszystkich. Na jednym końcu szeregu znajdują się mgławice, nie wykazujące żadnego spłaszczenia — tak okrągłe, jak piłki tenisowe. Nie podobna w nich dostrzec gwiazd oddzielnych; wyglądają one po prostu jak chmury pyłu, czy kule gazowe o zatartych konturach. W miarę tego, jak posuwamy się w naszym szeregu, mgławice stają się coraz bardziej płaskie, lecz długo jeszcze nie widać w nich gwiazd odrębnych; dopiero gdy spłaszczenie osiągnęło bardzo znaczny stopień, poczynają pojawiać się w nich pierwsze gwiazdy. Najpierw dzieje się to w obszarach bliskich b r z e g ó w, na obwodzie mgławic; potem w mgławicach jeszcze bardziej płaskich, obszary „gwiezdne" zajmują coraz więcej miejsca, aż w końcu nawet ś r o d e k ulega temu samemu losowi i rozpada się na gwiazdy. Istotnie, H u b b l e wykazał, że szereg przedstawiony na tablicach XLIV — XLVI może być w sposób zupełnie naturalny rozszerzony przez dołączenie przede wszystkim najbliższej naszej sąsiadki w przestrzeni, M 33 (tabl. XXXVIII), składającej się prawie wyłącznie z gwiazd, a dalej — Małego Obłoku Magellana (tabl. XXXI), który jest już czystą chmurą gwiazdo-

wą — „miastem gwiazdowym" poprzednio opisywanego typu.

A zatem nasz szereg mgławic rozpoczyna się od czegoś, co wygląda jak niezróżniczkowana kula gazowa, a kończy się na zbiorowisku gwiazd. Trudno oprzeć się wrażeniu, iż ciąg taki odpowiada następstwu kolejnych stadiów rozwojowych, *stopniowej kondensacji chmury bezkształtnego gazu w gwiazdy.* Przypuszczenie to możemy zresztą poprzeć rachunkiem, obliczając matematycznie zachowanie się chmury rozżarzonego gazu w miarę stopniowego ostygania z biegiem czasu; stwierdzamy przy tym, iż chmura taka przechodziłaby przez taki ciąg kształtów i okazywałaby tę kolejność cech fizycznych, jakie spotykamy w naszym szeregu mgławic, — aż wreszcie stałaby się chmurą gwiazd. Co więcej, możemy również obliczyć, ile gazu zużywałoby się na utworzenie poszczególnych gwiazd, — innymi słowy, jaka byłaby masa gwiazd, powstałych w ten sposób. Obliczenia bardzo ścisłe są oczywiście niemożliwe, nie znamy bowiem w dostatecznym stopniu stanu owego gazu pierwotnego, lecz pomimo tego wydaje się rzeczą prawdopodobną, iż gwiazdy, utworzone w opisany sposób, *posiadałyby masy mniej więcej takie, jak gwiazdy rzeczywiste.*

Na tej podstawie przypuszczenie, że gwiazdy są niczym innym, jak skondensowanymi „kroplami" gazu, wziętymi oczywiście w skali kosmicznej, przybiera cechy wysokiego prawdopodobieństwa; gwiazdy powstały przez skupienie się mgławicowych mas gazowych w oddzielne bryły, jak obłok pary kondensuje się na kropelki wody.

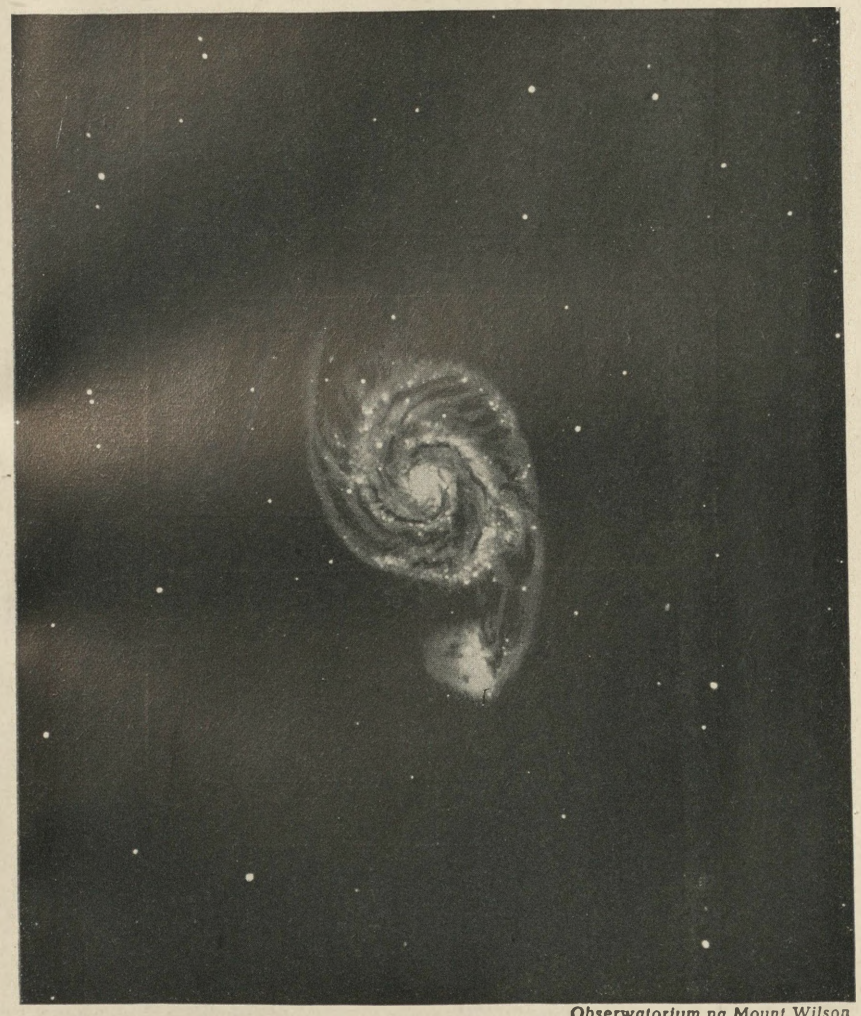
Tłumaczy to w sposób bardzo prosty, dlaczego gwiazdy występują wielkimi grupami — jako „miasta" gwiazdowe: każde takie „miasto" jest produktem powsta-

łym z j e d n e j kuli mgławicowego gazu. Tak więc mgławice regularne są nie tylko miejscem zamieszkania, lecz i „kliniką położniczą" gwiazd. *Tu rodzą się one, żyją i umierają.* Gdy uporządkujemy fotografie rzeczywistych mgławic w ciągły szereg w ten sposób, jak to opisywaliśmy — mgławice kuliste na jednym końcu szeregu, płaskie na przeciwnym — i gdy przechodzimy kolejno poszczególne elementy ciągu (np. studiując kolejno tablice XLIV, XLV, XXXVIII i XXXI), wówczas widzimy chaotyczną masę gazową przekształcającą się stopniowo lecz nieustannie w zbiorowisko gwiazd. Studiujemy tu w istocie proces *narodzin gwiazd.*

Widzimy też od razu, dlaczego wszystkie gwiazdy mają prawie j e d n a k o w e m a s y: są one przecież wytworem tego samego procesu, niejako wyrobami fabrycznymi, wyprodukowanymi przez jedną maszynę.

Ewolucja gwiazd

Gwiazdy nie zachowują oczywiście stale tych samych mas, jakie posiadały przy swym powstaniu. Widzieliśmy już, że tracą one nieustannie masę wskutek unicestwiania się materii i zamiany jej w promieniowanie. Jakkolwiek opinie są pod tym względem jeszcze bardzo podzielone, większość astronomów zgadza się na pogląd, że przeciętna gwiazda rodzi się jako „dziecko" od razu bardzo duże. „Dzieci" gwiazdowe różnią się od ludzkich tym, że z biegiem czasu zmniejsza się zarówno ich ciężar, jak wielkość; równolegle przygasa zresztą i siła świetlna. Jeśli pogląd ten odpowiada rzeczywistości, Słońce nasze nie tylko traci masę w ilości czterech milionów ton na sekundę, lecz również kurczy się i gaśnie z wolna. Rzuciwszy wzrokiem dość



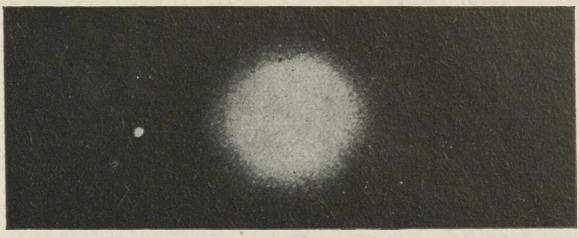
Obserwatorium na Mount Wilson

Mgławica M 51 w Psach Gończych

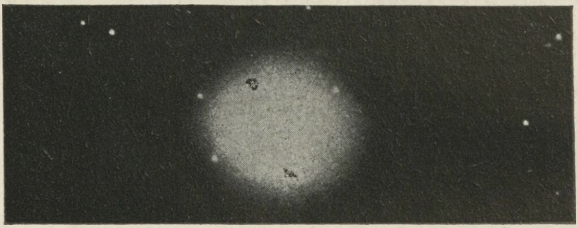
Jest to jedna z najbliższych mgławic, poza przedstawionymi na tabl. XXXVI i XXXVIII, położona prawdopodobnie w odległości około 1 100 000 lat światła.

TABLICA XLIV

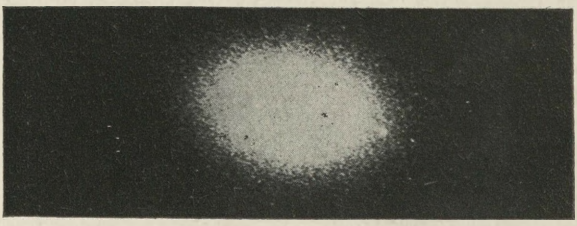
N. G. C. 3379



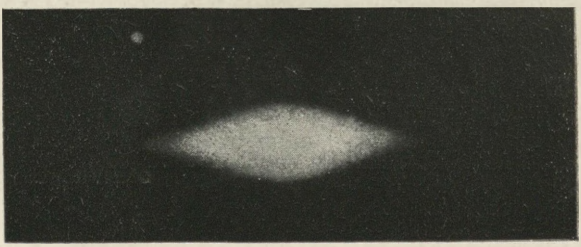
N. G. C. 221



N. G. C. 4621



N. G. C. 3115

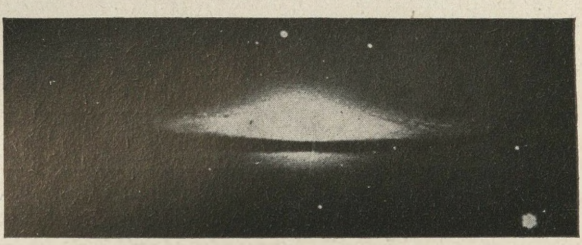


Ciąg konfiguracyj mgławicowych — I

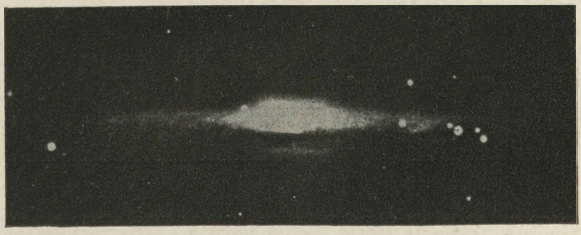
Por. też tabl. XLV.

TABLICA XLV

N. G. C. 5866



N. G. C. 4594



N. G. C. 5746

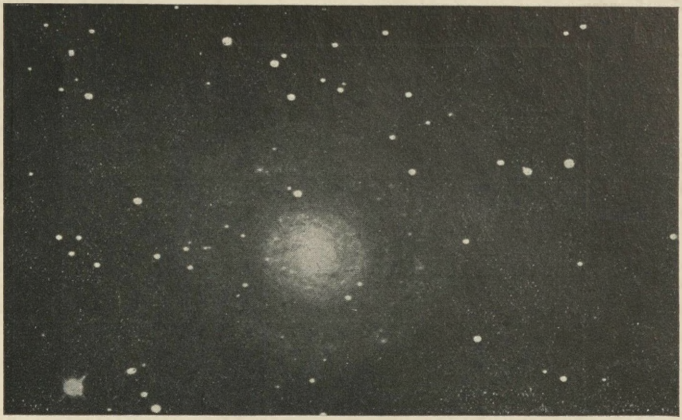
N. G. C. 4565

Ciąg konfiguracyj mgławicowych — II

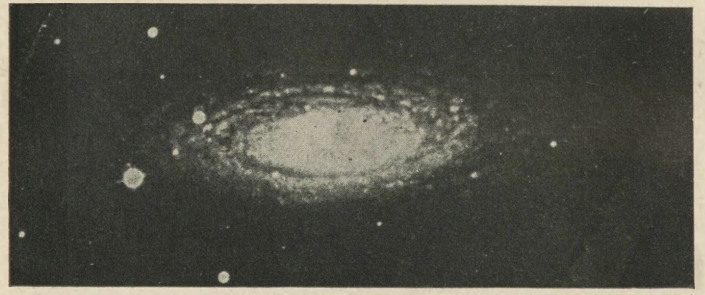
W połączeniu z formami, przedstawionymi na tabl. poprzedniej, mamy tu ciągi mgławić, uporządkowanych według wzrastającego spłaszczenia.

TABLICA XLVI

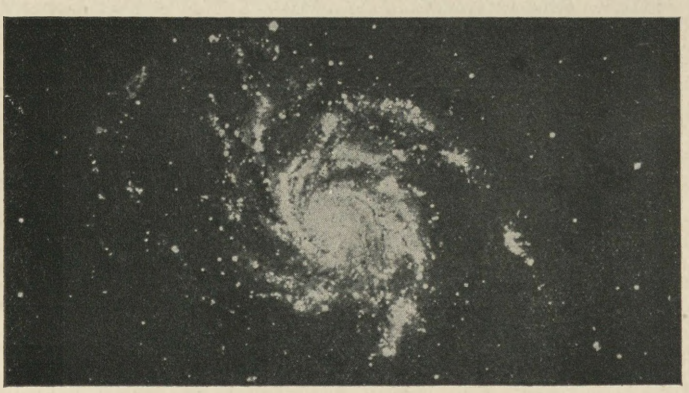
N. G. C. 7217



N. G. C. 2841



N. G C. 5457



Ciąg konfiguracyj mgławicowych – III

Mgławice podobne do trzech ostatnich z tablicy poprzedniej, widzianych pod różnymi kątami. Mgławice, przedstawione na tabl. XXXVIII i XXI, stanowią przedłużenie tego ciągu, który kończy się chmurami gwiazdowymi.

daleko w przyszłość, widzimy je jako „gwiazdę-starca", — być może nawet „białego karła", jak towarzysz Syriusza. Ilość wysyłanego przez nie ciepła będzie wówczas tak mała, że wszystko na Ziemi zamieni się w lód, życie więc prawdopodobnie już przedtem zaniknie na Ziemi całkowicie.

Zamiast jednak zagłębiać się dalej w ową dość smutną przyszłość, spójrzmy raczej wstecz, by ujrzeć minione dzieje Słońca. Przede wszystkim widzimy je jako gwiazdę-dziecko, — glob większy, jaśniejszy i z rzadszej materii zbudowany, niż obecnie. W przeszłości jeszcze dalszej trudno byłoby w ogóle nazwać je „gwiazdą" — jest to raczej jeszcze rzadszy strzęp gazu, uwikłany wraz z innymi podobnymi strzępami mgławicy gazowej, mgławicy, która z biegiem czasu ma skondensować się w nasz układ gwiazdowy. Po całej przestrzeni Wszechświata widzimy rozsiane inne mgławice gazowe — zaczątki innych układów gwiazdowych.

Narodziny mgławic

Możemy zapuścić wzrok w przeszłość jeszcze dalszą, jakkolwiek będą to już tylko raczej przypuszczenia. Przyjmijmy więc hipotezę, że na początku czasów cała przestrzeń była *równomiernie wypełniona gazem,* podobnie, jak wielka jakaś hala czy katedra wypełniona jest powietrzem. Otóż można wykazać, że gaz ten nie mógłby s t a l e rozpościerać się równomiernie w przestrzeni, lecz natychmiast *począłby się skupiać w oddzielne konglomeraty;* można też obliczyć, z jakich ilości gazu składałyby się owe skupienia. Okazuje się przy tym rzecz nader charakterystyczna : każde skupienie zawierałoby mianowicie

tyle gazu, ile materii mieści się w przeciętnej mgławicy, która, według naszych obecnych poglądów, ma przeobrazić się z czasem w układ gwiazdowy.

Wydaje się zatem rzeczą prawdopodobną, *iż materia Wszechświata była na początku gazem rozpostartym równomiernie w przestrzeni i że mgławice powstały ze skupienia tego gazu w oddzielne kondensacje.* Jeżeli przypuszczenie to jest słuszne, wówczas dzieje rozwoju Wszechświata naszkicować możemy w sposób następujący.

Dzieje Wszechświata

Rozpoczynamy historię tę od początku czasów, gdy wszystkie *atomy*, które z czasem miały utworzyć Słońce i gwiazdy, Ziemię i planety, ciała nasze, — a także wszelkie *promieniowanie*, emitowane od owego czasu przez Słońce i gwiazdy, — były zmieszane w jedną *chaotyczną masę gazu*, wypełniającą całą przestrzeń. Wskutek przyciągania, wywieranego przez każdą cząstkę tej masy na wszystkie inne cząstki, powstają z biegiem czasu prądy w gazie. W miejscach, gdzie prądy te spowodują lekkie zagęszczenie gazu, przyciąganie wzmaga się, tak iż każde niewielkie skupienie gazu ściąga ku sobie nowe jego ilości: Przyroda działa zgodnie z prawem: „Posiadającemu będzie dane". „Szczęśliwe" obszary gazu rosną w *wielkie kondensacje*, powiększając się ustawicznie na koszt części mniej „szczęśliwych"; te ostatnie ulegają w końcu zupełnemu pochłonięciu. Podobnie, jak Słońce, Ziemia i planety przybrały swe prawidłowe kształty pod wpływem siły ciążenia, tak samo kondensacje te poczynają stopniowo przybierać postać bardziej *regularną:* tworzą one to, co na-

zywamy *„mgławicami regularnymi"*. Prądy gazowe, którym zawdzięczają one swe istnienie, obecnie wprawiają je w *ruch obrotowy*, tak iż kształt ich odbiega od dokładnie kulistego. Początkowo są one kształtu mandarynki, jak nasza obracająca się Ziemia; w miarę kurczenia się, zmieniają się nieustannie ich zarysy, przybierając postać coraz bardziej spłaszczoną. I znów gaz w częściach położonych na obwodzie kondensuje się w oddzielne bryły, dając początek — *gwiazdom*; bezkształtne mgławice stają się *zbiorowiskami gwiazdowymi*. Płaskie w okresie powstawania, zachowują one ten kształt w dalszym życiu dzięki posiadanemu przez się ruchowi obrotowemu.

Wtem, śledząc rozgrywający się przed nami wielki dramat rozwoju Wszechświata, dostrzegamy, iż jedną gwiazdę — nasze Słońce — spotyka n i e z w y k ł y p r z y p a d e k, opisany już poprzednio. Inna jakaś gwiazda zbliża się do niej bardziej, niż zdarzyło się to kiedykolwiek w przeszłości, i wznosi na niej p r z y p ł y w y wyższe niż wszystko, co znała ona dotychczas — przypływy, podobne do olbrzymich gór rozżarzonego gazu, wędrujących po powierzchni Słońca. Na koniec, obca gwiazda zbliża się tak bardzo, że dla obserwatora, znajdującego się na Słońcu, zasłoniłaby znaczną część nieba; jednocześnie przyciąganie jej wzrasta do tego stopnia, że szczyt fali przypływowej o d r y w a s i ę od Słońca i kondensuje się sam w „krople". Są to *planety*, a jedną z mniejszych „kropel" jest nasza Ziemia. Początkowo przedstawia ona chaotyczną masę rozżarzonego gazu, lecz w miarę ostygania, środek jej przechodzi w stan ciekły; z czasem stygnięcie zachodzi tak daleko, że na powierzchni tworzy się stała skorupa. Jeszcze później, gdy Ziemia ostygła jeszcze bardziej, na skorupie tej pojawiło

się n o w e dziwne zjawisko. Grupy atomów zaczęły łączyć się w *spójne twory* tego rodzaju, który my — nie wiedząc nic o ich naturze, ani o ich powstaniu — nazywamy *organizmami żywymi.* Życie organiczne posiada dziwną zdolność odtwarzania się i, łącznie z tym, tworzenia form coraz to bardziej złożonych. Aż wreszcie, na końcu panoramy czasów, pojawia się człowiek, organizm najbardziej złożony spośród powstałych dotychczas na Ziemi. Czy na innych planetach, należących do innych słońc, istnieje życie jeszcze bardziej złożone? Czy może krzewi się tam tylko życie o formach prostszych, lub może nawet nie ma go w ogóle? N i e w i e m y. Lecz patrząc wstecz w bezkresną niemal dal czasów minionych, przekonywamy się, że rasa nasza pojawiła się dosłownie w *„ostatniej chwili"* na widowni Wszechświata: krótka nasza przeszłość jest po prostu jednym mgnieniem oka w dziejach kosmicznych. Lecz olbrzymie widowisko rozgrywa się dalej; i zwracając się twarzą ku *przyszłości, widzimy, że rozciąga się ono w czasie jako okres tysiące, a może miliony razy dłuższy od przeszłości naszej rasy,* — okres dłuższy od wszystkiego, co możemy sobie wyobrazić. Widzimy, że według wszelkiego prawdopodobieństwa jesteśmy obecnie na samym początku życia rodu ludzkiego, — *żyjemy o świcie dnia, którego długość nie poddaje się wprost wyobrażeniu.*

ROZDZIAŁ VIII

WSZECHSWIAT

STO lat temu astronomia zajmowała się prawie wyłącznie Słońcem, Księżycem i planetami — tym niewielkim zbiorowiskiem ciał niebieskich, które nazwaliśmy *„rodziną słoneczną"*. Dziś przedmiotem jej badań są przede wszystkim g w i a z d y i ich różnorodne u k ł a d y, takie, jak np. układ trzech gwiazd, tworzących system α Centaura, najbliższą naszą sąsiadkę w przestrzeni. Zbiór wszystkich gwiazd i układów stanowi U k ł a d G a l a k t y c z n y, ogromne zbiorowisko gwiazd, którego brzegiem jest Droga Mleczna. Jak się dalej okazało, i ten wielki układ jest tylko jednym z wielu układów analogicznych. Obecną sytuację zagadnienia można by streścić w postaci trzech twierdzeń następujących:

1. Ziemia jest jednym ze składników rodziny słonecznej.

2. Rodzina słoneczna jest jedną z części składowych układu Galaktycznego.

3. Układ Galaktyczny jest jednym ze składników zbioru układów gwiazdowych Wszechświata.

Do tego stanowiska doszła astronomia w chwili obecnej, można jednak zadać sobie pytanie, co będzie za jakiś tysiąc lat? Czy wystarczą przytoczone trzy twierdzenia, czy też trzeba będzie uzupełnić je dalszymi o tym samym charakterze? Innymi słowy, czy nie okaże się ostatecznie, iż

zbiór układów gwiazdowych stanowi tylko jednostkę w ugrupowaniu jeszcze rozleglejszym, a to ostatnie, być może, znów jeden tylko element czegoś jeszcze większego?

Zagadnienie to nasunęło się już dość dawno. Jeszcze w r. 1755 Kant pisał w swej „Teorii Nieba":

> „Jeśli wielkość świata planetarnego, w którym Ziemia jest ledwie dostrzegalnym ziarnkiem piasku, napełnia umysł podziwem, to jakież zdumienie musi nas ogarniać na widok nieskończonej mnogości światów i systemów, zawartych w przestworzach Drogi Mlecznej! Lecz jakże wzrosnąć musi jeszcze to zdumienie, gdy przekonywamy się, iż wszystkie owe niezmierzone układy światów gwiazdowych tworzą znów tylko jednostkę w zespole, którego kresu nie znamy, i który jest, być może, jak i poprzedni, układem niewyobrażalnie rozległym, a przecież znów tylko jednym składnikiem nowego ugrupowania! Dla nas dostępne są tylko pierwsze wyrazy w stopniowanym ustosunkowaniu światów i układów; i pierwsza już część tego nieskończonego szeregu pozwala nam przeczuwać, co można sądzić o całości. Nie ma tu końca, lecz przepaść istotnej niezmierzoności, wobec której myśl ludzka bezsilna zwija swe skrzydła".

Były to poglądy śmiałe; nowoczesna nauka wszakże nie potwierdza ich, lecz, wprost przeciwnie, dochodzi do wniosku, że *układ układów gwiazdowych jest już całym Wszechświatem*. Jeżeli istnieje coś poza nim, mogą to być tylko *inne wszechświaty całkowite*, pozbawione łączności z naszym. W ten sposób zatem trzy tezy na str. 133 wyczerpują sprawę i nie wymagają uzupełnień.

Model Wszechświata

Jak sobie przypominamy, porównywaliśmy wielkie mgławice z „miastami gwiazdowymi". Londyn miał nam

przedstawiać nasz własny układ gwiazdowy, w którym Słońce odgrywa rolę bardzo przeciętnego obywatela, i którego najodleglejsze składniki tworzą Drogę Mleczną. Widzieliśmy dalej, że dwa najbliższe nas „miasta gwiazdowe" można dobrze porównać z Cambridge i Oxfordem; każdy centymetr w Londynie, czy w tamtych dwu miastach odpowiada mniej więcej bilionowi kilometrów w układach gwiazdowych, — odległości, jaką światło przebywa w przeciągu 5½ tygodni. I każdy centymetr przestrzeni, dzielącej Londyn od Cambridge czy Oxfordu, reprezentuje tę samą odległość biliona kilometrów w przestrzeni kosmicznej.

Przytaczając te porównania, konstruujemy w rzeczywistości rodzaj *modelu*, wziętego w określonej skali, naszego układu gwiazdowego oraz najbliższych systemów sąsiednich. Podziałka modelu jest oczywiście niesłychanie mała: roczna droga Ziemi dokoła Słońca maleje w nim do rozmiarów mikroskopijnego pyłku o średnicy trzech tysiącznych milimetra, a cały układ słoneczny, aż do orbity Plutona, staje się małym ziarnkiem piasku. Wszystkie gwiazdy, widzialne gołym okiem, zawierają się w obszarze, otaczającym owo ziarnko piasku, i mierzącym kilka czy kilkanaście metrów w średnicy; większość ich leży w odległości, nie przekraczającej paru metrów. Tak np. układ α Centaura znajduje się w odległości 40 cm, Syriusz — 80 cm. Spróbujmy budować model nasz w tej samej skali w dalszym ciągu.

Największy z istniejących teleskopów pozwala stwierdzić istnienie około dwóch milionów mgławic regularnych, tak iż w modelu naszym musimy rozmieścić tyleż „miast gwiazdowych". Londyn, Cambridge i Oxford zupełnie dobrze reprezentują układy, opisane poprzednio, lecz są one

nieco zbyt blisko siebie, jeśliby chodziło o przeciętne rozmieszczenie „miast gwiazdowych" w przestrzeni; przeważnie „miasta" te są bardziej odległe od siebie, my zaś zamieszkujemy raczej gęsto „zaludniony" obszar przestrzeni. Przeciętnie biorąc, światło, lub też sygnał radiotelegraficzny, zużywa około *dwóch milionów* lat na przebycie odległości, dzielącej dwa *sąsiednie* „miasta" gwiazdowe. Znikomość życia ludzkiego rzuca się w oczy, gdy sobie uprzytomnić, że aby przesłać sygnał jakiś z jednego układu gwiazdowego do sąsiedniego i otrzymać odpowiedź, trzeba by czekać przez 120 000 pokoleń ludzkich.

Mgławice, widoczne na tabl. XLIII, położone w odległości 50 milionów lat światła, należy umieścić w naszym modelu jakieś 5000 kilometrów od Londynu — np. mogłaby to być grupa miast i miasteczek gdzieś we wschodnich stanach Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej.

Najdalsze z mgławic, które jeszcze dostrzec możemy, leżą w odległości około 140 milionów lat światła — tyle lat zużywa światło na przebycie dzielącej je od nas przestrzeni. Porównywając nasz własny układ gwiazdowy z Londynem, najbliższy sąsiedni zaś — z Cambridge, musielibyśmy umieścić najdalsze te miasta gwiazdowe o 13½ tysięcy kilometrów od Londynu.

Gdzie mniej więcej to wypadnie? Taka podróż z Londynu po powierzchni ziemskiej zaprowadziłaby nas na Przylądek Horn, do Zachodniej Australii, Polinezji środkowej, albo na kontynent Antarktydy: w którymś z wymienionych miejsc moglibyśmy umieścić najdalsze układy gwiazdowe i wówczas mielibyśmy właściwą odległość ich od Londynu, licząc w skali naszego modelu. Wszystkie mgławice zatem, zarówno te najodleglejsze, jak i inne bliższe pokryłyby prawie całą powierzchnię Ziemi: nie zajęty pozostałby je-

dynie niewielki obszar wokół Antypodów — wnętrze koła o 6½ tysiącach km w promieniu, położony na południowym Oceanie Spokojnym. Gdybyśmy rozmieszczali model nasz na powierzchni Ziemi, nie mielibyśmy już wiele miejsca do zobrazowania jeszcze bardziej odległych części przestrzeni.

Musimy jednak pamiętać o tym, że astronomowie amerykańscy planują budowę nowego teleskopu, mającego przenikać przestrzeń dwa razy głębiej, niż najpotężniejszy z istniejących teleskopów; można więc spodziewać się wkrótce odkrycia mgławic położonych dwa razy dalej od tych, które rozpatrywaliśmy przed chwilą. Jeśliby nowe te „miasta" miały wejść w skład naszego modelu, musielibyśmy umieścić je w odległości 27 000 km od Londynu.

Dopóki pozostajemy na Ziemi, nie możemy tego uczynić. Nie trudno odbyć po powierzchni ziemskiej podróż długości 27 tysięcy km, lecz nie oddali nas ona o 27 tysięcy km od Londynu, przeciwnie, może nas zbliżyć dość znacznie z powrotem do punktu wyjścia, gdyż wynosi ona blisko trzy czwarte jednego całkowitego okrążenia Ziemi. To zdaje się dowodzić, że powierzchnia Ziemi jest złym modelem przestrzeni: powinniśmy raczej obrać coś, gdzie moglibyśmy podróżować na odległość tak wielką, jak to byłoby nam potrzebne, — w nieskończoność nawet.

Nie tylko Kant żywił takie przekonanie w r. 1755, jak o tym świadczy ustęp przytoczony wyżej, lecz większość uczonych podzielałaby ten pogląd jeszcze przed 20 laty. Dziś jednak jesteśmy zdania, iż powierzchnia ziemska pod jednym przynajmniej względem jest bardzo *dobrym modelem* przestrzeni Wszechświata.

Jest ona modelem odpowiednim *właśnie dlatego, że nie rozciąga się w nieskończoność*, że obszar jej ma wartość

ograniczoną, *że nie zawiera miejsca dla nieskończenie wielu „miast gwiazdowych"*, rozciągających się w głębie przestrzeni bez końca.

Skończoność Wszechświata

Mówiliśmy już poprzednio, iż do niedawna astronomowie interesowali się niemal wyłącznie Słońcem, Księżycem, planetami i najbliższymi gwiazdami. Ten stan rzeczy nie był wynikiem swobodnego wyboru: słabe teleskopy ówczesne nie nadawały się do badań bardziej odległych głębi przestrzeni — dawni astronomowie musieli się ograniczać, niezależnie od tego, czy to im się podobało, czy nie do bliskiego sąsiedztwa Ziemi. Podobnie, przed trzema tysiącami lat żeglarze greccy odkrywali i badali małe wysepki na ciasnym obszarze Morza Egejskiego: był to dla nich świat cały, nie mieli bowiem możności odbywania dalszych podróży morskich. Nie troszczyli się też wiele o to, czy otaczający ich ocean rozpościera się na setki, tysiące, czy może miliony mil wokoło — mogli bowiem chyba tylko marzyć o dotarciu do bardziej odległych jego obszarów.

Stopniowo ludzie nauczyli się budować coraz większe i lepsze okręty, doskonaląc się równocześnie w sztuce żeglarskiej, coraz dłuższe też przedsiębrano podróże morskie, aż wreszcie w bohaterskich czasach Magellana i Drake'a po raz pierwszy udało się opłynąć całą Ziemię, powracając do punktu wyjścia. Świat cały stanął odtąd otworem dla badań: co więcej—poznano jego rozmiary. Stało się rzeczą pewną, że powierzchnia Ziemi nie rozciąga się w dal nieskończoną, że badaniom i pomiarom podlegać może jedynie obszar ograniczony, że więc w niezbyt odległej przyszłości znana będzie cała po-

wierzchnia Ziemi. Istotnie też dziś, po upływie czterech stuleci, możemy powiedzieć, że znamy rzeczywiście prawie całą Ziemię.

Astronomia dzisiejsza osiąga właśnie pozycję podobną do tej, którą zajmowała geografia cztery wieki temu. Dawniejsi astronomowie nie troszczyli się zbytnio o zagadnienie, czy przestrzeń jest nieskończona, wiedzieli bowiem dobrze, iż bardziej odległe obszary były tak dalece poza obrębem ich badań, jak niedostępne były antypody dla dawnych żeglarzy greckich z Morza Egejskiego. Natomiast współczesny astronom patrzy na Wszechświat jako na przestrzeń *zamkniętą i skończoną*, tak, jak skończoną jest np. powierzchnia ziemska — i jeśli nie zdołał on dotychczas poznać całości Wszechświata, to w każdym razie wolno mu żywić nadzieję, że stanie się to w niezbyt odległej przyszłości. Dziś nie wyobrażamy już sobie, iż nieznane, niezgłębione przestworza rozciągają się dokoła nas we wszystkich kierunkach w nieskończoność; poczynamy raczej myśleć o Wszechświecie tak, jak Kolumb, a po nim Magellan i Drake myśleli o Ziemi — jako o czymś *niezmiernie wielkim, lecz nie nieskończenie wielkim;* o czymś, czego granice możemy ustalić; o czymś, co może być wyobrażone i badane jako jedna całość, — co można „opłynąć" dokoła, jeśli chcecie.

Tłumaczy nam to jednocześnie, dlaczego powierzchnia Ziemi stanowi dobry model przestrzeni — pod jednym przynajmniej względem. Wiadomo, że jeśli będziemy podróżowali po powierzchni Ziemi, wprost przed siebie, przez czas dostatecznie długi, to powrócimy w końcu do punktu wyjścia: dokonaliśmy „podróży naokoło świata". Uczeni sądzą obecnie, że *gdybyśmy mogli posuwać się w przestrzeni po linii prostej odpowiednio długo, musie-*

libyśmy również powrócić do punktu wyjścia: byłaby to podróż „dokoła Wszechświata".

Podstawy tego poglądu nie są natury astronomicznej i nie astronom odkrył, że przestrzeń zakrzywia się i zamyka w sobie, jak powierzchnia Ziemi; uczynił to Einstein, matematyk i fizyk. Jeśli jego *teoria względności* jest prawdziwa, przestrzeń nie może rozciągać się w nieskończoność, lecz musi zamykać się w samej sobie, podobnie jak powierzchnia ziemska.

A teraz czytelnik zada oczywiście pytanie: „Czy zatem owa teoria względności jest prawdziwa"? Nie mogę na to odpowiedzieć na pewno. Mogę tylko stwierdzić, że *wszystkie bez wyjątku doświadczenia,* wykonane dotychczas w celu sprawdzenia teorii względności, *przemawiają na jej korzyść.* Dlatego też uczeni bez wahania przyjmują dziś zarówno tę teorię, jak wynikające z niej wnioski, wśród których jednym z najważniejszych jest ten, że *przestrzeń nie jest nieskończenie wielka, lecz że zakrzywia się i wreszcie zamyka w sobie, jak powierzchnia Ziemi.*

Z tego, że powierzchnia Ziemi jest zamknięta w sobie, wynika, iż istnieją dwie drogi np. z Londynu do Nowej Zelandii: można jechać na wschód via Suez i Ocean Indyjski, albo też na zachód przez Amerykę i Ocean Spokojny. Co lata wielu Nowo-Zelandczyków przybywa ze swych wysp do Londynu jedną lub drugą drogą, tak iż przy spotkaniu się w stolicy jedni z nich nadjeżdżają ze wschodu, inni ze strony wprost przeciwnej — zachodniej. Podobnie, jeśli przestrzeń jest analogiczna do powierzchni ziemskiej, muszą istnieć dwie drogi z jednego „końca" Wszechświata do drugiego. Wyobraźmy sobie, że Londyn przedstawia nasz układ gwiazdowy, inny zaś układ położony w obszarze przestrzeni, odpowiadającym Nowej Ze-

landii, wysyła światło we wszelkich kierunkach; część tego światła pada na Ziemię, dzięki czemu właśnie widzimy ową mgławicę. Jednakże ów układ gwiazdowy wysyła światło również w kierunku wprost przeciwnym i część tegoż, nadbiegając z *drugiej strony* po odbyciu drogi *„dokoła przestrzeni"*, padnie na Ziemię, tak iż ujrzymy mgławicę również dzięki t e m u światłu. Światło jednej i tej samej mgławicy dobiegnie zatem do nas z d w ó c h dokładnie p r z e c i w l e g ł y c h kierunków — jak Nowo-Zelandczycy przybywający do Londynu! Wynika stąd, że powinnibyśmy widzieć *jeden i ten sam* układ gwiazdowy, spoglądając w *dwóch biegunowo* przeciwnych kierunkach przestrzeni.

Weźmy przykład określony. Najbliższa nas układem gwiazdowym jest mgławica *M* 33 w gwiazdozbiorze Trójkąta. Jeśli światło może obiec przestrzeń dokoła, to część światła tej mgławicy powinna dobiegać do nas ze strony wprost przeciwnej na sferze niebieskiej, tak iż patrząc w owym kierunku, powinnibyśmy również widzieć mgławicę *M* 33, jakkolwiek oczywiście wyglądałaby ona jak obiekt bardzo m a ł y i s ł a b y, gdyż światło, dochodzące do nas w tym kierunku, obiegło było niemal cały Wszechświat dokoła. Podobnie, spoglądając w kierunku wprost przeciwnym temu, w jakim znajduje się Wielka Mgławica w Andromedzie, powinniśmy widzieć tę drugą z kolei najbliższą naszą sąsiadkę znów jako maleńką słabą mgławicę.

Otóż jeśli zwrócimy teleskop we wspomnianych kierunkach, wprost przeciwnych tym, w jakich leżą dwie nasze najbliższe sąsiadki, możemy istotnie dostrzec dwie bardzo małe słabe mgławice. Wypowiadano pogląd, że widzimy tu w rzeczywistości *M* 33 i mgławicę w Andromedzie *„dłuż-*

szą drogą", „dokoła przestrzeni" — tak, jak np. słuchacz radiowy w Londynie może słyszeć — jakkolwiek bardzo słabo — pobliską stację w Daventry po przebyciu przez fale drogi 40 000 km dokoła Ziemi. Przypuszczenie to wygląda bardzo ponętnie, lecz obawiam się, że jest ono zarazem niezmiernie mało prawdopodobne. Wszystkie dane wskazują na to, iż przestrzeń jest o wiele zbyt rozległa, by nasze obecne teleskopy mogły przeniknąć ją całą dokoła, tak jak Ziemia jest zbyt wielka, by można było przy pomocy zwykłego małego odbiornika słuchać programu radiowego drogą „naokoło świata".

Ważną jest rzeczą uprzytomnić sobie, że skończoność przestrzeni ma t e n charakter, co skończoność p o w i e r z c h n i Ziemi, nie zaś trójwymiarowej b r y ł y ziemskiej. Bryła ziemska jest również skończona, lecz w zupełnie inny sposób. Podróżując wprost przed siebie poprzez bryłę ziemską, doszlibyśmy z czasem do czegoś, co n i e j e s t Ziemią: przewierciwszy tunel przez całą Ziemię, wyszlibyśmy w końcu znów na otwarte powietrze. Z drugiej strony, podróżując w linii prostej po powierzchni ziemskiej, nie napotkamy n i g d y czegoś, co nie byłoby częścią tej powierzchni. Podobnie z przestrzenią: nie podobna w y j ś ć z niej do czegoś, co nie byłoby przestrzenią.

Lepszy obraz stanu rzeczy uzyskamy, być może, porównawszy przestrzeń do błonki kulistej bańki mydlanej: wówczas nas samych, wszystkie przedmioty materialne istniejące w przestrzeni, światło w niej wędrujące, należałoby porównać do jakichś rzeczy, które mogą istnieć jedynie w błonce mydlanej i nie mają nawet pojęcia o tym, że można by z niej wyjść na zewnątrz. Teoria względności

Einsteina wykazuje, że przestrzeń jest skończona w tym samym znaczeniu, jak błonka bańki mydlanej.

Rozszerzanie się Wszechświata

W ostatnich latach rozwój tych poglądów doprowadził do wyników zgoła nieoczekiwanych. Każdemu dziecku wiadomo, że wprawdzie nie trudno jest wydmuchać bańkę mydlaną, lecz o wiele trudniej utrzymać ją „przy życiu" dłużej, niż np. minutę, gdyż z biegiem czasu staje się ona coraz bardziej skłonną do pękania. Otóż ostatnio wykryto, że z Wszechświatem sprawa przedstawia się w ten sam sposób. Matematyk belgijski, ks. Lemaître, wykazał, że wszechświat Einsteina przypomina pod pewnym względem bańkę mydlaną — jest mianowicie *nietrwały*, jakkolwiek nie zupełnie w tym samym znaczeniu, co bańka mydlana wydmuchana z rurki. Nietrwałość Wszechświata przejawia się w jego niezdolności do „zachowania" „spokoju": *już w chwili swego powstania, Wszechświat poczyna się rozszerzać i musi rozszerzać się nieograniczenie bez przerwy*. Przypomina to nie tyle bańkę mydlaną wydmuchaną i oddzieloną od rurki, co raczej bańkę, którą właśnie wydmuchujemy: rozmiary Wszechświata rosną nieustannie i będą wzrastały przez całą wieczność. W miarę rozszerzania się bańki mydlanej staje się ona coraz to cieńszą, poszczególne zaś jej części wciąż oddalają się od siebie. Podobnie przy rozszerzaniu się Wszechświata rozmieszczenie różnych ciał niebieskich w przestrzeni rzednie coraz bardziej, a mgławice, wielkie „miasta" gwiazdowe, leżące w „błonce mydlanej", stale oddalają się od siebie. Już obecnie większość ich jest tak daleko, że by je dostrzec trzeba potężnych teleskopów; z biegiem czasu

odległość ta wzrośnie jeszcze bardziej, tak iż staną się niezbędne jeszcze silniejsze narzędzia optyczne.

Sprawa przedstawia się jednak jeszcze gorzej pod innym względem. Nie tylko bowiem wzrastają nieustannie rozmiary Wszechświata, lecz również *rośnie* sama *prędkość rozszerzania się;* musi więc nadejść czas, kiedy prędkość ta stanie się tak wielka, że promień świetlny nie będzie w ogóle w stanie okrążyć Wszechświata całkowicie: w czasie, w którym światło przebywa np. drogę miliona km, obwód Wszechświata wzrośnie o dwa miliony km, tak iż światło będzie miało po upływie tego czasu d ł u ż s z ą drogę do przebycia, niż poprzednio. Widzenie „dokoła Wszechświata" będzie wówczas tak samo niemożliwe, jak dopędzenie pociągu, który j u ż biegnie szybciej od nas. Wspomniałem przed chwilą, że czas taki nadejść musi; należy tu dodać, że jeśli wierzyć obliczeniom matematyków, *czas ten już w rzeczywistości nadszedł* — pojawiliśmy się więc we Wszechświecie za p ó ź n o, by móc widzieć „dokoła przestrzeni".

Astronomowie mają metody pomiaru prędkości, z jakimi ciała niebieskie zbliżają się, względnie oddalają od nas, tak iż powinniby powiedzieć nam coś o tym, czy rzeczywiście dalekie mgławice oddalają się od nas tak, jak zapewniają matematycy.

Ucieczka mgławic

Otóż wyniki pomiarów prędkości mgławic są zdumiewające; okazuje się, że, praktycznie biorąc, *wszystkie mgławice „uciekają" od nas z szalonymi szybkościami.* Prędkość tysiąca kilometrów na sekundę uważana jest tu za bardzo małą; przeważna ilość oddala się od nas z pręd-

kościami o wiele większymi. Niedawno w obserwatorium na Mount Wilson stwierdzono, że jedna z mgławic oddala się z prędkością 42 milionów km na godzinę, czyli 200 000 razy większą od prędkości samolotu.

Jednakże właśnie owe tak ogromne liczby nasuwają wielu astronomom podejrzenie, iż nie posiadają one znaczenia r e a l n e g o. Jeśli wartości te odpowiadają istocie rzeczy, to cały Wszechświat rozszerza się — można by nawet powiedzieć: wybucha — z szaloną, uwzględniając astronomiczną skalę czasu, szybkością; Wszechświat byłby zjawiskiem o wiele bardziej n i e t r w a ł y m i przejściowym niż się to zwykle przypuszcza. Z drugiej zaś strony, przeważna część danych astronomicznych świadczy na korzyść wprost przeciwnego poglądu.

W i e k g w i a z d można ocenić różnymi metodami — na podstawie ich mas, wyglądu ruchów itd. — podobnie, jak o wieku konia sądzimy po zębach i po wyglądzie. O ile wiemy obecnie, wszystkie dane świadczą o tym, że *gwiazdy istnieją już od bilionów lat.* Jeśli ocena ta jest słuszna, to Wszechświat nie mógł w rzeczywistości rozszerzać się s t a l e z tą olbrzymią prędkością, o jakiej zdają się mówić pozorne ruchy mgławic; rozszerzanie takie mogłoby bowiem zachodzić z tą prędkością najwyżej od k i l k u m i l i a r d ó w l a t, inaczej trzeba by przypuścić, iż Wszechświat zaczął się rozszerzać od objętości równej z e r u, czy nawej mniejszej od zera.

Nie sądzę, aby same p o m i a r y, z których wynikają tak wielkie prędkości oddalania się mgławic, miały być błędne; pomiary tego rodzaju są łatwe i bezwątpienia względnie dokładne. Chodzi tu raczej o to, że zasada, na której są one oparte, może być podana w wątpliwość: najrozmaitsze czynniki mogą symulować efekty, wywołane

przez wielkie prędkości oddalania się i może się zdarzyć, że jeden z tych czynników jest właśnie sprawcą owych pozorów zdumiewająco wielkich prędkości.

Lecz jeśliby nawet pomiary, jak i cała ich interpretacja były zupełnie błędne, jeśliby owe przypuszczalne prędkości okazały się całkowicie złudzeniem, to pomimo tego byłoby rzeczą prawdopodobną, że Wszechświat rozszerza się. Matematyczna praca L e m a î t r e'a dowodzi, że w żadnym razie *Wszechświat nie może znajdować się w stanie spoczynku.* Zachodzi jedynie pytanie, czy rozszerza się on z tą olbrzymią prędkością, na jaką zdają się na pozór wskazywać obserwacje mgławic, czy też z jakąś prędkością mniejszą. Zagadnienie to, natury już bardzo specjalnej, pozostaje jeszcze otwarte; niewątpliwie jednak nauka wkrótce znajdzie na nie odpowiedź. Trudno zresztą dziwić się, że nie uczyniła tego dotychczas, jeśli zważymy, jak niedawno zaczęła ona rozważać Wszechświat wzięty jako c a ł o ś ć.

Rozmiary Wszechświata

Jeżeliby Wszechświat powstał był dopiero n i e d a w n o, tak iż nie zdążyłby dotychczas rozszerzyć się w znacznej mierze, wówczas krzywizna jego zależałaby wyłącznie od rozmieszczenia materii. Można stąd obliczyć, że jeden obieg światła dokoła Wszechświata trwałby około *500 miliardów lat.*

Z drugiej strony, jeżeli pozorne prędkości oddalania się mgławic odzwierciadlają jedynie r z e c z y w i s t e rozszerzanie się Wszechświata i nie posiadają innych przyczyn, wówczas Wszechświat w stanie pierwotnym, nim zaczął się rozszerzać, musiał być daleko mniejszy: droga

światła dokoła niego wyniosłaby zaledwie około *8 miliardów lat światła*. Wszechświat dzisiejszy, o rozmiarach zwiększonych dzięki rozszerzaniu się, jest oczywiście większy, trudno jednak powiedzieć, o ile; wiemy tylko, że obwód jego nie może w każdym razie przekraczać 500 miliardów lat światła, odpowiadających Wszechświatowi nie rozszerzającemu się w ogóle.

Niezależnie od tego, jaka interpretacja pozornych ruchów mgławic okaże się słuszną, można powiedzieć, iż *obwód Wszechświata zawarty jest w granicach od 8 do 500 miliardów lat światła*. Granice to bardzo szerokie, a jednak, z pewnego punktu widzenia, liczba dokładna nie posiada większej wagi, najmniejsza bowiem dopuszczalna wartość przekracza całkowicie moc naszej wyobraźni. W każdym bądź razie, największa odległość, jaką przeniknęły dotychczas teleskopy, tj. 140 milionów lat światła, stanowi jedynie bardzo małą cząstkę obwodu Wszechświata.

Materia Wszechświata

W granicach tej odległości 140 milionów lat światła naliczono około dwóch milionów mgławic. Każda z nich zawiera tyle materii, co dwa miliardy Słońc, całkowity więc zasób materii w obszarze dostępnym naszym teleskopom można oszacować na około *4 tysiące bilionów Słońc*. Oczywiście, całkowita ilość materii we Wszechświecie musi być znacznie większa.

Eddington obliczył, że gdyby mgławice rzeczywiście oddalały się z prędkościami takimi, o jakich zdają się świadczyć obserwacje, to całkowita ilość materii we Wszechświecie wynosiłaby *11 000 trylionów Słońc* — pra-

wie 3 miliony razy więcej od tej ilości, którą możemy dostrzec przy pomocy teleskopów. Jeżeli te części Wszechświata, których widzieć nie możemy, są w zasadzie podobne do części znanych, to wynika stąd, że *cały Wszechświat jest blisko 3 miliony razy większy od cząstki dostępnej obserwacjom.* W tym przypadku *obwód Wszechświata wynosiłby około 100 miliardów lat światła:* jeśliby rozszerzanie się ustało nagle, światło zużyłoby tyle czasu na jedno okrążenie Wszechświata. Ocena ta jednak jest nadzwyczaj n i e p e w n a i jeśliby część pozornej prędkości oddalania się mgławic okazała się nierealną, tak iż rzeczywiste prędkości mgławic byłyby mniejsze, to całkowita ilość materii we Wszechświecie musiałaby być większa niż przypuściliśmy, a jednocześnie należałoby przypisać Wszechświatowi odpowiednio większe rozmiary.

Jeśli wolno nam sądzić według tego, co widzimy w obszarach przestrzeni, dostępnych dla obserwacyj teleskopowych, to znaczna część materii Wszechświata skondensowała się już w g w i a z d y. Oczywiście, jest rzeczą niemożliwą podać przybliżoną nawet ocenę ogólnej ilości gwiazd we Wszechświecie; wielkość tej liczby uzmysłowić może takie np. porównanie: jest ona tego samego rzędu, co ilość *ziarnek piasku* na wszystkich wybrzeżach morskich całej Ziemi; albo, że równa się mniej więcej liczbie kropel deszczu, spadających na obszarze Londynu podczas całodziennej ulewy. Pamiętajmy przy tym, że przeciętna gwiazda jest około miliona razy większa od Ziemi.

Można by sądzić, że przestrzeń, mieszcząca takie ilości olbrzymich gwiazd, powinnaby być niesłychanie „natłoczona" nimi: tymczasem sprawa przedstawia się właśnie na odwrót — przestrzeń jest wprost niewyobrażalnie pusta. Pozostawmy w Europie przy życiu tylko trzy osy —

będą one wówczas gęściej rozmieszczone w powietrzu nad Europą, niż rozmieszczone są gwiazdy w przestrzeni, przynajmniej w znanych nam okolicach Wszechświata.

Wiek Wszechświata

Niepodobna orzec coś pewnego o *wieku Wszechświata*, dopóki nie zostanie rozwiązane zagadnienie pozornego oddalania się mgławic. Jeżeli prędkości owe okażą się czymś rzeczywistym, wówczas będziemy zmuszeni wtłoczyć jakoś dzieje Wszechświata w niewielki okres paru miliardów lat. W chwili obecnej wszystkie dane astronomiczne zdają się wielkim głosem protestować przeciw tak krótkiej przeszłości; wydaje się rzeczą niemal niemożliwą wyjaśnić obecne ugrupowanie gwiazd, jeśliby dotychczasowe życie ich miało być tak krótkie. Dlatego też przypuszczam, że „ucieczka mgławic" okaże się pozorną; w tym przypadku rozmieszczenie gwiazd świadczy o przeszłości wynoszącej *biliony lat* i przyszłości równie długiej, jeśli nie dłuższej jeszcze. Dane, jakimi rozporządzamy obecnie, są bardzo nie jasne, lub nawet sprzeczne i bardzo daleko nam jeszcze do osiągnięcia jakichś wniosków ostatecznych.

W każdym bądź razie, niezależnie od tego, która alternatywa odniesie zwycięstwo, możemy być pewni, że Wszechświat istnieje od czasów b a r d z o d a w n y c h, jeśli sądzić według naszej ludzkiej skali czasowej: życie człowieka, życie narodów, a nawet cała historia ludzkości są n i c z y m w porównaniu z wiekiem Wszechświata Gwiazdy były prawie takie same jak obecnie, nim człowiek pojawił się na Ziemi, — i według wszelkiego prawdopodobieństwa prawie takie same będą w chwili zgonu ostatnie-

go człowieka. Cała historia rasy ludzkiej —*to jedno mgnienie oka w porównaniu z wiekiem gwiazd.*

My, ludzie, widzimy Wszechświat tak, jak wędrowiec widzi krajobraz, oświetlony zygzakiem błyskawicy. Istniał on od dawna, zanim objawił się nam w tym świetle przelotnym i będzie istniał długo po ponownym zapadnięciu ciemności. Błysk jest tak krótki, że w czasie jego trwania nie dostrzegamy żadnych zmian w krajobrazie, a wiemy przecież, że zmiany te zachodzą. Gdybyśmy mogli oświetlić go czymś, co trwa dłużej niż błyskawica, ujrzelibyśmy wiecznie zmieniający się obraz wzrostu i rozwoju, po którym idzie nieuchronny upadek i zanik. Przypuszczamy, że Wszechświat również nie jest tworem niezmiennym: żyje on i wędruje drogą, wiodącą od narodzin do śmierci, jak i my wszyscy. Nauka bowiem nie zna innych przemian, oprócz starzenia się, i innego postępu, oprócz zbliżania się do grobu. O ile sądzić możemy obecnie, cały Wszechświat materialny jest przykładem tego stanu rzeczy, przykładem w skali olbrzymiej.

Widzieliśmy, że gwiazdy rozpływają się w promieniowanie tak pewnie i nieuchronnie, jak topnieje góra lodowa w ciepłym morzu. Nie wiadomo dotąd na pewno, jak daleko sięgają owe przemiany, lecz nie ulega najmniejszej wątpliwości, że Słońce waży dziś o wiele bilionów ton mniej, niż przed miesiącem. Ponieważ to samo dzieje się z innymi gwiazdami, więc cały Wszechświat zawiera dziś *mniej materii, niż* miesiąc temu.

Lecz nie tylko ilość materii we Wszechświecie maleje; to, co pozostaje, nieustannie rozprasza się w przestrzeni coraz dalej, coraz szerzej. Słońce tracąc wciąż masę, wywiera coraz słabsze przyciąganie na planety, które zatem, wraz z Ziemią, nieustannie oddalają się zwolna odeń w lodowa-

tą głąb przestrzeni. Zresztą, i wszystkie gwiazdy układu Galaktycznego utrzymuwane są w swym ugrupowaniu dzięki wywieranym na się wzajemnie siłom grawitacyjnym; siły te słabną ciągle wobec utraty przez gwiazdy masy na rzecz promieniowania, to zaś pociąga za sobą r o z s z e r z a n i e się układu gwiazdowego. *Nasze zbiorowisko gwiazd rośnie i rośnie bez przerwy, poszczególne jego światła zaś wciąż słabną;* to samo odnosi się oczywiście do wszystkich innych układów gwiazdowych. Oprócz tego istnieje jeszcze ogólne rozszerzanie się Wszechświata — wydmuchiwanie bańki mydlanej — tak, że i same zbiorowiska gwiazdowe oddalają się od siebie nieustannie. *Wszechświat materialny zdaje się przemijać, jak dźwięk gasnący w oddali; zdaje się rozpływać w nicość — jak wizja.* Trudno by oczekiwać, aby ludzkość, której cywilizacja datuje się zaledwie od ostatniego uderzenia „zegara astronomicznego", mogła już zrozumieć znaczenie tego, co rozgrywa się przed jej oczyma. Kiedyś, być może, zrozumiemy; dziś możemy jedynie pytać i podziwiać.

DODATKI

Przewodnik po niebie — Spis 20 najjaśniejszych gwiazd — Planety — Ruchy planet

DODATEK I[1]

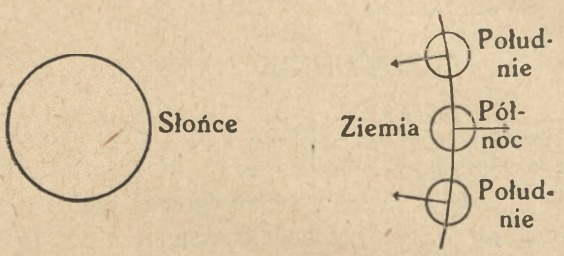
PRZEWODNIK PO NIEBIE

DWIE *mapki nieba* dołączone na końcu książki, posłużą czytelnikowi pomocą przy utożsamianiu konstelacyj, odszukiwaniu gwiazd i innych ciał niebieskich. Najpierw musimy jednak nieco dokładniej opisać pozorne ruchy ciał niebieskich. Ściśle mówiąc, twierdzenie, że Ziemia obraca się dokoła swej osi raz na 24 godziny, jest prawdziwe tylko w przybliżeniu: tyle czasu upływa od chwili, gdy Słońce znajduje się najwyżej na niebie jednego dnia, do takiego samego momentu w dniu następnym. Ziemia wszakże wykonała w tym czasie nieco więcej, niż jeden pełny obrót. Pełny obrót sprowadza Ziemię do tego samego położenia względem gwiazd, ponieważ jednak Słońce wciąż przesuwa się po sklepieniu niebieskim, Ziemia musi obrócić się jeszcze o pewien mały kąt, aby znaleźć się z powrotem w tym samym położeniu względem Słońca (p. rys. 2).

Słońce zdaje się okrążać niebo raz w przeciągu roku, tak iż całkowita suma tych nadwyżek obrotu, obliczona na jeden rok, wyniesie dokładnie jeden całkowity obrót Ziemi. Że zaś rok zawiera 365¼ dni, znaczy to, iż Ziemia czyni

[1] Układ i znaczną część treści niniejszego dodatku zaczerpnięto z dzieła Roberta Balla „Primer of Astronomy". Całość została napisana na nowo i zmodernizowana.

366¼ obrotów w ciągu 365¼ dni, skąd jako czas jednego obrotu wypada: *23 godziny, 56 minut i 4 sekundy.* Tyle czasu zużywa Ziemia codziennie na dokonanie jednego pełnego obrotu w przestrzeni, ponadto zaś jeszcze 3 minuty i 56



Rys. 2.

sekund na dogonienie Słońca, które zdążyło się nieco przesunąć na niebie w ciągu tych 24 godzin.

Czas gwiazdowy

Jeżeli uregulujemy wahadło zegara (o tarczy 24-godzinnej) w ten sposób, aby śpieszył się o 3 minuty 56 sekund na dobę, to położenia wskazówek będą powtarzały się co 23 godz. 56 min. 4 sek. Zawsze więc, gdy zegar taki wskazuje tę samą godzinę, np. 2-gą, czy jakąkolwiek inną, Ziemia jest tak samo zorientowana w przestrzeni i nad horyzontem znajdują się dokładnie t e s a m e gwiazdy.

Zegary takie znajdują się w każdym obserwatorium. Istotnie, zwykły zegar mówi nam, gdzie na niebie w danej chwili jest Słońce, tamte zegary zaś wskazują p o ł o ż e n i e g w i a z d, t. zn. tak zwany *„czas gwiazdowy"*.

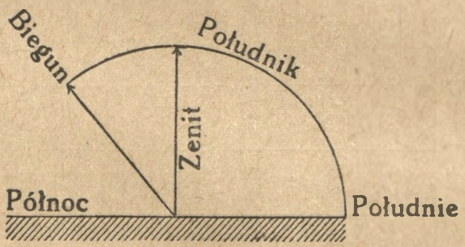
CZAS GWIAZDOWY

Czas miejscowy / Miesiąc	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8
Styczeń	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Luty	—	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	—
Marzec	—	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	—
Kwiecień	—	—	—	IX	X	XI	XII	XIV	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	—	—	—
Maj	—	—	—	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	—	—	—
Czerwiec	—	—	—	—	—	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	—	—	—	—	—
Lipiec	—	—	—	—	—	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	—	—	—	—	—
Sierpień	—	—	—	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	—	—	—
Wrzesień	—	—	—	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	—	—	—
Październik	—	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	—
Listopad	—	XXI	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	—
Grudzień	XXII	XXIII	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII

Wprawia się je w ruch, o godzinie zerowej, gdy gwiazdy posiadają pewne położenie umówione i odtąd wskazują one stale ów czas gwiazdowy.

Wobec tego, że nie każdy posiada zegar gwiazdowy, na str. 161 zestawiono tabliczkę, która podaje czas gwiazdowy z dokładnością do godziny, co na ogół pozwala zorientować się na niebie w stopniu wystarczającym do utożsamiania gwiazd.

Wiemy, że biegun niebieski leży dokładnie w stronie północnej; wobec tego linia, przeprowadzona odeń do *ze-*



Rys. 3.

nitu (punkt, leżący dokładnie pionowo nad głową) i dostatecznie przedłużona, musi w końcu przeciąć widnokrąg ściśle w punkcie południowym. Linia ta nazywa się *południkiem*. Każda gwiazda przechodzi przez południk codziennie w tym samym czasie gwiazdowym. Tak np. Syriusz przechodzi przez południk *(„góruje")* zawsze o godz. $6^h\ 40^m$ czasu gwiazdowego, w punkcie, odległym o 106 stopni od bieguna północnego. Powiadamy, że *„wznoszenie proste"*

Syriusza wynosi $6^h 40^m$, a *„północna odległość biegunowa"* 106°.

Pierwsza z dwóch mapek nieba na końcu książki zawiera wszystkie jasne gwiazdy do odległości 115° od bieguna północnego, tzn. obejmuje tę część sklepienia niebieskiego, która jest dobrze widzialna w naszych szerokościach geograficznych. Gwiazdy bardziej odległe od bieguna północnego albo znajdują się stale pod horyzontem, albo też przebywają zbyt blisko horyzontu, aby można było dogodnie je obserwować. Znajdujemy je na II mapce nieba [1].

Aby dowiedzieć się, w jakim miejscu nieba znajduje się w danej chwili jakaś gwiazda, trzeba przede wszystkim z podanej wyżej tablicy znaleźć odpowiedni czas gwiazdowy. Przypuśćmy, że jest 7-ma godzina czasu gwiazdowego; znaczy to, że wszystkie gwiazdy o wznoszeniu prostym, wynoszącym 7 godz. są właśnie w południku. Mapka zaś wskazuje nam, o które gwiazdy chodzi, na obwodzie podane są bowiem cyframi rzymskimi wznoszenia proste, wyrażone w godzinach. Stąd zaś możemy już w przybliżeniu znaleźć położenie każdej innej gwiazdy.

Gwiazdy na mapkach są podzielone na cztery klasy według ich jasności pozornej: gwiazdy 1-szej, 2-giej, 3-ej i 4-ej *„wielkości"*. Do *pierwszej wielkości* zaliczamy około dwudziestu najjaśniejszych na niebie gwiazd: gwiazdę, dającą 40% tej ilości światła, co gwiazda 1-ej wielkości, nazywamy gwiazdą wielkości 2-ej itd., przy

[1] W miejscowości o szerokości geograficznej np. 50° (Kraków, Lwów), teoretycznie może być jeszcze dostrzeżona gwiazda, odległa od bieguna o 130°. *Przyp. tłum.*

czym każde zmniejszenie blasku o 60% odpowiada jednemu stopniowi w skali „wielkości".

Gwiazdy różnych „wielkości" zaznaczono na mapkach kółkami różnych rozmiarów, przy czym gwiazdom najjaśniejszym odpowiadają kółeczka największe.

Obszary gwiazdowe

Na załączonych mapkach nieba całe niebo podzielone jest na 20 obszarów następujących.

OBSZARY PÓŁNOCNE

L.p.	*N a z w a*	*Wznoszenie proste*		*Odległość od bieg. płn.*
1	O. Polarnej	wszelkie		do odl. 25°
2	Kasjopei	od XXII	do II	
3	Kozy (Capelli)	II	VI	przeszło 25°
4	Bliźniąt	VI	X	a mniej niż 70°
5	Wielkiej Niedźwiedzicy	X	XIV	od bieguna
6	Herkulesa	XIV	XVIII	północnego
7	Węgi	XVIII	XXII	

OBSZARY RÓWNIKOWE

L.p.	*N a z w a*	*Wznoszenie proste*		*Odległość od bieg. płn.*
8	O. Wieloryba	od 0	do IV	
9	Syriusza	IV	VIII	przeszło 70°
10	Regulusa	VIII	XII	a mniej niż 110°
11	Arktura	XII	XVI	od bieguna
12	Altaira	XVI	XX	północnego
13	Pegaza	XX	XXIV	

OBSZARY POŁUDNIOWE

L.p.	Nazwa	Wznoszenie proste		Odległość od bieg. płn.
14	O. Fomalhaut	od XXII	II	
15	Rzeki Erydan	II	VI	przeszło 110°
16	Canopus	VI	X	a mniej niż 155°
17	Krzyża Południowego	X	XIV	od bieguna
18	Centaura	XIV	XVIII	północnego
19	Strzelca	XVIII	XXII	
20	Bieguna Południowego	wszelkie		przeszło 155°

W dalszym ciągu podajemy opis ważniejszych i ciekawszych obiektów, zawartych w każdym z tych obszarów.

Obszary północne

Obszar 1 — *Gwiazdy Polarnej* (p. tabl. IV)

Obejmuje on cały gwiazdozbiór Małej Niedźwiedzicy (Ursa Minor), tudzież części gwiazdozbiorów Cefeusza (Cepheus), Żyrafy (Camelopardalis), Smoka (Draco), Kasjopei (Cassiopeia) i Wielkiej Niedźwiedzicy (Ursa Major). Ciekawszych obiektów zawiera niewiele poza gwiazdą *Polarną* (czyli *Biegunową*, α Małej Niedźwiedzicy). Tę ostatnią łatwo utożsamić przy pomocy mapki lub tabl. IV; można ją również znaleźć, posługując się dwoma „tylnymi kołami" Wielkiego Wozu (Wielkiej Niedźwiedzicy, ob. obszar 5): prosta, przeciągnięta od β do α Wielkiej Niedźwiedzicy i przedłużona mniej więcej pięciokrotnie, kończy się w pobliżu Polarnej. Omyłka jest niemożliwa, gdyż w sąsiedztwie nie ma żadnej innej jasnej gwiazdy.

Zaznaczyliśmy już poprzednio (p. również tabl. IV), że gwiazda Polarna nie schodzi się dokładnie z biegunem, do-

koła którego zdaje się obracać całe sklepienie niebieskie, a mianowicie jest odeń odległa o 1¼°, tj. o ćwierć odstępu pomiędzy „tylnymi kołami Wielkiego Wozu", który wynosi 5°. Owa odległość jest dwa i pół razy większa od średnicy pozornej Słońca lub Księżyca; może to nasuwać przesadne wyobrażenie o jej wielkości, gdyż z powodu swego jasnego blasku zarówno Słońce, jak Księżyc, dają nader złudne wrażenie znacznych rozmiarów. Rzeczywisty biegun leży na linii, łączącej Polarną z ζ Wielkiej Niedźwiedzicy, tj. przedostatnią gwiazdą w „ogonie".

Polarna znajduje się od nas w odległości paruset lat światła, musi więc to być gwiazda o niezwykle wielkiej sile świetlnej. Jest ona zmienną o okresie 4 dni i ma towarzyszkę, o wiele od niej słabszą.

Obszar 2 — *Kasjopei* (p. tabl. II)

Obszar ten obejmuje głównie gwiazdozbiory Kasjopei, Andromedy (Andromeda) i część Pegaza (Pegasus) (p. str. 10). Kasjopeja leży w tej samej mniej więcej odległości od gwiazdy Polarnej, co Wielka Niedźwiedzica, lecz dokładnie po przeciwnej stronie. Pięć głównych gwiazd jej łatwo rozpoznać, gdyż tworzą one wielką literę W — „krzesło Kasjopei". Ostatnia gwiazda na prawo w tym W jest β Kasjopei, czyli Kaf, sąsiednia zaś nosi nazwę Schedar (α Kasjopei). Dwie te gwiazdy stanowią podnóżek „krzesła".

Linia przeciągnięta od β do α i przedłużona mniej więcej czterokrotnie, prowadzi nas do γ Andromedy, czyli Almak, jednej z najpiękniejszych gwiazd podwójnych. Jaśniejsza gwiazda tej pary jest żółta, słabsza zaś — niebieskawo-zielona; gwiazdy te porównywano do topazu i szma-

ragdu. W dobrym teleskopie widać, że gwiazda szmaragdowa składa się znowu z dwóch gwiazd, które obiegają jedna dokoła drugiej raz na 55 lat. Gwiazdy te znajdują się w odległości około 400 lat światła, muszą więc w rzeczywistości posiadać bardzo znaczną siłę świetlną.

Mniej więcej na połowie drogi między γ Andromedy a najbliższym wierzchołkiem wielkiego *czworokąta Pegaza* znajdujemy gwiazdę 2-ej wielkości β Andromedy; ta zaś z kolei ułatwia odnalezienie bardzo ważnego obiektu, mianowicie *Wielkiej mgławicy w Andromedzie* (str. 119), jedynej wśród mgławic regularnych, widzialnej bez trudu okiem nie uzbrojonym. Leży ona na linii, łączącej β Kasjopei z β Andromedy w ¼ odległości od tej ostatniej.

Obszar 3 — *Kozy (Capelli)* (Tabl. III)

W obszarze tym Droga Mleczna przebiega przez gwiazdozbiór Woźnicy (Auriga), zawierający jasną gwiazdę Kozę (Capella), czyli α Woźnicy.

Kozę znaleźć łatwo, gdyż leży ona na połowie drogi pomiędzy pasem Oriona a gwiazdą Biegunową; w jej stronę wskazuje również najdłuższy bok czworokąta Wielkiej Niedźwiedzicy. Przy utożsamianiu pomocną może być także znajdująca się w pobliżu grupka trzech jasnych gwiazd o kształcie litery V — „Koźlęta" (Haedi).

Capella przechodzi przez południk o północy na początku grudnia i znajduje się wówczas zaledwie o 7° na południe od zenitu[1]. Gwiazda to charakterystyczna dla nocy zimowych, podobnie jak Wega (obszar 7) uświetnia noce letnie. Koza jest odrobinę mniej jasna od Wegi, lecz obie

[1] W Warszawie. *Przyp. tłum.*

przewyższają jasnością wszystkie gwiazdy półkuli północnej. Na półkuli południowej jaśniejsze są od nich Syriusz, Canopus i α Centaura (p. Dodatek II).

Capella jest gwiazdą podwójną: odległość jej od nas wynosi 52 lata światła, przy czym wartość ta jest wyznaczona z dużą dokładnością. Dwie składowe wysyłają odpowiednio 105 i 80 razy więcej światła niż Słońce i obiegają dokoła siebie raz na 104 dni. Większa z nich ma średnicę 11 razy, objętość zatem około 1300 razy większą od słonecznej, masę natomiast zaledwie $4^1/_5$ razy większą. Średnica mniejszej gwiazdy wynosi połowę średnicy towarzyszki, masa zaś około $^4/_5$ masy tejże. Obie są żółtymi olbrzymami (p. str. 91).

Na tym samym prawie równoleżniku, co Koza (tj. w tej samej odległości od bieguna) leży β Woźnicy. Jest to znów układ podwójny, utworzony z dwóch gwiazd, obu większych od Słońca, które obiegają jedna wokół drugiej w okresie blisko 4 dni, przy czym zasłaniają się wzajemnie przy każdym obiegu, wskutek czego blask gwiazdy ulega czasowemu przyćmiewaniu. Odległość układu od nas wynosi około 100 lat światła; składowe jego posiadają jednakową siłę świetlną, mniej więcej 50 razy większą od słonecznej. Są to gwiazdy należące do ciągu głównego, o tych samych w przybliżeniu cechach fizycznych, co Syriusz.

Na południe od α i β Woźnicy (w odległości mniej więcej dwa razy większej od każdej z nich, niż odległość wzajemna wymienionych gwiazd), znajdujemy inną jasną gwiazdę, β Byka, drugą z kolei jasności w gwiazdozbiorze tej nazwy, którego znaczna część przypada w omawianym obszarze. Najjaśniejsza gwiazda tej konstelacji, α Byka, czyli Aldebaran, leży w obszarze 9, część wszakże, przypadająca w obszarze 3, zawiera sławną gromadę gwiazdo-

wą, znaną od czasów starożytnych pod nazwą Plejad. Nawet dla oka nie uzbrojonego jest ona uderzającym zjawiskiem, lecz o wiele ciekawszy widok przedstawia w lunetce o małym powiększeniu. Jest to grupa gwiazd fizycznie związanych z sobą, poruszających się w przestrzeni z tą samą prędkością i w tym samym kierunku, jakby klucz lecącego w powietrzu dzikiego ptactwa.

Przeprowadziwszy linię prostą od β Woźnicy do Capelli, i przedłużywszy ją dalej dwukrotnie, napotykamy Algola czyli β Perseusza, drugą z kolei jasności gwiazdę tego gwiazdozbioru. Jest to nader sławna *gwiazda zmienna*, której zmienność znana była od czasów najdawniejszych. Jest to również układ podwójny, złożony z gwiazdy jasnej oraz ciemnej, obiegających dokoła siebie raz na 2 dni 21 godzin, i *zasłaniających* się na wzajem przy każdym obiegu. Skoro ciemna gwiazda znajdzie się przed jasną, światło Algola poczyna nagle słabnąć i spada do jednej trzeciej wartości normalnej, po czym od razu zaczyna wzrastać i osiąga tę wartość z powrotem. Spadek i wzrost jasności trwają po 4 godziny, zmiany jasności zaś są doskonale widoczne dla oka nie uzbrojonego. Na północ od Algola, oddzielona odeń gałęzią Drogi Mlecznej, leży jasna gwiazda α Perseusza, czyli Mirfak.

Gwiazdozbiór Perseusza zawiera również dwie piękne „gromady" złożone z jasnych gwiazd. Obie widoczne są dla gołego oka w postaci jasnych plamek na tle Drogi Mlecznej, aczkolwiek oczywiście gwiazdy, w ich skład wchodzące, są nieporównanie bliższe nas od gwiazd Drogi Mlecznej. Leżą one prawie dokładnie na linii, łączącej α Perseusza z δ Kasjopei, mniej więcej w odległości dwóch piątych od tej ostatniej. Przy pomocy małej lunetki widać

piękną podkowę z gwiazd w jaśniejszej gromadzie, i dwa trójkąty gwiazdowe w słabszej.

Obszar 4 — *Bliźniąt*

Obszar 4 obejmuje większą część gwiazdozbiorów Bliźniąt (Gemini), Raka (Cancer) i cały gwiazdozbiór Rysia (Lynx). Najwybitniejszymi obiektami są tu dwie najjaśniejsze gwiazdy, α i β konstelacji Bliźniąt, Kastor i Polluks. Kastor, najpiękniejsza zapewne gwiazda podwójna północnego nieba, stanowi wspaniały obiekt dla obserwacyj przy pomocy małych lunet. Jedna składowa jest mniej więcej dwa razy jaśniejsza od drugiej; rzeczywista jasność ich wynosi 23 i 11 w stosunku do Słońca, odległość zaś od nas mierzy 43 lata światła. Pod względem budowy fizycznej gwiazdy te zbliżają się do typu Syriusza. Masa łączna obu składowych przewyższa 5½ razy masę Słońca, okres obiegu wynosi 306 lat. Do systemu tego należy jeszcze trzeci składnik, α Bliźniąt C, słaba gwiazda czerwona, o sile świetlnej 25 razy mniejszej niż Słońca, dostrzegalna tylko przy pomocy dobrej lunety.

W ostatnich czasach wykryto, że każda z tych trzech składowych jest sama gwiazdą podwójną, tak iż w rzeczywistości Kastor jest kolonią, złożoną z sześciu gwiazd. Podziału trzech gwiazd głównych na pary nie podobna dostrzec wizualnie nawet przy pomocy największych teleskopów; jednakże, posługując się metodami epektroskopowymi, podobnymi do tych, których używa się przy pomiarze prędkości ruchu odległych mgławic (str. 151), można wykazać, że każda z owych trzech gwiazd składa się z dwóch części, poruszających się z różnymi prędkościami: muszą to być zatem bryły odrębne, okrążające się na wzajem w tak

małej odległości, że w żadnym teleskopie nie podobna widzieć ich oddzielnie. Gwiazdy takie noszą nazwę *„podwójnych spektroskopowych"*. Okresy obiegu wynoszą 9,22 dni dla najjaśniejszej gwiazdy, 2,93 dla drugiej i zaledwie 0,814 dnia (tj. 20 godz.) dla słabej gwiazdy czerwonej. Obie składowe tej ostatniej regularnie zaćmiewają się na wzajem przy każdym obiegu; są one pod każdym względem podobne do siebie, o średnicy nieco większej niż połowa słonecznej i o masach równych połowie masy Słońca.

Te części gwiazdozbioru Raka, które leżą w obszarze 4, nie zawierają jasnych gwiazd, ani też innych specjalnie ciekawych obiektów.

Gwiazdozbiór Rysia obejmuje również gwiazdy niezbyt jasne, lecz znajdujemy w nim liczne układy podwójne oraz inne obiekty, mogące zainteresować posiadacza większej lunety.

Obszar 5 — *Wielkiej Niedźwiedzicy*

Najwybitniejszą grupą gwiazd w obszarze 5 jest siedem głównych gwiazd Wielkiej Niedźwiedzicy, mianowicie α czyli Dubhe, β (Merah), γ (Pheka), δ (Megrez), ε (Aliot), ζ (Mizar), i η (Alkaid); tworzą one powszechnie znaną figurę „Wielkiego Wozu". ζ czyli Mizar jest gwiazdą podwójną — rozdzieli ją nawet bardzo skromna lunetka.

Warkocz Bereniki (Coma Berenices), leżący również w tym obszarze, jest zbiorowiskiem słabych gwiazd, zbyt mało jednak skupionym, by mogło nosić nazwę gromady.

Obszar 5 obejmuje również całą niemal konstelację Psów Gończych (Canes Venatici), której α, piękna gwiazda podwójna, nosi nazwę „Serca Karola". Astronom Halley nadał jej tę drugą nazwę z inicjatywy nadwornego

medyka króla Karola II; utrzymywał on, że blask jej zwiększył się wyraźnie w wigilię powrotu monarchy do Londynu. Znaleźć ją łatwo, przedłużywszy półtora raza linię, łączącą α i γ Wielkiej Niedźwiedzicy. Koło, opisane na trzech gwiazdach „ogona" Wielkiej Niedźwiedzicy przechodzi dokładnie przez „Serce Karola". Główna gwiazda jest trzeciej wielkości, towarzyszka jej zaś, odległa o jedną trzecią minuty łuku, jest nieco słabsza niż 5 wielkości, tak iż łatwo ją oddzielić od głównej nawet przy pomocy małej lunetki.

Gwiazdozbiór ten posiada niewiele innych ciekawszych gwiazd, zawiera natomiast wspaniałą mgławicę spiralną M 51 (tabl. XLIII); odkrył ją w r. 1845 lord Rosse przy pomocy olbrzymiego sześciostopowego reflektora. W mgławicy tej po raz pierwszy dostrzeżono charakterystyczną budowę *spiralną*. W małych lunetach jednak widać niewiele więcej ponad dwie plamki mglistego światła, położone jedna obok drugiej.

Obszar 6 — *Herkulesa*

Zawiera on większą część gwiazdozbiorów Herkulesa (Hercules), Wolarza (Bootes) i Smoka. Mniej więcej w połowie drogi pomiędzy gwiazdą ζ i η Herkulesa leży wspaniała gromada kulista M 13 (p. tabl. XXXII); jakkolwiek jest to najpiękniejsza z gromad kulistych północnego nieba, to jednak ledwo można ją dostrzec okiem nie uzbrojonym i to tylko w najbardziej sprzyjających warunkach. Gromady kuliste wyraźnie widzialne gołym okiem leżą na półkuli południowej.

Pomiędzy Herkulesem a Wolarzem znajduje się piękna grupa gwiazd w kształcie litery U, Korona Północna (Co-

rona Borealis). Jest to jeden z nielicznych gwiazdozbiorów, których wygląd usprawiedliwia nazwę.

Obszar 7 — *Wegi*

Gwiazdozbiór Lutni (Lyra), położony w tym obszarze, zawiera jasną gwiazdę 1-ej wielkości α Lutni, czyli Węgę (Vega). Jest to najjaśniejsza gwiazda północnej półkuli nieba; widać ją dobrze na całej północnej półkuli ziemskiej, tudzież na znacznej części półkuli południowej. Ponieważ odległość Wegi od bieguna północnego wynosi około 51°, przebywa ona stale nad horyzontem w tych częściach północnej półkuli ziemskiej, których szerokość geograficzna przekracza 51° [1].

Węgę odnaleźć jest bardzo łatwo. Jak gwiazdy β i α czworokąta W. Niedźwiedzicy wskazują ku Polarnej, tak pozostałe dwie gwiazdy tegoż czworokąta, γ i δ, wskazują położenie Wegi. Zaznaczymy tu, że gwiazda Biegunowa, Arktur i Wega tworzą trójkąt równoboczny.

Wega przechodzi przez południk o północy w końcu czerwca, znajdując się wówczas w odległości około 13° od zenitu ku południowi [2]; o godz. 10-ej wieczór przechodzi przez południk w lipcu, o 8-ej w sierpniu itd. Wega jest zatem gwiazdą charakterystyczną dla nocy letnich, od września do lutego zaś góruje we dnie.

Pod względem budowy fizycznej Wega zbliża się do Syriusza; jasnością rzeczywistą przewyższa go dwukrotnie,

[1] W Polsce równoleżnik 51° przechodzi mniej więcej przez Kielce, Częstochowę. *Przyp. tłum.*

[2] W Warszawie. *Przyp. tłum.*

tzn. Słońce 50-krotnie. Odległość od Słońca wynosi około 26 lat światła.

Gwiazdozbiór Lutni zawiera również gwiazdę podwójną ε Lutni. Ponieważ odległość kątowa składowych wynosi $^1/_{20}$ stopnia, obserwator, obdarzony dobrym wzrokiem, może jeszcze dostrzec je oddzielnie, w noc bezksiężycową o czystym powietrzu, nawet bez użycia szkieł, jakkolwiek oczywiście lornetka teatralna jest tu wielce pomocną. Mała lunetka wystarcza, by okazać, że każda ze składowych jest ze swej strony gwiazdą podwójną.

Obszar 7 obejmuje cały gwiazdozbiór Łabędzia (Cygnus), zawierający gwiazdę 1-ej wielkości Deneb (α Łabędzia), oraz Albireo (β Łabędzia), piękną gwiazdę podwójną, której składowe różnią się barwą. Albireo leży na „dziobie" Łabędzia, na końcu jego długiej, wygiętej szyi. Obszar ten zawiera jedną z najbogatszych i najpiękniejszych części Drogi Mlecznej.

Obszary równikowe

Obecnie rozpatrzymy sześć obszarów równikowych, które znajdujemy na obu mapkach nieba.

Obszar 8 — *Wieloryba*

Z tablicy czasu gwiazdowego widzimy, że obszar ten przechodzi przez południk około godz. 6 wieczorem w styczniu, tak iż w miesiącach zimowych jest dobrze widzialny zaraz po zapadnięciu nocy. W końcu sierpnia jest on w południku około 4 rano, we wrześniu o 2-iej, w październiku o północy, w listopadzie o 10-ej wieczorem, w grudniu na koniec o 8-ej wiecz. Obszar ten nadaje się więc do obserwacyj przede wszystkim w wieczory jesienne.

Jakkolwiek Wieloryb (Cetus) uchodzi za gwiazdozbiór największy ze wszystkich, nie zawiera on wielu jasnych gwiazd, posiada bowiem tylko 2 gwiazdy 2-ej wielkości, a 9 — 3-ej i 4-ej.

W konstelacji tej leży gwiazda zmienna o (omikron) Wieloryba, czyli Mira Ceti („Cudowna Wieloryba") (str. 91). Zmienność jej blasku odkrył astronom niemiecki Fabricius przeszło 300 lat temu; jasność jej waha się nieustannie, w okresie około 11 miesięcy w bardzo rozległych granicach. Począwszy od słabej gwiazdki teleskopowej 9-ej wielkości, Mira rozjaśnia się zwolna, poprzez wielkości 8-mą, 7-mą, 6-tą, staje się dostrzegalną dla gołego oka i stopniowo dochodzi do wielkości 2-iej. Największy blask osiąga w jakieś 4 miesiące po początku rozjaśniania się i trwa w nim blisko miesiąc, po czym zaczyna stopniowo słabnąć, aż wreszcie w pięć miesięcy później staje się znów drobną gwiazdką teleskopową 9-ej wielkości, jak na początku cyklu. Słusznie też nosi nazwę „Mira" Ceti, „Cudownej" w Wielorybie, gdyż ilość światła, jaką wysyła w maksimum jest około 500 razy większa od emitowanej podczas minimum.

Pożyteczną rzeczą dla obserwatora będzie zapamiętanie sobie olbrzymiej litery W, której dolne rogi tworzą α Wieloryba (Menkar) i α Barana (Aries) (Hamal), górne końce zaś stanowią α Byka (Aldebaran), Plejady i β Perseusza (Algol).

Obszar 9 — *Syriusza*

Jest to szczególnie interesująca część nieba, obejmująca gwiazdozbiór Oriona (Orion), otoczony grupą konstelacyj, przedstawiających zwierzęta (p. str. 11). Zawiera on

cały gwiazdozbiór Oriona i Psa Małego (Canis Minor), jako też znaczne części Psa Wielkiego (Canis Major), Byka (Taurus), Zająca (Lepus) i Jednorożca (Monoceros).

Najjaśniejszą gwiazdą w konstelacji Psa Wielkiego i zresztą na całym niebie jest α Psa Wielkiego, czyli Syriusz. Leży on już na półkuli południowej nieba, jednak tylko w odległości 18° od równika, tak iż widzialny jest na całej Ziemi z wyjątkiem niewielkiego obszaru dokoła bieguna północnego. Syriusz przechodzi przez południk o północy mniej więcej koło Nowego Roku, tak iż w naszych szerokościach można go najlepiej obserwować wieczorami na wiosnę, lub po północy jesienią. Już samo piękne, barwne iskrzenie się czyni zeń uderzające zjawisko. W rzeczywistości jest to typowa gwiazda biała, lecz wskutek migotania zdaje się rzucać szereg różnobarwnych błysków w szybkim po sobie następstwie.

Od czasów Homera aż do dnia dzisiejszego nadawano Syriuszowi nazwę „Psiej gwiazdy"; w postaci psa wyobrażano go na różnych zabytkach egipskich. Wschód jego w lecie razem ze Słońcem uważano za początek wylewów Nilu.

Poza tą jedną jasną gwiazdą, gwiazdozbiór Psa Wielkiego zawiera niewiele objektów godnych uwagi. Najcharakterystyczniejszą cechą obszaru 9 jest gwiazdozbiór Oriona (p. tabl. XXVIII). Około godz. 10 wieczorem w styczniu obserwator na północnej półkuli widzi Oriona dokładnie w stronie południowej. Ku dołowi i nieco na prawo od *„Pasa Oriona"* znajduje się gwiazda 1-ej wielkości Rigiel czyli β Oriona; jasność prawdziwa jej, wyznaczona dość dokładnie, przewyższa 15 000 razy jasność Słońca. W równej odległości na lewo i powyżej „Pasa" leży równie ciekawa gwiazda Beteigeuze (α Oriona), czerwony olbrzym,

o średnicy 300 razy, a sile świetlnej 1200 razy większej od słonecznej. Dwie te jasne gwiazdy tworzą wraz z Syriuszem oraz α Byka czyli Aldebaranem charakterystyczny czworokąt gwiazd 1-ej wielkości (p. Dodatek II); pas Oriona leży prawie dokładnie w środku tego czworokąta. Linia, przeciągnięta przez trzy gwiazdy pasa i przedłużona o ośmiokrotną długość tegoż w obu kierunkach dosięgnie jednym końcem (północnym) Aldebarana, południowym zaś Syriusza.

Dokładnie poniżej środkowej gwiazdy pasa leży „Głowica Miecza" (tabl. III), zawierająca Wielką mgławicę Oriona, jeden z najciekawszych obiektów na całym niebie (p. tabl. XXVII).

Obszar 9 obejmuje również gwiazdozbiór Psa Małego (Canis Minor), którego najjaśniejszą gwiazdą jest Procjon. Znaleźć go łatwo, przedłużając na lewo linię, łączącą γ Oriona (Bellatrix) i α Oriona (Beteigeuze), tj. górny bok czworokąta Oriona. Kastor i Polluks, dwie najjaśniejsze gwiazdy konstelacji bliźniąt, leżą prawie dokładnie na linii, łączącej Procjona z gwiazdą Biegunową.

Obszar 10 — *Regulusa*

Obszar ten obejmuje znaczne części gwiazdozbiorów Lwa (Leo), Czaszy (Crater), Węża wodnego (Hydra) i Raka (Cancer). Dwie gwiazdy W. Niedźwiedzicy, których używaliśmy do odszukania gwiazdy Biegunowej, wskażą nam również konstelację Lwa, należy tylko przeciągnąć linię, łączącą je, w kierunku przeciwnym, na tę samą prawie odległość. Gwiazdy Lwa tworzą charakterystyczne ugrupowanie: najjaśniejsza z nich, gwiazda 1-ej wielkości Regulus (α Lwa), leży na początku linii krzywej, stanowią-

cej „głowę" Lwa, lecz zwanej też niekiedy „Sierpem". Reszta gwiazdozbioru leży po wypukłej stronie „Sierpa" i kończy się gwiazdą 2-ej wielkości β Lwa (Denebola) w ogonie Lwa.

Druga z kolei jasności gwiazda Sierpa, γ Lwa, jest gwiazdą podwójną, dobrze widzialną w małej lunecie. Jaśniejsza składowa jest 2-ej wielkości, słabsza zaś, odległa zaledwie o 3 sekundy łuku, 4-ej w.; okazują one ciekawy kontrast barw. Pożyteczną rzeczą jest zapamiętać, iż Aldebaran, γ Bliźniąt i Denebola leżą prawie na jednej linii „prostej".

W środku Sierpa leży punkt, z którego wybiegał wspaniały deszcz gwiazd spadających w nocy z 13 na 14 listopada 1866 r. Rój ten powraca mniej lub więcej regularnie i nosi wówczas nazwę Leonid (str. 63).

Gwiazdozbiór Raka nie zawiera jasnych gwiazd, lecz za to posiada charakterystyczną gromadę gwiazdową Praesepe („Żłób"). Dla oka nie uzbrojonego wygląda ona jak mglista plamka, położona pomiędzy Bliźniętami a Lwem. Przy użyciu najskromniejszych środków optycznych, jak np. zwykłej lornetki, Praesepe rozpada się na oddzielne gwiazdy.

Obszar 11 — *Arktura*

Obszar ten obejmuje większą część gwiazdozbiorów Panny (Virgo), Węża (Serpens) i Wagi (Libra), tudzież cząstkę gwiazdozbioru Wolarza (p. obszar 6), zawierającą najjaśniejszą jego gwiazdę, α Wolarza, czyli Arktura.

Po Wedze i Capelli jest to najjaśniejsza gwiazda północnej półkuli nieba. Znaleźć ją bardzo łatwo: odszukuje-

my najpierw W. Niedźwiedzicę i przedłużywszy ogon jej blisko trzykrotnie, trafiamy na Arktura.

Arktur przechodzi przez południk o północy w drugiej połowie kwietnia, w odległości około 30° od zenitu dla obserwatora w środkowej Europie. Znajduje się on zaledwie 19° na północ od równika niebieskiego, toteż widoczny jest na Ziemi wszędzie, z wyjątkiem wnętrza strefy zimnej antarktycznej.

Główną cechą charakterystyczną gwiazdozbioru Panny jest gwiazda 1-ej w. α Panny — Kłos (Spica). Wyobraźmy sobie linię, łączącą α i β W. Niedźwiedzicy, przedłużoną z lekkim zakrzywieniem: doprowadzi ona do Kłosa Panny. Zaznaczamy jeszcze, że trzy piękne gwiazdy: Arktur, Spica i Denebola, tworzą trójkąt prawie równoboczny.

Konstelację Węża, przypadającą w tymże obszarze, można utożsamić przy pomocy najjaśniejszej jej gwiazdy, α Węża, która leży na lewo od Arktura.

Gwiazdozbiór Kruka (Corvus) znajdujemy nieco poniżej i na prawo od Kłosa, przy czym dwie jasne gwiazdy, β i γ Kruka, tworzą ze Spicą trójkąt o kształcie litery V.

Obszar 12 — *Altaira* (p. tabl. XXXIII)

Ciekawy ten obszar nieba obejmuje większą część gwiazdozbiorów Orła (Aquila), Węża, Wężownika (Ophiuchus), Strzelca (Sagittarius) i Strzały (Sagitta), z konstelacji Herkulesa zaś tę jego część, w której leży α Herkulesa, piękna gwiazda podwójna o składnikach, okazujących kontrastowe barwy: pomarańczową i niebieskawo-zieloną.

W gwiazdozbiorze Orła wyróżnia się gwiazda 1-ej w. Altair czyli α Orła. Zwróćmy uwagę na piękny trójkąt, utworzony przez trzy gwiazdy: Altair, Węgę i α Łabędzia.

czyli Deneb (nie należy go mieszać z Denebolą w ogonie Lwa). Linia przeprowadzona od Wegi poniżej β Łabędzia przechodzi w pobliżu linii, składającej się z trzech gwiazd z których środkowa, Altair, jest najwybitniejsza. Linia ta stanowi cechę charakterystyczną gwiazdozbioru Orła, tak dalece, że niekiedy mylnie biorą ją za „pas" Oriona.

Przez część gwiazdozbioru Orła przechodzi Droga Mleczna, przy czym legenda mówi, że orzeł niebios przelatuje tu nad niebieską rzeką — Drogą Mleczną.

Trzy najjaśniejsze gwiazdy Wężownika tworzą wraz z α Herkulesa nieregularny czworokąt, którego środek znajduje się mniej więcej w tej samej odległości od bieguna, co Altair.

Obszar 13 — *Pegaza*

Obszar ten obejmuje gwiazdozbiory Wodnika (Aquarius), Ryb (Pisces), Koziorożca (Capricornus) oraz inne małe konstelacje; w połączeniu zaś z obszarami 2 i 8 zawiera wielki Czworokąt Pegaza, który stanowi niemal tak charakterystyczny i dobrze znany obiekt na niebie, jak W. Niedźwiedzica, lub Pas Oriona. Składa się on z trzech najjaśniejszych gwiazd konstelacji Pegaza (α, β i γ) oraz z czwartej gwiazdy, α Andromedy, która należy do sąsiedniego gwiazdozbioru tej nazwy.

Dobrym sprawdzianem bystrości wzroku i przezroczystości powietrza jest liczba gwiazd, widzialnych gołym okiem wewnątrz Czworokąta Pegaza. W naszych szerokościach geograficznych rzadko można naliczyć ich więcej niż 30, pod jasnym niebem południa jednak liczba ta wzrasta znacznie. W Atenach naliczono raz aż 102 gwiazdy tej przestrzeni.

Obszary południowe

Przechodzimy teraz do obszarów, położonych tak daleko na południowej półkuli nieba, że przeważna część ich jest stale niewidoczna w naszych szerokościach geograficznych.

Obszar 14 — *Fomalhaut*

Obszar ten — to jedna z najjaśniejszych części nieba południowego; zawiera on dwie gwiazdy 1-ej wielkości: α Rzeki Erydan (Eridanus), czyli Achernar i α Ryby Południowej (Piscis Australis), czyli Fomalhaut.

Ryba południowa, rozciągająca się na południe od Ryb i Wodnika, jest niewielkim gwiazdozbiorem, w którym jedynym wybitnym obiektem jest Fomalhaut. Linia, przeprowadzona od tej ostatniej gwiazdy do Achernaru i przedłużona o taką samą odległość w tymże kierunku, prowadzi nas do świetnej gwiazdy Canopus, najjaśniejszej po Syriuszu na całym niebie. Mamy tu więc trzy gwiazdy pierwszej wielkości w jednej linii prostej, która oddaje duże usługi przy utożsamianiu gwiazdozbiorów nieba południowego.

W Europie środkowej widzialna jest spośród tych trzech gwiazd jedynie najbardziej na północ wysunięta Fomalhaut.

Obszar 15 — *Rzeki Erydan*

Najciekawszym obiektem w tym obszarze jest długa „rzeka niebieska" — Erydan (Eridanus). Wedle dawnego podziału gwiazd na konstelacje, rozpoczynała się ona przy

Achernarze („Koniec Rzeki") skąd płynie ku północy, korytem, wytyczonym przez szereg jasnych gwiazd. Przepływa naprzód przez ciekawą grupę czterech gwiazd 4-ej i 5-ej wielkości, poczym nieco dalej napotyka gwiazdę 3-ej w., aby wreszcie, skręcając jeszcze bardziej ku północy, przejść do obszaru równikowego 8.

W czasach późniejszych rozszerzono ten gwiazdozbiór ku południowi, tak iż obecnie „rzeka niebieska" płynie na południe od Achernaru, aż do konstelacji Węża Wodnego (Samca) (Hydrus, Obszar 20).

Rzeka Erydan, jeden z najciekawszych gwiazdozbiorów na niebie, zawiera blisko 300 gwiazd widzialnych okiem nie uzbrojonym, jednakże z wyjątkiem Achernaru nie ma wśród nich jaśniejszych niż 3-ej wielkości.

Obszar 16 — *Canopus*

Charakterystyczną cechą Obszaru 16 jest sławny gwiazdozbiór Okrętu Argo, albo po prostu Okrętu. Jest on tak rozległy, iż zazwyczaj dzieli się go dla dogodności na trzy konstelacje mniejsze: Kil (Carina), Rufę (Puppis) i Żagle (Vela).

Najjaśniejsza gwiazda tej konstelacji, α Okrętu, (α Carinae), czyli Canopus, ustępuje pod względem blasku tylko Syriuszowi. Ten ostatni jest, jak wiemy, stosunkowo blisko nas; Canopus natomiast, nie o wiele mniej jasna, jest niezmiernie odległa, musi być więc w rzeczywistości nieporównanie jaśniejsza od Syriusza. Niestety, ani odległość, ani jasność rzeczywista tej gwiazdy nie została dotychczas wyznaczona z większą dokładnością.

Obszar 17 — *Krzyża Południowego*

Obszar ten obejmuje konstelacje Centaura (Centaurus) i Krzyża Południowego (Crux), należące do najwybitniejszych gwiazdozbiorów nieba południowego. Krzyż Południowy, zawierający szereg jasnych gwiazd na stosunkowo niewielkiej przestrzeni, uważany jest zwykle za tak charakterystyczną cechę nieba południowego, jaką jest Wielka Niedźwiedzica dla nieba północnego.

Dłuższe ramię Krzyża wskazuje w jedną stronę ku biegunowi południowemu, w przeciwnym zaś — poprzez gwiazdozbiór Centaura — ku β Kruka. Krótsze ramię zwrócone jest ku dwu najjaśniejszym gwiazdom w Centaurze które omówimy przy opisie Obszaru 18.

Najjaśniejsza gwiazda Krzyża, α, znajduje się najbliżej bieguna; druga z kolei, β, wysunięta jest najbardziej ku wschodowi. Blisko niej leży gwiazdka 8-ej wielkości, o której J. Herschel wyraził się, że jest to „najczerwieńsza, najbardziej krwisto-szkarłatna ze wszystkich gwiazd, jakie kiedykolwiek widziałem. W porównaniu z białością β Krzyża wygląda ona jak kropelka krwi".

Obszar ten obejmuje jedną z najjaśniejszych części Drogi Mlecznej (tabl. XXIX), jak również tak charakterystyczny jej obiekt, jakim jest czarna plama kształtu gruszki, długości 8°, szerokości 5°, której dawni żeglarze i astronomowie nadali nazwę *„Worka węgla"*. W podaniach tubylców Australii występuje ona jako ziejąca paszcza ciemności, lub jako wcielenie zła w postaci emu, które czyha pod drzewem (Krzyż Południowy) na dydelfa, chroniącego się wśród gałęzi przed swymi prześladowcami. Dziś wiemy, że „Worek węgla" nie jest bynajmniej „dziurą", lecz chmu-

rą materii ciemnej, zasłaniającej gwiazdy, znajdujące się poza nią (str. 101).

Gwiazdozbiór Centaura nie tylko rozciąga się na znacznym obszarze nieba, lecz również posiada większą liczbę jasnych gwiazd, niż jakikolwiek inny gwiazdozbiór. Zawiera on mianowicie 2 gwiazdy 1-ej wielkości, jedną 2-ej, 5 — 3-ej, 7 — 4-ej i aż 39 — 5-ej wielkości.

Obszar 18 — *Centaura* (p. tabl. XXX)

Odległość α Centaura (Centaurus), najjaśniejszej gwiazdy w konstelacji tej nazwy, od bieguna południowego, wynosi 30°, tak iż na północnej półkuli może być ona widziana jedynie w okolicach podzwrotnikowych. Utożsamić ją łatwo na tej podstawie, że druga, prawie równie jasna gwiazda, β Centaura, znajduje się w odległości nie przenoszącej 5° od swej siostrzycy; jest to jedyny przypadek na całym sklepieniu niebieskim, aby dwie gwiazdy 1-ej wielkości znajdowały się tak blisko siebie. Wprawdzie Kastor i Polluks oddalone są również o około 5° łuku, lecz jasnością nie dorównywają α i β Centaura.

Obszar omawiany obejmuje również piękny gwiazdozbiór Niedźwiadka (Scorpio), którego najjaśniejsza gwiazda, Antares, czyli α Niedźwiadka, przypada w pobliżu końca łańcucha, złożonego z gwiazd 2-ej i 3-ej w. Gwiazdozbiór ten widoczny jest w naszych szerokościach geograficznych w miesiącach letnich nisko nad horyzontem; zawiera on części Drogi Mlecznej, zaliczane do najpiękniejszych i najbogatszych. Antares jest najbardziej czerwoną ze wszystkich jasnych gwiazd; po nim idzie Beteigeuze i Aldebaran. Są to wszystko czerwone olbrzymy: Antares posiada średnicę 450 razy większą od słonecznej. Beteigeuze 300 razy, Aldebaran — 40 razy.

Obszar 19 — *Strzelca* (tabl. XXXIII i XXXIV)

W obszarze tym najwybitniejszym obiektem są dwie gwiazdy 2-ej wielkości: α Pawia (Pavo), oraz α Żurawia (Grus), najjaśniejsze gwiazdy odpowiednich konstelacyj. Przeważna część gwiazdozbioru Żórawia leży zresztą w obszarze 14.

Droga Mleczna w obszarze 19 odznacza się szczególną jasnością i bogactwem.

Obszar 20 — *Bieguna Południowego*

Miejsce Bieguna południowego nie jest zaznaczone żadną gwiazdą, w przeciwieństwie do bieguna północnego (gwiazda Polarna). Najwybitniejszymi obiektami w obszarze 20 są *Obłoki Magellana*, Wielki i Mały (tabl. XXXI); zwracają one uwagę nawet bez użycia szkieł, a wielki Obłok widzialny jest nawet przy świetle pełni Księżyca.

Na skraju Małego Obłoku Magellana leży jedna z najbliższych gromad gwiazdowych, 47 Tukana (Tucana), również łatwo dostrzegalna gołym okiem.

WYKAZ DWUDZIESTU GWIAZD O NAJWIĘKSZEJ JASNOŚCI WIDOMEJ

Nazwa gwiazdy	Gwiazdozbiór	Odległość w latach światła	Siła światła (w stosunku do Słońca)	Obszar na mapkach nieba	Ob. str.
Syriusz	α Psa Wielkiego	8,6	26,3	9	75, 95. 171
Canopus	α Okrętu	*	*	16	178
Alfa Centaura	α Centaura	4,3	1,3	18	95, 180
Wega	α Lutni	26	50	7	163, 169, 170
Koza (Capella)	α Woźnicy	52	185	3	163, 164
Arktur	α Wolarza	41	100	11	174, 175
Rigel	β Oriona	500	15 000	9	172
Procjon	α Psa Małego	10,5	5,5	9	75, 95, 173
Achernar	α Rzeki Erydan	70	200	14	178
Beta Centaura	β Centaura	300	3 000	18	180
Altair	α Orła	16	9,2	12	175
Beteigeuze	α Oriona	200	1 200	9	79, 90, 172
Alfa Krzyża Pd.	α Krzyża Pd.	230	1 600	17	179
Aldebaran	α Byka	57	90	9	164, 173
Polluks	β Bliźniąt	32	28	4	166
Kłos (Spica)	α Panny	230	1 500	11	175
Antares	α Niedźwiadka	380	4 000	18	180, 181
Fomalhaut	α Ryby Południ.	24	13,5	14	177
Deneb	α Łabędzia	600(?)	10 000(?)	12	176
Regulus	α Lwa	56	70	10	173

* Nieznane, p. str. 178.

PLANETY

Nazwa	Liczba satelitów	Rozmiary w porównaniu z Ziemią			Odległość od Słońca (w porównaniu z Ziemią)	Okres obiegu (lat)	Prędkość w ruchu po orbicie (km/sek)	Ob. str.
		Średnica	Objętość	Masa				
Merkury	0	0,39	0,06	0,04	0,39	0,24	4,78	33, 49
Wenus	0	0,97	0,92	0,81	0,72	0,62	34,9	33, 49, 51
Ziemia	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	29,8	51, 60
Mars	2	0,53	0,15	0,11	1,52	1,88	24,1	53, 54, 25
Planetoidy	—	—	—	—	1,46—5,71	1,76—13,7	—	62
Jowisz	9	10,95	1312	317	5,20	11,86	13,0	56, 71, 72
Saturn	9	9,02	734	95	9,54	29,46	9,6	60
Uran	4	4,00	64	14,7	19,19	84,01	6,8	18, 72
Neptun	1	3,92	60	17,2	30,07	164,78	5,4	18, 73
Pluton	—	*	*	*	39,8	248	4,7	20, 74

* Średnica, objętość i masa Plutona nie są dotychczas znane dokładnie, prawdopodobnie są one nieco mniejsze od odpowiednich wartości dla Ziemi.

RUCHY PLANET

Tablica podaje w przybliżeniu czas, kiedy planety są na sklepieniu niebieskim najbardziej oddalone od Słońca. Merkury i Wenus są wówczas najłatwiej dostrzegalne, Mars, Jowisz i Saturn zaś, znajdując się na niebie dokładnie na wprost Słońca, przechodzą przez południk o północy, a więc przedstawiają najdogodniejsze warunki dla obserwacji na niebie nocnym.

Rok	Merkury		Wenus		Mars	Jowisz	Saturn
	Jako gwiazda poranna	Jako gwiazda wiecz.	Jako gwiazda poranna	Jako gwiazda wiecz.			
1938	Stycz., Maj, Wrzesień	Kwiec., Lipiec, Listop.	—	Wrzesień	—	Sierpień	Paźdz.
1939	Stycz., Maj, Sierp., Gr.	Marzec, Lipiec, Listop.	Luty	—	Lipiec	Wrzesień	Paźdz.
1940	Kwiec., Sierp., Grudz.	Luty, Czerwiec, Paźdz.	Wrzesień	Kwiecień	—	Listopad	Listopad
1941	Kwiec., Lip., Listopad	Luty, Czerw., Wrzes.	—	Listopad	Wrzesień	Grudzień	Listopad
1942	Marzec, Lipiec, Paźdz.	Styczeń, Maj, Wrzes.	Kwiecień	—	—	—	Listopad
1943	Luty, Czerwiec, Paźdz.	Stycz., Kw., Sierp., Gr.	Listopad	Czerwiec	Grudzień	Styczeń	Grudzień
1944	Luty, Czerw., Wrzes.	Kwiec., Sierp., Grudz.	—	—	—	Luty	Grudzień
1945	Styczeń, Maj, Wrzes.	Marzec, Lipiec, List.	Czerwiec	Luty	—	Marzec	—

SKOROWIDZ

α (alfa), litera grecka, 13
α Centaura, 95 i nast., 180, 182
α Krzyża Południowego, 179, 182
Achernar, 178, 182
Aldebaran, 164, 173, 182
Alfabet grecki, 13
Algol, 165
Altair, 175, 182
Andromeda, 10, 162, tabl. II.
  Wielka mgławica w A., 18, 118, 120, 141, 162 i tabl. V, XXXVI. XXXVII. XLII
Antares, 180, 182
Apeniny księżycowe, 29
Argo, p. Okręt
Arktur, 174, 175, 182
Asteroidy, 62
Atmosfera Księżyca, 28, 30, 31
  Słońca, 36, 37, 46
  Wenery, 51
  Ziemi, 24, 26, 27, 30, 51
Atomy, budowa, 39, 40, 86

β (beta), litera grecka, 13
β Centaura, 180, 182
Bańka mydlana, jako model Wszechświata, 143
Barwa nieba, 24, 26, 27
Barwy gwiazd, 79 i nast.
Bereniki Warkocz, 12, 122, 167
Beteigeuze, 80, 81, 82, 90, 172, 182
Betlejemska gwiazda, 51
Białe karły, 85 i nast., 129
Biegun, wędrówka, 15 i nast.
Biegunowa gwiazda, p. Polarna gw.
Bliźnięta, 166
Błękit nieba, 24, 26, 27
Brooke'a kometa, tabl. XXIV
Byk, 165, 171 i tabl. III

Canopus, 178, 182
Capella (Koza), 163, 182
Cefeidy (gwiazdy zmienne), 101 i nast., 119, 121
Cefeusz, 10, 161
Centaur, 15, 180
Ciągu głównego gwiazdy, 90
Ciążenie powszechne, 6, 66 i nast., 130, 150
Ciemna materia w przestrzeni, 100, 101, 105, 180
Clavius, krater księżycowy, 29
Czasza (Puhar), 11, 173
Czerwień zachodu Słońca, 26
Czerwone olbrzymy, 90, 91

δ (delta), litera grecka, 13
δ Cefeusza, 102
Deneb, 170, 176, 182
Denebola, 174

ε (epsilon), litera grecka, 13
Eddington A., 147
Einstein A., 67, 78, 140, 143
Energia gwiazd, 91 i nast.
Eratosthenes, krater księżycowy, tabl. X
Erydan Rzeka, 11, 177, 178
Ewolucja gwiazd, 128
  mgławic, 124

Fomalhaut, 177, 182
Foucaulta wahadło, 4

γ (gamma), litera grecka, 13
Galaktyczny układ, 110, 122, 123, 124, 133
Galileusz, 2, 22, 60, 106

Giroskopowy kompas, 3, 15
Gołąb, 11
Grimaldi, krater księżycowy, 29
Gromada kulista w Herkulesie, 168, 181, tabl. XXXI i XXXII
103, 168, tabl. XXXII
Gromady kuliste, 101 i nast.,
Gromady mgławic, 121, tabl. XI i XLI
Gwiazdozbiory, 9, 161 i nast.
Gwiazdy,
jasności rzeczywiste, 75, i nast. 98 i nast.
masy, 73, 74, 92
odległości, 5, 8, 182
rozmiary, 77 i nast., 82
temperatura powierzchni 79 i nast.
wnętrza, 86, 90
wnętrza, 40, 86, 88
Gwiazdy, najbliższe, 21, 94, 95
najjaśniejsze, 182

Halley, 167
Halleya kometa, tabl. XXIII
Herkules, 14, 168, 175
gromada kulista, 103, 168 tabl. XXXII
Herschel J., 179
Herschel W., 107, 108, 109
Hubble E., 121, 126

Interferometr, 78

Jasność rzeczywista, p. Siła świetlna
Jednorożec, 11, 172
Jowisz, 18, 54, 56, 58, 183, 184, tabl. XXII
atmosfera, 56
księżyce, 58, 61, 71
masa, 55, 183
rozmiary, 55, 183

Kant I., 117, 134, 137
Kasjopeja, 10, 14, 162
Kastor, 166, 167
Keeler, 60
Kłos (Spica), 175, 182
Komety, 63, tabl. XXIII i XXIV
Kompas, 3
Konstelacja, p. Gwiazdozbiory
Kopernik, 22
Korona słoneczna, 64 i tabl XXVI
Koza (Capella), 163, 182
Koziorożec, 14, 176
Kratery księżycowe, 29
Kruk, 11, 175
Krüger 57, 95
Krzywizna przestrzeni, 139 i nast.
Krzyż Południowy, 15, 179
Księżyc,
fazy, 6, tabl. VIII i IX
obrót, 30
odległość i rozmiary 5, 6
powierzchni, 28, 30 — 32
przyszłość, 62
ruchy, 6, 67
światło popielate, 6
temperatura, 30 — 32
wygląd ogólny, 27 i nast., tabl. VII — XI
Kuliste gromady, 101 i nast., 168, 181, tabl. XXXI i XXXI

Lambert, 98 99,
Lemaitre, 143, 146
Lew, 14, 173, 174
Liczba gwiazd, całkowita, 111, 112, 148
Lowell P., 72
Lowella obserwatorium, 20, 72
Lutnia, 169
Lyot M., 31

Łabędź, 14, 170, tabl. XXXV

Magellana Obłoki, 102, 126, 181, tabl. XXXI
Magnetyczny kompas, 3
Mała Niedźwiedzica, 14, 161 tabl. IV
Mały Obłok Magellana, 102 126, 181, tabl. XXXI
Mars, 18, 53, 183, 184, tabl. XX

budowa powierzchni, 56, 57
klimat, 56, 57, 58
rozmiary, 53
życie na M., 57 i nast.
Masa, gwiazd, 73, 74, 92, 93
Słońca, 71
Ziemi, 70
Maurolycus, krater księżycowy, 29
Maxwell, 60
Merkury, 18, 33, 34, 49, 50, 56, 183, 184
atmosfera, 34
fazy, 50
obrót, 34
rozmiary, 33
temperatura, 34, 47
Meteory, 63 i nast., tabl. V i XXV
Meteoryty, 64, 65
Mgławice, 117 i nast., tabl. XXXV—XLVI, XXVII, XXX
ewolucja, 124, tabl. XLIV—XLVI
odległości, 120 i nast.
ruchy, 144
Mira Ceti, 75, 90, 171
Mleczna Droga, 106 i nast., 109, 110, 112, 120, tabl. XXIX, XXXIII i XXXIV
Model,
układu Galaktycznego, 108
Słonecznego, 48
Wszechświata, 134 i nast.

Narodziny gwiazd, 126
mgławic, 129
układu słonecznego, 43, 131
Ziemi, 43, 131
Neptun, 18, 53, 56
odkrycie, 72
satelita, 72
Newton, Izaak, 67, 68, 70
Nicholson S. B., 32
Nocne niebo, wygląd, 1, 9, 109 i nast.
Nutacja, 17

o Wieloryba, 75, 90, 170, 171
Obrót Ziemi, 2 i nast., 155 i nast.
Odległość gwiazd, 5, 8, 95, 182
Księżyca, 5
Słońca, 8
Okręt (Argo), 11, 15, 178
Olbrzymy (gwiazdy), 90, 91
Orion, 11, 79, 171 i nast., tabl. III, XXVII, XXVIII i XXX
mgławice w O., 118, 73
Orzeł, 14, 175, 176

Panna, 174, 175
Pegaz, 10, 11, 14, 122, 163, 176
Perseusz, 11, 14, 165, 166, tabl. II
Petit, E., 32
Pies Mały, 11, 14, 173
Pies Wielki, 11, 14, 172
Planet narodziny, 45
Planety, 18 i nast., 183, 184
Planetoidy, 62
Plejady, 165
Pluton, 18, 54, 55, 183
odkrycie, 18, 73, tabl. VI
odległość, 19, 73
Podwójne gwiazdy (układy), 74, 164, 167
Polarna gwiazda, 14 i nast., 161, 162
Polluks, 166, 182
Południk, 158,
Północna odległość biegunowa, 159
Precesja, 17
Procjon, 75, 95, 173, 182
Protuberancje słoneczne, 35
Proxima Centauri, 9, 95
Przestrzeń, jej pustką, 100, 148
ciemna materia w p., 100, 101, 105, 180
Psy Gończe, 167

Regulus, 173, 182
Rigel, 172, 183
Rok światła, 119
Rozpraszanie światła, 25 i nast.

Rozszerzanie się Wszechświata, 143 i nast., 145, 151
Ryba Południowa, 11, 177
Ryby, 11, 177

S Dorado, 77
Satelity planet, 58, 59, 183
Saturn, 18, 54, 56, 58, 183, 184
pierścienie, 59 i nast.
rozmiary, 54
satelity, 58, 71
Schwytanie dzięki grawitacji, 70, 71
Shapley H., 103, 104, 105
Siła świetlna,
gwiazd, 75 i nast. 95
Słońca, 76
Skończoność Wszechświata, 138 i nast.
Słoneczne plamy, 36, tabl. XVI, XVII, XIX
Słoneczne światło, 25 i nast.
Słoneczny układ, 47 i nast., 183
Słońce,
atmosfera, 36 i nast., 43, 46, tabl. XIII — XVI i XVII
masa, 74
odległość, 7
siła świetlna, 18
średnica, 7
wnętrze, 37 i nast.
ciśnienie, 38
temperatura, 38
Smok, 14, 15, 161
Spadające gwiazdy, 63
Spektroskop, 36, 40
Spektroskopowe gwiazdy podwójne, 167
Strzelec, wielka chmura gwiazdowa, 112, tabl. XXXIV
Syriusz, 9, 13, 75, 95, 171, 182
jasność prawdziwa, 74, 76
odległość, 9, 76, 182
towarzysz, 74, 76, 79, 87, 95

Thuban, 15
Trójkąt, mgławica w T., 119, 120, 141, tabl. XXXVIII

Uran, 18, 53, 56, 71
satelity, 58
Utrata masy, przez gwiazdy, 93, 94
przez Słońce, 92

Van Maanena gwiazda, 82, 87, 95

Wąż, 14, 174, 175
Wąż wodny, 11, 14, 173
Wega, 169, 170, 182
Wenus, 1, 18, 33, 34, 50, 56, 183, 184
atmosfera, 1, 52
fazy, 50
Wiek, Wszechświata, 149
Ziemi, 65
Wielka Niedźwiedzica, 14, 161, 167
Wieloryb, 10, 170
Wodnik, 11, 176
Wolf 359, 13, 77, 95
Worek węgla, 99, 180, tabl. XXIX
Woźnica, 163 i nast.
Wright T., 60
Wszechświat,
dzieje, 130 i nast.
model, 134, 143
rozmiary, 138, 146
rozszerzanie się, 143 i nast., 145, 154
wiek, 149
Względności teoria, 78, 140
Wznoszenie proste, 159

Zaćmienie Słońca, 8, 65, tabl. XV i XXVI
Zając, 11, 172
Ziemia,
atmosfera, 24, 26, 27, 30, 52
jako planeta, 20, 22
masa, 70
narodziny, 43, 131
obrót, 2 i nast., 155 i nast.
Zodiakalne światło, 65

Żłób (Praesepe), 174
Żółte olbrzymy, 91
Żyrafa, 14, 159

902

ERRATA

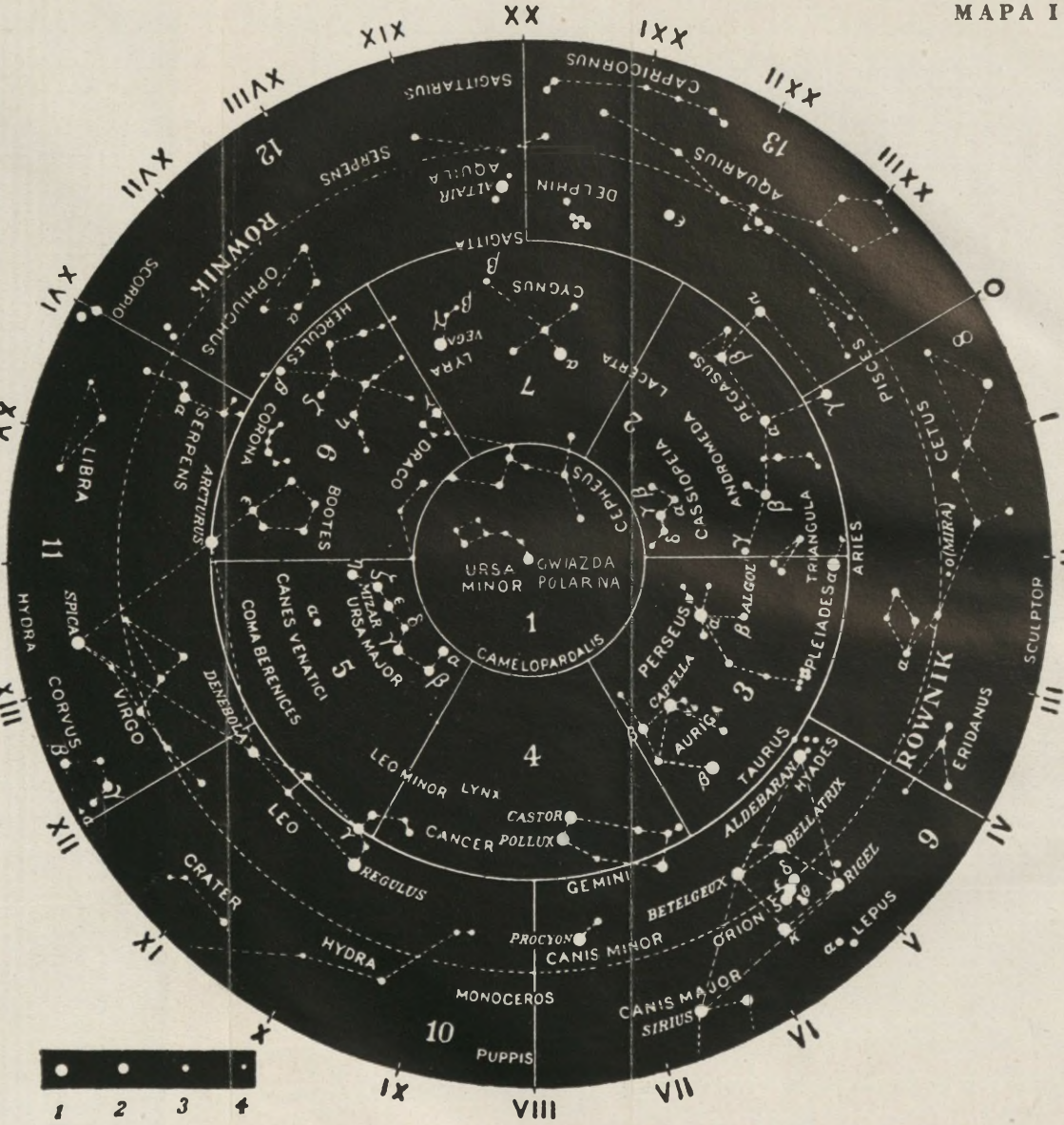
Na str. 2, 14 wiersz od góry zamiast przedstawa winno być przedstawia.

Na str. 72, 13 wiersz od góry zamiast Leverier winno być Leverrier.

Na str. 72, 4 wiersz od dołu zamiast Obserwatory winno być Observatory.

Na str. 93, 9 wiersz od góry zamiast wartości winno być jasności.

Na str. 141, 14 wiersz od góry zamiast Najbliższa winno być Najbliższym.



1 2 3 4
Wielkości gwiazdowe

Północna półkula nieba oraz część półkuli południowej do odl. 25° od równika

(Liczby rzymskie dokoła brzegu mapy oznaczają wznoszenie proste; liczby arabskie na mapie wskazują „obszary gwiazdowe", omówione na str. 155—172)

Południowa półkula nieba oraz część półkuli północnej do odl. 25° od równika

(Liczby rzymskie dokoła brzegu mapy oznaczają wznoszenie proste; liczby arabskie na mapie wskazują „obszary gwiazdowe", omówione na str. 166—177)

BIBLIOTEKA
ASG
NAUKOWA
17481