



H. POINCARÉ

PROF. SORBONY, CZŁONEK AKADEMII

WARTOŚĆ NAUKI

PRZEKŁAD LUDWIKA SILBERSTEINA

NAKŁAD JAKÓBA MORTKOWICZA
WARSZAWA 1908 - G. CENTNERSZWER i SKA.
LWÓW: KSIĘGARNIA H. ALTENBERGA.

H. POINCARÉ
PROF. SORBONY. CZŁONEK AKADEMII

WARTOŚĆ NAUKI

PRZEKŁAD LUDWIKA SILBERSTEINA

NAKŁAD JAKÓBA MORTKOWICZA
WARSZAWA 1908 - G. CENTNERSZWER i SKA.
LWÓW: KSIĘGARNIA H. ALTENBERGA.

WARTOŚĆ NAUKI

H. POINCARÉ
PROF. SORBONY, CZŁONEK AKADEMII

WARTOŚĆ NAUKI

PRZEKŁAD LUDWIKA SILBERSTEINA

NAKŁAD JAKOBA MORTKOWICZA.
WARSZAWA 1908 - G. CENTNERSZWER i SKA.
LWÓW: KSIĘGARNIA H. ALTENBERGA.

28479/2



ODBITO W DRUKARNI NARODOWEJ W KRAKOWIE.

WSTĘP.

Poszukiwanie prawdy powinno być celem naszej działalności; jest to jedyny godny jej cel. Niewątpliwie, powinniśmy przedewszystkiem starać się ulżyć cierpieniom ludzkim; ale dlaczego? Brak cierpień stanowi ideał negatywny, który osiągnęłoby się najpewniej przez unicestwienie świata. Jeżeli jednak coraz bardziej pragniemy wyzwolić człowieka z trosk materyalnych, to w tym celu, aby mógł on zwrócić odzyskaną swą wolność ku badaniu i kontemplacyi prawdy.

Prawda wszelako przeraża nas niekiedy. Istotnie, wiemy, że bywa ona zwodną, jak gdyby widmo, które ukazuje się nam na mgnienie oka po to tylko, aby bez ustanku od nas uciekać, że należy ścigać ją coraz dalej i dalej, aby nigdy jej nie pochwycić. A przecież, chcąc działać należy się zatrzymać; αναγκη στηναι, jak powiedział — nie pamiętam już jaki grek — Arystoteles czy też kto inny. Wiemy też, jak prawda często bywa okrutna, i samych siebie zapytujemy, czy złudzenie raczej nie pocieszy i nie umocni nas lepiej; ono to bowiem wlewa w nas ufność. Jeżeli zniknie kiedyś, czy pozostanie nam jakaś nadzieja, czy nie opuści nas odwaga czynu? Takoż koń do manežu zaprzężony niechybnie odmówiłby nam posłuszeństwa, gdybyśmy mu przezornie oczu nie zawiązali. Poza tem, aby szukać prawdy, należy być niezależnym, najzupełniej niezależnym; gdy natomiast chcemy działać, gdy chcemy wzmódz nasze siły, musimy się jednoczyć. Oto dlaczego wielu z pośród nas obawia się prawdy, upatrując w niej jednę z przyczyn słabości. Pomimo to, jednak bać się prawdy nie należy; ona to bowiem tylko jest piękną.

Skoro mówię tu o prawdzie, niewątpliwie mam na my-

śli przedewszystkiem prawdę naukową; mam też jednak na myśli zarówno prawdę moralną, której jedną tylko z postaci jest tak zwana sprawiedliwość. Zdawałoby się, że nadużywam tu wyrazów, że pod jedną nazwą łączę dwa przedmioty nic ze sobą nie mające wspólnego, że prawdy naukowej, której się dowodzi, z żadnego tytułu nie można zestawiać z prawdą moralną, którą się czuje.

Przecież jednak nie mogę ich rozdzielić, a ci, którzy kochają jednę, nie mogą nie kochać drugiej. Kto chce znaleść czy jednę, czy drugą, musi wyzwolić zupełnie duszę swą z jarzma przesądu i namiętności, musi dążyć do bezwzględnej szczerości. Obadwa te rodzaje prawdy, skoro je tylko odkryjemy, tej samej dostarczają nam radości; tak jedna, jak druga, zaledwie dostrzeżone, tym samym lśnią blaskiem, tak iż musimy albo widzieć je, albo oczy zamknąć. Obie wreszcie przyciągają nas i uciekają od nas; nie stoją one nigdy: gdy, zda się, dosięgliśmy ich już, widzimy, że wciąż dalej iść należy, a kto je ściga, nie zazna nigdy spoczynku.

Dodać należy, że ci, co boją się jednej, będą się też bali drugiej; są to bowiem tacy, którzy wszędzie troszczą się przedewszystkiem o następstwa. Jednem słowem, zestawiam obie te prawdy dlatego, że z jednej i tej samej racyi kochamy je lub się ich obawiamy.

Jeżeli nie powinniśmy się bać prawdy moralnej, to tem mniej jeszcze prawdy naukowej. Przedewszystkiem nie może ona wejść w konflikt z moralnością. Moralność i nauka posiadają właściwe sobie dziedziny, które stykają się wprawdzie, lecz nie przenikają się wzajemnie. Pierwsza wskazuje nam, do jakiego mamy zmierzać celu, druga zapoznaje nas ze środkami do jego dopięcia. Nigdy więc nie mogą się one poważnić, gdyż nie mogą się spotkać. Nie może być nauki niemoralnej, nieinaczej jak nie może być moralności naukowej.

Jeżeli jednak ludzie boją się nauki, to głównie dlatego, że nie może nam ona dać szczęścia. Oczywiście, dać nam go ona nie może, i zapytaćby można, czy zwierzę nie cierpi

mniej, niż człowiek. Lecz czyż możemy żałować owego raju ziemskiego, w którym człowiek, na podobieństwo bydlęcia, był prawdziwie nieśmiertelny, gdyż nie wiedział, że musi umrzeć? Skoro zakosztowało się jabłka, żadne cierpienie nie może zatrzeć w pamięci jego smaku, i wciąż doń wracać będziemy. Czy mogłoby być inaczej? Zupełnie jak gdybyśmy pytali, czy człowiek, który widział, może oślepnąć i nie tęsknić za światłem. Tak też człowiek nie może być szczęśliwy przez naukę, lecz obecnie mniej jeszcze może być szczęśliwy bez nauki.

Jeżeli jednak prawda jest jedynym celem, do którego warto dążyć, to możemyż mieć nadzieję dopięcia go? Oto o czem wątpić wolno. Czytelnicy mojej książeczki: N a u k a i H y p o t e z a wiedzą już, co o tem myślę. Prawda, którą dane jest nam dojrzeć, nie zupełnie jest tem, co większość ludzi mianem tem nazywa. Miałożby to znaczyć, że najbardziej uprawnione i najsilniej narzucające się dążenie nasze jest jednocześnie najbardziej próżne? Czy też raczej, pomimo to wszystko, możemy zbliżyć się do prawdy z jakiejś strony? Oto, co zbadać należy.

Przedewszystkiem więc, jakiem rozporządzamy dla zdobyczy tej narzędziem? Inteligencya człowieka, lub też — szczegółowiej — inteligencya uczonego, czyż nie może nieskończenie wielu różnych przybierać postaci? Możnaby wiele o tem tomów napisać, a przedmiotu nie wyczerpać; dotknąłem go zaledwie na kilku krótkich stronicach. Że umysł matematyka i umysł fizyka lub przyrodnika mało są do siebie podobne, na to wszyscy się zgodzą; lecz sami nawet matematycy nie są do siebie podobni; jedni znają tylko nieubłaganą logikę, inni znowu apelują do intuicyi i widzą w niej jedyne źródło odkryć. Tu jednak możnaby upatrywać przyczynę do nieufności. Czyż same nawet twierdzenia matematyczne mogą tak różnym umysłom przedstawiać się w jednakowem świetle? Prawda zaś, która nie jest jednakową dla wszystkich, czyż jest prawdą właściwie? Przypatrzywszy się jednak sprawie tej nieco bliżej, widzimy, jak pracownicy ci tak różni od siebie współpracują w dziele zbiorowem, które

bez ich zrzeszenia nie dałoby się wykończyć. To zaś wzbudza już w nas pewną ufność.

Następnie rozpatrzyć należy ramy, w które przyroda wydaje się nam ujętą, a które nazywamy czasem i przestrzenią. W Nauce i Hypotezie wykazałem już, o ile wartość ich jest względna; nie narzuca ich nam przyroda, lecz my to narzucamy je przyrodzie, ponieważ są one dla nas wygodne. Lecz wówczas mówiłem jedynie o przestrzeni, i to głównie o przestrzeni ilościowej, — że tak powiem, — t. j. o stosunkach matematycznych, których całokształt stanowi geometryę. Należało więc okazać, że z czasem i z przestrzenią jakościową sprawa jest ta sama, co z przestrzenią ilościową; w szczególności należało zbadać, dlaczego przypisujemy przestrzeni trzy wymiary. Czytelnik przeto wybaczy mi, że wróciłem raz jeszcze do tych ważnych zagadnień.

Czy analiza matematyczna, której główny przedmiot stanowią badania tych pustych ram, jest próżną tylko grą umysłu? Nie może ona dać fizykowi niczego prócz wygodnego sposobu wysłowienia się; czyż nie jest to usługa dość przeciętna, bez której możnaby się w gruncie rzeczy obejść? Czy nie należy się nawet obawiać, że sztuczny ten język będzie jakby zasłoną rozpostartą między rzeczywistością a okiem fizyka? Bynajmniej, bez tego języka większość głębokich analogij rzeczy pozostałaby dla nas na zawsze obcą i nie poznalibyśmy nigdy owej wewnętrznej harmonii świata, która, jak zobaczymy, stanowi jedynie prawdziwą rzeczywistość przedmiotową.

Najlepszym wyrazem tej harmonii jest Prawo; Prawo jest jedną z najnowszych zdobyczy umysłu ludzkiego; istnieją jeszcze ludy, które żyją w cudzie ustawicznym i które się temu nie dziwią. My natomiast powinnibyśmy się zdumiewać prawidłowością natury. Ludzie żądają od swoich bogów, aby dowiedli istnienia swego cudami; lecz dziwem wiecznem jest to, że cudy nie zdarzają się bezustannie. I dlatego to właśnie świat jest boski, gdyż dlatego to jest har-

monijny. Gdyby rządził nim kaprys, cóż dowiodłoby nam, że nie rządzi nim przypadek?

Zdobycie to prawa zawdzięczamy Astronomii, i to właśnie stanowi wielkość tej nauki, bardziej jeszcze niż wielkość materyalna rozpatrywanych przez nią przedmiotów.

Zupełnie więc naturalną było rzeczą, że Mechanika Niebieska stała się pierwszym wzorem Fizyki Matematycznej; odtąd jednak nauka ta rozwinęła się, rozwija się jeszcze i to nawet szybko. Obecnie też należy już zmienić w kilku punktach obraz, który naszkicowałem w r. 1900 i od którego zapożyczyłem dwa rozdziały Nauki i Hypotezy. W odczycie wygłoszonym na Wystawie w Saint-Louis w r. 1904 usiłowałem zmierzyć przebytą drogę; jaki mianowicie był wynik tego badania, zobaczy czytelnik w dalszym ciągu.

Postępy nauki zdawały się zagrażać najlepiej utrwalonym zasadom, tym nawet, które uważano jako podstawowe. Nie jest jednak niczem dowiedzione, że nie uda się ich ocalić; jeżeli zaś to uda się tylko niedoskonale, będą one nadal trwały, acz przekształcając się jednocześnie. Pochodu nauki nie należy porównywać z przebudowaniem miasta, gdzie bezlitośnie burzy się przestarzałe gmachy, aby zrobić miejsce nowym budynkom, lecz raczej z ciągłym rozwojem typów zoologicznych, które przeistaczają się bezustannie, tak iż nie poznaje ich wreszcie oko laika, w których jednak oko wyćwiczone odnajduje zawsze ślady pracy stuleci przeszłych. Nie należy więc sądzić, że teorye, które wyszły z mody, były jałowe i próżne.

Gdybyśmy się na tem zatrzymali, znaleźlibyśmy na tych kartach pewne racye do umocnienia naszego zaufania do wartości nauki, lecz znacznie więcej jeszcze powodów do nieufności; pozostałoby nam wrażenie zwątpienia; obecnie więc należy sprawę doprowadzić do porządku.

Niektórzy przesadzili rolę konwencyi w nauce, posuwając się aż do orzeczenia, że prawo, że sam nawet fakt naukowy stwarza uczony. Jest to zbyt daleko posunięty nominalizm. Nie, prawa naukowe nie są utworami sztucznemi;

nie mamy żadnego powodu uważać je za przypadkowe, aczkolwiek nie moglibyśmy dowieść, że niemi nie są.

Czy harmonia, o której inteligencya ludzka sądzi, że ją w przyrodzie odkrywa, istnieje poza tą inteligencyą? Nie, bez wątpienia, rzeczywistość zupełnie niezależna od umysłu, który ją pojmuje, który ją widzi lub czuje, jest niemożliwa. Świat aż tak zewnętrzny, gdyby nawet istniał, byłby dla nas raz na zawsze niedostępny. Lecz to, co nazywamy rzeczywistością przedmiotową, jest — w ostatecznej analizie — to, co jest wspólne wielu istotom myślącym i co mogłoby być wspólne wszystkim; tą, jak zobaczymy, częścią wspólną nie może być nic innego jak owa harmonia wyrażona w postaci praw matematycznych.

Ta więc harmonia jest jedyną rzeczywistością przedmiotową, jedyną prawdą, której moglibyśmy dopiąć; a jeżeli dodam jeszcze, że powszechna harmonia świata jest źródłem wszelkiego piękna, zrozumiemy, jaką wartość przypisywać należy stopniowemu i mozolnemu postępowi, dzięki któremu powoli poznajemy ją coraz lepiej.

CZĘŚĆ PIERWSZA.

NAUKI MATEMATYCZNE.

Rozdział Pierwszy.

Intuicya i Logika w Matematyce.

I.

Studyując dzieła wielkich matematyków, a nawet małych, nie można nie zauważyć i nie odróżnić dwóch przeciwnych sobie dążeń, a raczej dwóch rodzajów umysłu zupełnie odmiennych. Jedni dbają przedewszystkiem o logikę; czytając ich dzieła, możnaby sądzić, że postępowali oni tylko krok za krokiem metodą takiego Vaubana, który krocząc ku jakiejś twierdzy, nie pozostawia niczego na los przypadku. Inni dają się prowadzić intuicyi i czynią szybkie, acz niezawsze pewne zdobycze, podobnie jak śmieli jeźdźcy w awangardzie.

Nie przedmiot ich roztrząsań narzuca im tę lub ową metodę. Jeżeli pierwszych nazywa się często *analitykami*, drugich zaś *geometrami*, nie przeszkadza to pierwszym pozostawać analitykami wówczas nawet, gdy zajmują się Geometryą, podczas gdy drudzy są zawsze jeszcze geometrami, nawet gdy zajmują się Analizą czystą. Sama to istota ich umysłu czyni z nich logików lub intuityków, a nie mogą się jej wyzbyć, gdy do nowego nawet przystępują przedmiotu.

Nie można też powiedzieć, aby wychowanie rozwinęło w nich jednę z dwóch dążności a przytłumiło drugą. Człowiek nie staje się matematykiem, lecz się nim rodzi, i zdaje się również, że rodzi się geometrą lub analitykiem.

Pragnąłbym przytoczyć przykłady, a z pewnością ich nie brak; aby jednak uwydatnić kontrast, chciałbym zacząć od przykładu skrajnego; czytelnik wybaczy mi, że użyję w tym celu dwóch matematyków żyjących.

Méray chce dowieść, że równanie dwumianowe posiada zawsze pierwiastek, czyli, w języku pospolitym, że zawsze można podzielić kąt na równe części. Jeżeli istnieje w ogóle jakaś prawda, którą — jak nam się zdaje — znamy przez intuicyę bezpośrednią, to jest to ta właśnie. Któż będzie wątpił, że kąt zawsze można podzielić na dowolną liczbę równych części? Méray innego jednak jest zdania; dla niego twierdzenie to bynajmniej nie jest oczywiste, i aby go dowieść, potrzebuje on aż kilku stronic.

Przypatrzmy się natomiast Kleinowi: bada on jedną z najbardziej abstrakcyjnych kwestyj z teoryi funkcyj; chodzi o to, czy na danej powierzchni Riemannowskiej istnieje zawsze funkcya posiadająca dane punkty szczególne (dane osobliwości). Co czyni słynny geometra niemiecki? Zastępuje on powierzchnię Riemanna powierzchnią (blachą) metalową, której przewodnictwo elektryczne zmienia się od punktu do punktu według pewnych praw, i łączy dwa jej punkty z biegunami stosu elektrycznego. Prąd, powiada on, musi jakoś przejść, sposób zaś rozmieszczenia prądu na powierzchni określi funkcyę posiadającą właśnie wymagane w zadaniu osobliwości.

Niewątpliwie Klein wie dobrze, że jest to tylko szkic dowodu; przecież jednak nie ociągał się z ogłoszeniem go, sądząc prawdopodobnie, że znalazł w nim — jeżeli nie dowód ścisły — to przynajmniej nie wiem jaką pewność moralną. Logik ze wstrętem odrzuciłby podobną koncepcyę, a raczej nie miałby potrzeby jej odrzucać, gdyż w umyśle jego nigdy nie mogłaby się zrodzić.

Niechaj mi będzie wolno porównać jeszcze dwóch ludzi, którzy są chlubą nauki francuskiej, których straciliśmy w ostatnich czasach, którzy jednak oddawna już stali się nieśmiertelnymi. Mam na myśli Bertranda i Hermite'a. Byli oni uczniami tej samej szkoły i w tym samym czasie; odebrali to

samo wychowanie, ulegali tym samym wpływom; a przecież, co za różnica! Spostrzegamy ją najwyraźniej nietylko w ich pismach, lecz również w sposobie nauczania, w mowie, a nawet w ich wyglądzie. W pamięci wszystkich ich uczniów dwie te fizyonomie wyryły się w rysach niezatartych; dla wszystkich, którzy mieli szczęście śledzić za ich wykładami wspomnienie to jest jeszcze zupełnie świeże; to też łatwo je nam będzie wywołać.

W toku mowy, Bertrand jest zawsze w ruchu; to zdaje się walczyć z jakimś wrogiem zewnętrznym, to znowu kreśli giestem ręki figury, które bada. Najoczywiściej widzi on i stara się malować; dlatego to przywołuje giest do pomocy. Innym zupełnie jest Hermite; oczy jego unikają jakby zetknięcia się ze światem; nie nazewnątrz, lecz wewnątrz szuka on obrazu prawdy.

Wśród geometrów niemieckich XIX. stulecia zasłynęły głównie dwa nazwiska, a mianowicie dwóch uczonych, którzy założyli ogólną teoryę funkcyj, Weierstrassa i Riemanna. Weierstrass sprowadza wszystko do rozważania szeregów i do ich przekształceń analitycznych, a właściwie sprowadza Analizę do pewnego rodzaju przedłużenia Arytmetyki; przebiegając wszystkie jego dzieła, nie znajdziemy ani jednej figury. Riemann natomiast przyzywa natychmiast Geometryę do pomocy; każde jego pojęcie jest obrazem, którego nikt nie zapomni, skoro raz pochwyci jego znaczenie.

Z nowszych matematyków Lie był intuicyjnym; możnaby wątpić o tem, czytając jego dzieła, lecz nie po osobistej z nim rozmowie; widać było wówczas wyraźnie, że myślał on obrazami. Kowalewska natomiast była logiczką.

Te same różnice spostrzegamy między naszymi studentami; jedni wolą traktować swe zadania »za pomocą analizy«, drudzy »za pomocą geometryi«. Pierwsi nie umieją »widzieć w przestrzeni«, drudzy znużyliby się rychło długiemi rachunkami i zawikłaliby się w nich.

Dla postępu nauki obadwa rodzaje umysłu są zarówno niezbędne; tak logicy jak intuitycy dokonali wielkich

dzieł, których tamci nie mogliby dokonać. Któż ośmieliłby się powiedzieć, że wolałby, aby Weierstrass nigdy nie był pisał, lub aby Riemann nie istniał? Tak więc analizie jak i syntezie przypada w udziale rola uprawniona. Warto jednak zbadać bliżej, jaka część przypada w historyi nauki na jednę i drugą.

II.

Rzecz dziwna! Odczytując dzieła starożytnych, skłaniamy się ku zaliczeniu ich do intuityków. A przecież natura pozostaje zawsze tą samą; mało jest prawdopodobne, aby w tem dopiero stuleciu [t. j. w XIX] zaczęła ona tworzyć umysły hołdujące logice.

Gdybyśmy mogli przenieść się w krąg myśli, które panowały w czasach starożytnych, rozpoznalibyśmy, że wielu z ówczesnych geometrów było ze względu na swe dążenia analitykami. Euklides, naprzykład, wzniósł rusztowanie naukowe, w którem współcześni nie mogli dostrzedz żadnych wad. W rozległej tej budowie, w której każdą przecież część zawdzięczamy intuicyi, dziś jeszcze możemy bez wielkiego wysiłku rozpoznać dzieło logika.

Nie umysły się zmieniły, lecz idee: umysły intuicyjne pozostały te same, lecz ich czytelnicy zaczęli wymagać od nich większych ustępstw.

Jakaż jest przyczyna tej ewolucyi?

Nietrudno ją wykryć. Intuicya nie może nam dać ścisłości, ani nawet pewności; zaczęto spostrzegać to coraz bardziej.

Przytoczmy kilka przykładów. Wiadomo, że istnieją funkcye ciągłe, nie posiadające pochodnych. Niema nic bardziej rażącego dla intuicyi nad to twierdzenie, narzucone nam przez logikę. Nasi ojcowie niechybnie powiedzieliby: »Oczywista, że każda funkcya ciągła posiada pochodną, albowiem każda krzywa posiada styczną«.

Jakże intuicya może nas do tego stopnia w błąd wprowadzić? Oto, gdy chcemy wyobrazić sobie krzywą, nie mo-

żemy przedstawić jej sobie bez szerokości; podobnie też, przedstawiając sobie prostą, widzimy ją w postaci prostego paska o pewnej szerokości. Wiemy dobrze, że linie te nie mają żadnej szerokości: usiłujemy wyobrazić je sobie coraz cieńszemi i zbliżyć się tym sposobem do granicy; udaje nam się to w pewnym stopniu, lecz granicy tej nie osiągamy nigdy. Oczywista więc, że będziemy zawsze mogli przedstawić sobie te dwie wstęgi, prostą i krzywą, w położeniu takiem, że zachodzą one zlekka na siebie, nie krzyżując się jednak. Tym to sposobem, o ile nas nie ostrzeże ścisła analiza, dojdziemy do wniosku, że krzywa posiada zawsze styczną.

Jako drugi przykład wezmę zasadę Dirichleta, na której opiera się tyle twierdzeń fizyki matematycznej; za naszych czasów ustanawia się ją za pomocą rozumowań bardzo ścisłych, lecz bardzo długich; dawniej natomiast zadawalano się dowodem sumarycznym. Pewna całka zależna od dowolnej funkcyi nie może nigdy znikać. Stąd wnioskowano, że musi ona posiadać pewne minimum. Błędność tego rozumowania jest dla nas bezpośrednio widoczna, ponieważ posługujemy się terminem abstrakcyjnym: f u n k c y a, i ponieważ oswoiliśmy się ze wszelkiemi osobliwościami mogącemi przysługiwać funkcyom, gdy wyraz ten pojmujemy w sposób najogólniejszy.

Inna atoli byłaby sprawa, gdybyśmy posługiwali się obrazami konkretnemi, gdybyśmy funkcyę tę uważali naprzykład jako potencyał elektryczny; mogłoby to nas upoważnić do twierdzenia, że równowaga elektrostatyczna może być osiągnięta. Być może jednak, że porównanie fizyczne wzbudziłoby przecież jakieś mgliste wątpliwości. Gdybyśmy jednak przetłumaczyli rozumowanie to na język geometryi, pośredniczący między językiem analizy i fizyki, wątpliwości te z pewnością nie nasunęłyby się wcale, i mogłoby się tym sposobem dziś jeszcze udać wprowadzić w błąd nieuprzedzonych czytelników.

Intuicya więc nie daje nam pewności. Oto dlaczego ewo-

lucya musiała się dokonać; zobaczmy teraz, jak się ona odbyła.

Niebawem spostrzeżono się, że ścisłość nie da się wprowadzić do rozumowań, jeżeli nie weszła od samego początku do określeń.

Przez długi czas przedmioty, któremi zajmowali się matematycy, były przeważnie źle określone; sądzono, że są znane, gdyż przedstawiano je sobie zmysłami lub wyobraźnią; miano jednak o nich grube tylko wyobrażenie, lecz nie pojęcie dokładne, na którem dałoby się oprzeć rozumowanie.

W tym właśnie kierunku musieli logicy wytężyć przedewszystkiem swe siły.

Tak naprzykład było z liczbami niewymiernemi.

Mgliste pojęcie ciągłości, zawdzięczane pierwotnie intuicyi, rozwiązało się na zawiły układ nierówności dotyczących liczb całkowitych.

Tym sposobem wyjaśniły się ostatecznie trudności pochodzące z przejścia do granicy lub z rozważania wielkości nieskończenie małych.

Obecnie pozostały w analizie same tylko liczby całkowite i układy skończone lub nieskończone takich liczb, powiązane wzajemnie siecią stosunków równości i nierówności.

Matematyka, jak powiadają, zarytmetyzowała się.

III.

Nasuwa się nasamprzód pytanie: Czy ewolucya ta jest już skończona?

Czy dopięliśmy nareszcie bezwzględnej ścisłości? W każdej fazie rozwoju przodkom naszym również zdawało się, że ją osiągnęli. Skoro łudzili się oni, czyż i my się nie mylimy?

Zdaje się nam, że w rozumowaniach naszych nie uciekamy się już do intuicyi; filozofowie powiedzą nam, że jest to złudzenie. Logika czysta zupełnie prowadziłaby nas zawsze do samych tylko tautologij; nie mogłaby ona stworzyć

nic nowego; z samej tylko logiki żadna nie może się wyłonić wiedza.

Filozofowie ci mają w pewnym względzie słuszność; dla budowy arytmetyki, podobnie jak geometryi lub jakiejkolwiek zresztą nauki trzeba czegoś więcej niż czystej logiki. Aby to »coś« oznaczyć, nie posiadamy innego wyrazu, jak: intuicya. Ileż jednak różnych pojęć kryje się pod tą jedną nazwą?

Porównajmy ze sobą cztery następujące pewniki:

1⁰ Dwie wielkości równe trzeciej są sobie równe;

2⁰ Jeżeli jakieś twierdzenie jest prawdziwe dla liczby 1 i jeżeli dowiedziemy, że będąc prawdziwem dla n, jest niem też $n+1$, natenczas będzie ono prawdziwe dla wszystkich liczb całkowitych;

3⁰ Jeżeli na linii prostej punkt C znajduje się między A i B, punkt zaś D między A i C, natenczas punkt D będzie leżał między A i B;

4⁰ Przez punkt dany można przeprowadzić do danej prostej jednę tylko równoległą.

Wszystkie te cztery pewniki należy przypisać intuicyi; a przecież pierwszy jest wysłowieniem jednego z prawideł logiki formalnej, drugi jest prawdziwym sądem syntetycznym *a priori* i tworzy podstawę ścisłej indukcyi matematycznej, trzeci apeluje do wyobraźni, czwarty wreszcie jest ukrytą definicyą.

Intuicya niekoniecznie opiera się na świadectwie zmysłów; siła ich wyczerpałaby się rychło; nie możemy wyobrazić sobie naprzykład tysiącoboka, a przecież rozumujemy intuicyjnie o wielobokach w ogóle, które obejmują tysiącobok jako wypadek szczególny.

Wiadomo, co Poncelet rozumiał przez zasadę ciągłości. Co jest słuszne, powiada on, dla wielkości rzeczywistej, powinno też zachodzić dla urojonej; co jest słuszne dla hyperboli, która posiada rzeczywiste asymptoty, powinno więc być słuszne również dla elipsy, której asymptoty są urojone. Poncelet był jednym z najbardziej intuicyjnych umysłów

swego stulecia; był nim namiętnie, niemal z ostentacyą; uważał on zasadę ciągłości za jeden z najzuchwalszych swych pomysłów, a przecież nie opierała się ona na świadectwie zmysłów; upodabniać hyperbolę elipsie, znaczyło to raczej: przeczyć świadectwu temu. Było to tylko niejako pohopne i instynktowne uogólnienie, którego nie chcę zresztą bronić!

Mamy więc różne rodzaje intuicyi: przedewszystkiem powoływanie się na zmysły i wyobraźnię, następnie uogólnianie przez indukcyę, wzorujące się na procedurze nauk doświadczalnych, i wreszcie intuicyę liczby czystej, z której zrodził się drugi z pośród przytoczonych dopiero co pewników, a która może stworzyć prawdziwe rozumowanie matematyczne.

Dwie pierwsze nie mogą nam dać pewności, jak to okazałem na przykładach; któż jednak będzie wątpił poważnie co do trzeciej, któż zwątpi w arytmetykę?

Otóż w dzisiejszej analizie, skoro tylko chce się być ścisłym i nie szczędzi się trudów, pozostają same tylko sylogizmy albo odwoływania się do tej intuicyi liczby czystej, jedynej, która nie może nas w błąd wprowadzić. Można powiedzieć, że obecnie ścisłość bezwzględna została osiągnięta.

IV.

Filozofowie czynią inny jeszcze zarzut: »To, co zyskujecie na ścisłości, tracicie na przedmiotowości. Nie możecie wznieść się ku waszemu ideałowi logicznemu w żaden inny sposób, jak tylko przez zerwanie więzów łączących was z rzeczywistością. Nauka wasza jest nieskalana, lecz może nią pozostać jedynie, jeśli się zamknie w wieży z kości słoniowej i wyrzecze się wszelkich stosunków ze światem zewnętrznym. Będzie jednak musiała wyjść z niej, skoro tylko pokusi się o najmniejsze chociażby zastosowanie«.

Chcę dowieść, naprzykład, że taka a taka własność przysługuje takiemu a takiemu przedmiotowi, którego pojęcie wydaje mi się zrazu niedającem się określić, gdyż jest intuicyjne.

Na samym już wstępie odnoszę porażkę albo muszę zadowolić się dowodami przybliżonemi; decyduję się wreszcie na dokładne określenie mego przedmiotu, a to pozwala mi dowieść tej własności w sposób wolny od zarzutów.

»A co potem? — powiadają filozofowie — należy jeszcze okazać, że przedmiot odpowiadający temu określeniu jest ten sam istotnie, który poznaliście przez intuicyę, lub też, że taki a taki przedmiot rzeczywisty i konkretny, który zdaje się wam odpowiadać waszemu pojęciu intuicyjnemu, zgadza się dobrze z nowem waszem określeniem. Wówczas dopiero możecie twierdzić, że przysługuje mu rozważana własność. Przesunęliście więc tylko trudność«.

Nie jest to zupełnie słuszne; nie przesunięto trudności, lecz ją podzielono. Twierdzenie, którego należało dowieść, składało się w istocie rzeczy z dwóch różnych prawd, których jednak zrazu nie odróżniono. Pierwsza była prawdą matematyczną, i ta jest teraz ściśle dowiedziona. Druga była prawdą doświadczalną. Jedynie tylko doświadczenie może nas pouczyć o tem, że taki a taki przedmiot rzeczywisty i konkretny odpowiada lub nie odpowiada pewnemu określeniu oderwanemu. Druga ta prawda nie jest dowiedziona matematycznie, ale też być nią nie może, podobnie jak nie można dowieść matematycznie empirycznych praw nauk fizycznych i przyrodniczych. Nierozsądnie byłoby wymagać więcej.

Owoż, czy nie stanowi to znacznego postępu, że odróżniono od siebie to, co tak długo niesłusznie mieszano ze sobą?

Miałożby to znaczyć, że z tego zarzutu filozofów nic już nie pozostało? Tego bynajmniej nie chciałem powiedzieć; stając się ścisłą, nauka matematyczna przybiera cechy sztuczności, bijącej w oczy wszystkich; zapomina o swem pochodzeniu historycznem; widzi się, jak można zagadnienia rozwiązywać, lecz nie widzi się już, jak i dlaczego się one nasuwają.

Okazuje się stąd, że logika nie wystarcza, że nauka oparta na dowodzeniu nie stanowi całej jeszcze nauki i że

intuicya musi zachować swą rolę dopełniającą, powiedziałbym niemal: rolę przeciwwagi lub odtrutki logiki.

Miałem już sposobność mówić o tem, jakie miejsce powinna zajmować intuicya w nauczaniu matematyki. Bez intuicyi młode umysły nie umiałyby się zaprawić do pojmowania matematyki; nie nauczyłyby się one kochać jej i widziałyby w niej czczą tylko logomachię, przedewszystkiem zaś nie umiałyby jej nigdy zastosować.

Obecnie jednak chciałbym mówić głównie o roli intuicyi w samej nauce. Jeżeli jest ona pożyteczna dla uczących się, to tembardziej jeszcze dla twórczego uczonego.

V.

Szukamy rzeczywistości, lecz cóż to jest rzeczywistość?

Fizyologowie uczą nas, że organizmy składają się z komórek; chemicy dodają, że komórki znowu składają się z atomów. Czy znaczy to, że atomy lub komórki stanowią rzeczywistość, a przynajmniej jedyną rzeczywistość? Czyż sposób wzajemnego funkcyonowania tych komórek, z którego wynika jedność osobnika, nie jest również rzeczywistością, znacznie więcej nawet interesującą niż rzeczywistość odosobnionych elementów, i czyż przyrodnik, któryby badał słonia tylko przez mikroskop, miałby prawo sądzić, że zna dostatecznie to zwierzę?

Otóż w Matematyce mamy coś podobnego. Logik rozkłada, że tak powiem, każde dowodzenie na bardzo wielką liczbę działań elementarnych; skoro zbada się kolejno te działania i sprawdzi, że każde z nich jest bez zarzutu, czyż zrozumie się już przez to prawdziwe znaczenie całego dowodzenia? Czy zrozumie się je wówczas nawet, gdy wysiłkiem pamięci zdoła się powtórzyć to dowodzenie, odtwarzając wszystkie te działania elementarne w pierwotnym ich porządku?

Oczywiście nie; nie posiądziemy wówczas jeszcze całej rzeczywistości; wymknie się nam zupełnie coś, czego nie umiem nazwać po imieniu, a co stanowi jedność dowodzenia.

Analiza czysta dostarcza nam mnóstwa procedur, których nieomylność nam poręcza, otwiera nam tysiące różnych dróg, na które możemy wstąpić z zupełnem zaufaniem, pewni, że nie spotkamy na nich przeszkód. Która jednak z tych wszystkich dróg poprowadzi nas najrychlej do celu? Kto powie nam, jaką należy wybrać? Potrzeba nam daru spostrzegania celu z daleka, tym zaś darem jest intuicya. Nie może się bez niej obejść ani badacz, który ma wybrać drogę, ani też ten, kto idzie w jego ślady i chce wiedzieć, dlaczego tę właśnie drogę obrano.

Aby zrozumieć partyę szachów, której się przypatrujemy, nie wystarcza jeszcze znać prawidła posuwania poszczególnych figur. Dałoby nam to jedynie możność stwierdzenia, że każde posunięcie było zgodne z temi prawidłami, a to niewielką zaprawdę posiadałoby wartość. A w tem właśnie położeniu byłby czytelnik dzieła matematycznego mający jedynie tylko logikę na swe usługi. Rozumieć partyę — to coś zupełnie innego; znaczy to, wiedzieć dlaczego gracz posunął tę raczej, a nie tamtą figurę, co również mógłby bez uchybienia prawidłom gry uczynić, t. j. postrzegać wewnętrzną przyczynę, która ze szeregu następujących po sobie posunięć czyni pewną całość organiczną. Tem bardziej zaś dar ten jest niezbędny dla samego gracza, to jest dla wynalazcy.

Porzućmy jednak to porównanie, aby wrócić znowu do Matematyki.

Przypatrzmy się naprzykład losom pojęcia funkcyi ciągłej. Na początku był to tylko obraz zmysłowy; np. linii ciągłej nakreślonej kredą na czarnej tablicy. Potem oczyścił się on stopniowo i rychło posłużył do zbudowania zawiłego układu nierówności, który odtwarzał poniekąd wszystkie linie obrazu pierwotnego; gdy budowa ta była skończona, zburzono rusztowanie, że tak powiem, porzucono owo grube wyobrażenie, które chwilowo tylko służyło jej za podporę, a następnie stało się zbytecznem; pozostała sama tylko budowa, której logik niczego nie może zarzucić. Gdyby jednak obraz pierwotny zatarł się zupełnie w naszej pamięci, w jakiż sposób

moglibyśmy odgadnąć, mocą jakiego kaprysu wszystkie te nierówności spiętrzyły się tak właśnie jedne na drugich?

Czytelnik powie może, iż nadużywam porównań: niechaj mi przecież na jeszcze jedno pozwoli. Widział on niewątpliwie owe delikatne skupienia igieł krzemowych, które tworzą szkielet pewnych gąbek. Skoro zniknie materya organiczna, pozostaje jedynie wątła i wytworna koronka. Niema tam wprawdzie nic innego jak tylko kwas krzemowy, lecz ciekawy jest właśnie kształt przezeń przybrany, a kształtu tego nie możemy zrozumieć, jeżeli nie znamy żywej gąbki, która go wycisnęła. Podobnie też dawne pojęcia intuicyjne naszych przodków, nawet po ich zarzuceniu, wytłaczają jeszcze swój kształt na rusztowaniach logicznych, któreśmy na ich miejsce wznieśli.

Bez tego, obejmującego całość, rzutu oka nie może się obejść ani wynalazca ani też ten, kto chce rzeczywiście go zrozumieć. Czyż może go nam dać logika?

Nie; dowodzi tego sama chociażby nazwa, jaką jej dają matematycy. W Matematyce logika nazywa się Analizą, analiza zaś znaczy dzielenie, krajanie. Jedynemi więc jej narzędziami mogą tylko być skalpel i mikroskop.

Tak więc, zarówno logice jak intuicyi przypadają w udziele pewne role konieczne. Obie są niezbędne. Logika, która jedynie może dać pewność, jest narzędziem dowodzenia; intuicya zaś jest narzędziem inwencyi.

VI.

W chwili jednak, gdy formułuję ten wniosek, budzi się we mnie skrupuł.

Oto na samym wstępie rozróżniłem dwa rodzaje umysłów matematycznych: z jednej strony logiczne, analityczne, z drugiej — intuicyjne, geometryczne. Lecz i analitycy również byli wynalazcami. Przemawiają już za tem dostatecznie same nazwiska, które dopiero co przytoczyłem.

Zachodzi więc tu, pozorna przynajmniej, sprzeczność, którą należy wyjaśnić.

Przedewszystkiem nie należy sądzić, że logicy ci postępowali zawsze od ogólnego do szczególnego, jak zdawałyby się nakazywać im prawidła logiki formalnej. Na tej drodze nie mogliby oni rozszerzyć granic nauki. Nie można czynić zdobyczy naukowych inaczej jak przez uogólnianie.

W jednym z rozdziałów Nauki i Hypotezy miałem sposobność rozważać istotę rozumowania matematycznego i okazałem, jak rozumowanie to, nie przestając być bezwzględnie ścisłem, może prowadzić nas od wypadków szczególnych do ogólnych przez postępowanie, które nazwałem indukcyą matematyczną.

Na tej to drodze analitycy posunęli naprzód naukę, a skoro rozpatrzymy szczegóły ich dowodzeń, odnajdziemy w nich na każdym kroku indukcyę matematyczną obok klasycznego sylogizmu Arystotelesa.

Widzimy już tedy, że analitycy nie są poprostu wytwórcami sylogizmów, na podobieństwo scholastyków.

Czyż sądzimy, z drugiej strony, że postępowali oni zawsze krok za krokiem, nie mając przed oczyma celu, którego chcieli dopiąć? Wszakże musieli jakoś obrać drogę, która doń prowadziła, a do tego potrzebowali przewodnika.

Przewodnikiem tym jest nasamprzód analogia.

Jednem np. z ulubionych rozumowań analityków jest to, które opiera się na zastosowaniu tak zwanych *„fonctions majorantes“**). Wiadomo, że za pomocą niego rozwiązano już mnóstwo zagadnień; na czemże polega rola wynalazcy, który chce je zastosować do nowego zagadnienia? Powinien on przedewszystkiem poznać analogię tego zagadnienia względ-

---

*) Odpowiedni termin polski — wątpię, czy się ustalił. Brak go też zresztą w języku niemieckim. »Fonction majorante« lub krótko »majorante« nazywają francuzi naprzykład szereg zbieżny, z którym porównywamy dany jakiś szereg S i z którego zbieżności wynika *a fortiori* zbieżność danego szeregu *(S). (Przyp. tłum.)*

dem rozwiązanych już dawniej tą metodą, następnie zaś spostrzedz, przez co nowe zagadnienie różni się od tamtych, i wyprowadzić stąd niezbędne przekształcenie metody.

Lecz w jakiż sposób dostrzega się te analogie i różnice? W przytoczonym dopiero co przykładzie są one zawsze niemal oczywiste; mógłbym jednak znaleść inne, w których byłyby one bardziej ukryte; częstokroć wykrycie ich wymaga niepowszedniej przenikliwości.

Analityk, nie chcąc, aby ukryte te analogie mu się wymknęły, to jest pragnąc być wynalazcą, musi bez pomocy zmysłów i wyobraźni odczuwać bezpośrednio to, co stanowi jedność rozumowania, co — że tak powiem — stanowi jego duszę i życie wewnętrzne.

Kiedy rozmawiało się z Hermitem, nie wywoływał on nigdy obrazów zmysłowych, a przecież spostrzegało się rychło, że byty [pojęcia] najbardziej oderwane były dlań jakby żywemi istotami. Nie widział ich on, lecz czuł, że nie tworzą zbiorowiska sztucznego, a posiadają nie wiem jaką zasadę jedności wewnętrznej.

Ależ, zarzuci mi ktoś, jest to również intuicya. Czyż wynika stąd, że odróżnienie uczynione na wstępie jest tylko pozorem, że istnieje jeden tylko rodzaj umysłów i że wszyscy matematycy, a przynajmniej ci, którzy są zdolni do inwencyi, są intuitykami?

Bynajmniej; rozróżnienie nasze odpowiada czemuś rzeczywistemu. Powiedziałem wyżej, że istnieje kilka gatunków intuicyi, i w jakim stopniu intuicya liczby czystej, z której może się wyłonić ścisła indukcya matematyczna, różni się od intuicyi zmysłowej opierającej się całkowicie na wyobraźni we właściwem słowa znaczeniu.

Czy przepaść między niemi jest obecnie mniej głęboka niż wydawało się na początku? Czy, przy pewnej uwadze, poznamy, że sama ta nawet czysta intuicya bez pomocy zmysłów obejść się nie może? Sprawa ta należy do psychologów i metafizyków, i nie będę jej tu roztrząsał.

Sama już jednak wątpliwość sprawy tej uprawnia mnie do

rozpoznania i głoszenia zasadniczej rozbieżności między dwoma gatunkami intuicyi; nie posiadają one jednego i tego samego przedmiotu i zdają się wprowadzać w grę dwie różne władze naszej duszy, jak gdyby dwa projektory świetlne skierowane na dwa obce sobie światy.

Intuicya to czystej liczby, form logicznych czystych, przyświeca i służy za przewodnika tym, których nazwaliśmy analitykami.

Ona to daje im nietylko możność dowodzenia, lecz i inwencyi. Dzięki jej spostrzegają oni na pierwszy rzut oka plan ogólny budowy logicznej, i to bez widocznej pomocy zmysłów.

Odrzucając pomoc wyobraźni, która — jak widzieliśmy — niezawsze jest nieomylną, mogą oni posuwać się naprzód, nie bojąc się pomyłki. Szczęśliwi są więc ci, co mogą się obyć bez tej podpory! Podziwiać ich należy, — lecz jakże są rzadcy!

Pośród analityków zdarzą się więc wynalazcy, lecz w niewielkiej tylko garstce.

Większość z pośród nas, gdyby chciała widzieć zdaleka przez samą tylko intuicyę czystą, rychło doznałaby zawrotu głowy. W słabości naszej musimy oprzeć się na mocniejszym kiju, i — niebacząc na wspomniane przed chwilą wyjątki — faktem jest przecież, że intuicya zmysłowa jest w matematyce najzwyklejszem narzędziem inwencyi. Ostatnie nasze rozmyślania nasuwają pytanie, którego nie mogę tu ani rozwiązać, ani nawet wysłowić dość wyczerpująco.

Czy należałoby przeprowadzić jeszcze jeden podział i wpośród analityków odróżnić tych, którzy posiłkują się głównie tą intuicyą czystą, od tych, co troszczą się przedewszystkiem o logikę formalną?

Hermite'a naprzykład, którego niedawno przytoczyłem, nie można zaliczyć do geometrów posługujących się intuicyą zmysłową; lecz nie jest on też logikiem we właściwem słowa znaczeniu. Nie ukrywa on swej niechęci do postępowania czysto dedukcyjnego, które wychodzi z wypadku ogólnego, aby dotrzeć do szczególnego.

Rozdział Drugi.

Miara Czasu.

I.

Dopóki nie opuszczamy dziedziny świadomości, pojęcie czasu jest względnie jasne. Nietylko odróżniamy bez trudności wrażenie obecne od wspomnienia wrażeń przeszłych, lub od przewidywania wrażeń przyszłych, lecz wiemy też bardzo dobrze, co chcemy powiedzieć, gdy twierdzimy, że z dwojga świadomych zjawisk, które zachowaliśmy w pamięci, jedno było wcześniejsze niż drugie, albo też, że z dwojga zjawisk przewidywanych jedno będzie poprzedzało drugie.

Mówiąc, że dwa fakty naszej świadomości są współczesne, rozumiemy przez to, że przenikają się one wzajemnie nawskroś, tak iż analiza nie może ich rozszczepić bez pokaleczenia.

Porządek, w którym grupujemy zjawiska świadomości, nie jest bynajmniej dowolny, lecz narzuca się nam tak, iż nie możemy w nim niczego zmienić.

Mogę tu jednę tylko dodać uwagę. Jeżeli grupa wrażeń ma stać się wspomnieniem dającem zmieścić się w czasie, musi ona stracić swą aktualność, musi zatrzeć się w nas poczucie jej nieskończonej złożoności, — inaczej bowiem pozostałaby ona aktualną, — musi ona wykrystalizować, że tak powiem, naokoło pewnego jądra skojarzeń ideowych, które stanowić będzie pewnego rodzaju etykietę. Wspomnienia nasze możemy wówczas dopiero uszykować w czasie, gdy straciły już całe swe życie, podobnie jak botanik układa w swym zielniku kwiaty zasuszone.

Lecz etykiety te mogą istnieć tylko w liczbie skończonej. Z tego zaś względu czas psychologiczny byłby niecią-głym. Skądże więc bierze się to poczucie, że między dwiema dowolnemi chwilami są inne chwile? Klasyfikujemy wspomnienia nasze w czasie, wiemy jednak, że pozostają też puste

przegródki. Jakże byłoby to możliwe, gdyby czas nie był pierwotną formą naszego umysłu? W jakiż sposób wiedzielibyśmy, że istnieją puste przegródki, gdyby te objawiały się nam jedynie przez swą zawartość?

II.

Nie dość na tem. Do formy tej chcemy wtłoczyć nietylko zjawiska naszej świadomości, lecz również te, które rozgrywają się na scenie innych świadomości; więcej jeszcze, chcemy wtłoczyć w nią fakty fizyczne, owo coś, czem zaludniamy przestrzeń i czego nie widzi bezpośrednio żadna świadomość. Koniecznem jest to przecież, inaczej bowiem nie mogłaby istnieć nauka. Jednem słowem, dany nam jest czas psychologiczny, a chcemy stworzyć czas naukowy i fizyczny. Tu właśnie zaczyna się trudność, a raczej zaczynają się trudności, gdyż jest ich dwie.

Oto są dwie świadomości, stanowiące jakby dwa wzajemnie nieprzenikalne światy. Jakimże prawem chcemy je wtłoczyć w jednę i tę samą formę, mierzyć tą samą miarą? Czy nie wygląda to tak, jak gdybyśmy chcieli mierzyć [długości] gramem lub ważyć metrem?

A zresztą, dlaczego mówimy o mierze? Wiemy może, że pewien fakt jest wcześniejszy od pewnego innego, lecz nie o i l e jest wcześniejszy.

Stąd też dwie trudności:

1° Czy możemy czas psychologiczny, jakościowy, przekształcić na czas ilościowy?

2° Czy możemy sprowadzić do tej samej miary fakty zachodzące w różnych światach?

III.

Pierwszą trudność dawno już zauważono; była ona przedmiotem długich rozpraw, i można powiedzieć, że sprawa jest obecnie rostrzygnięta.

Nie posiadamy bezpośredniej intuicyi równości dwóch odstępów czasu. Ludzie sądzący, że intuicyę tę posiadają, podlegają złudzeniu.

Gdy powiadam, że od południa do pierwszej upłynęło tyleż czasu co od drugiej do trzeciej, — jakiż sens ma to twierdzenie?

Po najkrótszym chociażby namyśle pojmiemy, że samo przez się nie ma ono żadnego, i że mieć będzie to tylko znaczenie, jakiego zapragnę mu udzielić, przez określenie, które z pewnością wniesie ze sobą pewien stopień dowolności.

Psychologowie mogliby się obejść bez takiego określenia; dla fizyków, dla astronomów byłoby to niemożliwe; zobaczmyż, jak sobie radzą.

Dla mierzenia czasu posługują się oni wahadłem, zakładając, przez określenie, że trwania jego wahań są sobie równe. Stanowi to jednak pierwsze tylko przybliżenie; temperatura, opór powietrza, ciśnienie barometryczne zmieniają ruchy wahadła. Uwzględniając te źródła błędu, możnaby otrzymać znacznie lepsze przybliżenie, lecz byłoby to zawsze tylko przybliżenie; inne jeszcze, aż dotąd zaniechane przyczyny, elektryczne, magnetyczne i t. d., przysporzyłyby dalszych drobnych zakłóceń.

Istotnie, najlepsze nawet zegary musimy od czasu do czasu korygować, a poprawki te wykonywamy przy pomocy obserwacyj astronomicznych; staramy się o to, aby zegar gwiazdowy wskazywał zawsze tę samą godzinę, ilekroć ta sama gwiazda przechodzi przez południk. Innemi słowy, stałą jednostką czasu jest dla nas dzień gwiazdowy, t. j. trwanie całkowitego obrotu ziemi. Zastępując określenie oparte na ruchu wahadła przez nowe określenie, zgadzamy się na to, że trwania dwóch całkowitych obrotów ziemi naokoło jej osi są sobie równe.

Astronomowie atoli nie zadowolili się jeszcze tem określeniem. Wielu z pośród nich sądzi, że przypływy i odpływy działają na glob nasz jak gdyby hamulec, i że obrót ziemi staje się coraz powolniejszym. Tym to sposobem tłumaczy-

łoby się pozorne przyspieszenie ruchu księżyca, który miałby poruszać się prędzej, niż pozwala mu teorya — dlatego jedynie, że zegar nasz, t. j. ziemia, spóźnia się.

IV.

Wszystko to, mógłby ktoś zarzucić, niewielkie posiada znaczenie; bez wątpienia, miernicze nasze narzędzia są niedoskonałe, wystarcza jednak, abyśmy mogli pomyśleć sobie przyrząd doskonały. Ideał ten nie da się osiągnąć, wystarczy jednak, żeśmy go pomyśleli i włożyli tym sposobem ścisłość w samo określenie jednostki czasu.

Na nieszczęście, ścisłości tej niema. Gdy dla pomiaru czasu posługujemy się wahadłem, jakiż postulat zakładamy domyślnie?

Oto ten, że trwanie dwóch zjawisk identycznych jest jedno i toż samo, albo też — jeżeli kto woli, — że te same przyczyny potrzebują tego samego czasu dla wytworzenia tych samych skutków.

To właśnie na pierwszy rzut oka jest dobrem określeniem równości dwóch trwań.

Strzeżmy go się jednak. Czy doświadczenie nie sprzeciwi się kiedyś naszemu postulatowi?

Dla wyłuszczenia sprawy, załóżmy, że w pewnym punkcie świata zachodzi zjawisko α, które po upływie pewnego czasu pociąga za sobą skutek α'. W innym, od tamtego bardzo odległym punkcie zachodzi zjawisko β, które pociąga za sobą skutek β'. Zjawiska α i β, podobnie jak skutki α' i β', niechaj będą spółczesne.

W późniejszej jakiejś epoce odtwarza się zjawisko α w okolicznościach mniej więcej identycznych, i jednocześnie odtwarza się również zjawisko β w odległym punkcie świata w tych samych mniej więcej okolicznościach.

Skutki α' i β' mają również się powtórzyć. Przypuszczam, że skutek α' wyprzedza dostrzegalnie skutek β'.

Otóż, gdybyśmy byli świadkami takiego widowiska, doświadczenie zadałoby kłam naszemu postulatowi.

Nauczyłoby ono nas bowiem, że pierwsze trwanie $\alpha\alpha'$ jest równe pierwszemu trwaniu $\beta\beta'$, że natomiast drugie trwanie $\alpha\alpha'$ jest mniejsze niż drugie $\beta\beta'$, podczas gdy postulat nasz wymaga, aby obadwa trwania $\alpha\alpha'$ były wzajemnie równe, i podobnie też obadwa trwania $\beta\beta'$. Równość i nierówność, wyprowadzone z doświadczenia, nie dałyby się pogodzić z dwiema równościami płynącemi z postulatu.

Otóż, czy można twierdzić, że uczynione tu przed chwilą przypuszczenia są niedorzeczne? Nie zawierają one niczego z goła, co sprzeciwiałoby się »zasadzie sprzeczności.« Bez wątpienia, nie mogłyby się one urzeczywistnić bez pogwałcenia zasady »dostatecznego powodu«. Dla usprawiedliwienia jednak tak podstawowej definicyi wolałbym inną przecież gwarancyę.

V.

Nie dość na tem.

W rzeczywistości fizycznej jakaś przyczyna nie sprawia skutku, lecz całe mnóstwo różnych przyczyn składa się na jego wytworzenie, i zgoła rozsądzić nie można, jaki każdej z nich przypada w tem udział.

Fizycy usiłują to uczynić, lecz udaje im się to w przybliżeniu tylko i nie uda się nigdy inaczej, przy największym nawet postępie. W przybliżeniu, ruch wahadła zachodzi jedynie dzięki przyciąganiu Ziemi; ściśle jednak rzecz biorąc, należałoby uwzględnić przyciąganie ciał niebieskich dalszych nawet niż Syryusz.

W tych, oczywiście, warunkach — przyczyny, które sprawiły pewien skutek, odtworzą się jedynie tylko w przybliżeniu.

Wobec tego musimy zmienić nasz postulat i nasze określenie. Zamiast powiedzieć:

»Te same przyczyny potrzebują tego samego czasu dla wytworzenia tych samych skutków« — powinniśmy powiedzieć:

»Przyczyny mniej więcej identyczne potrzebują tego samego mniej więcej czasu dla wytworzenia w przybliżeniu tych samych skutków«.

Określenie nasze jest już więc tylko przybliżone.

Zresztą, jak zauważył słusznie Calinon w niedawnej rozprawie (*Etude sur le diverses grandeurs,* Paryż, Gauthier-Villars, 1897): »Jedną z okoliczności zjawiska jakiegokolwiek jest prędkość obrotu ziemi; gdy prędkość ta się zmienia, stanowi ona w odtworzeniu się zjawisk pewną okoliczność, która nie pozostaje identyczną ze sobą. Przypuszczenie zaś, że prędkość ta obrotowa jest stała, byłoby równoważne przypuszczeniu, że umiemy mierzyć czas«.

Określenie więc nasze nie jest jeszcze zadawalniające; z pewnością nie jest ono tem samem, które milcząco przyjmują astronomowie, gdy twierdzą, że obrót ziemi zwalnia się ustawicznie.

Jakież znaczenie posiada u nich to twierdzenie? Możemy to zrozumieć jedynie przez analizę dowodów, które dają dla tego twierdzenia.

Powiadają oni przedewszystkiem, że tarcie przypływu i odpływu, wytwarzając ciepło, musi niszczyć siłę żywą. Przywołują więc zasadę sił żywych, czyli zachowania energii.

Następnie powiadają, że przyspieszenie wiekowe księżyca, obliczone według prawa Newtona, byłoby mniejsze niż to, które wynika z obserwacyj, skoro nie wprowadza się poprawki ze względu na malejącą prędkość obrotową ziemi.

Opierają się więc astronomowie na prawie Newtona.

Innemi słowy, określają oni trwanie w sposób następujący: czas należy określać tak, aby stało się zadość prawu Newtona i prawu sił żywych.

Prawo Newtona jest prawdą doświadczalną; jako takie jest tylko przybliżone, tak iż mamy tu zawsze tylko określenie przybliżone.

Jeżeli przypuścimy, że zgodzono się na inny sposób mierzenia czasu, doświadczenia, na których opiera się prawo Newtona, zachowają przecież pierwotne swe znaczenie, lecz

wysłowienie tego prawa będzie inne, boć na inny przetłumaczone język; będzie ono oczywiście znacznie mniej proste.

Tak więc określenie milcząco przyjęte przez astronomów daje się streścić w następujący sposób:

Czas należy tak określić, aby równania mechaniki były możliwie najprostsze.

Innemi słowy, jeden sposób mierzenia czasu nie może być prawdziwszy od drugiego; ten, który przyjęto powszechnie, jest tylko d o g o d n i e j s z y.

Nie mamy prawa powiedzieć, że z dwóch zegarów jeden chodzi dobrze, a drugi źle; możemy jedynie twierdzić, że wygodniej jest opierać się na wskazaniach pierwszego.

Trudność tę, jak już wspomniałem, zaznaczano już niejednokrotnie; z pośród nowszych dzieł, które się nią zajmują, przytoczyłbym, oprócz pracy Calinona, wykład mechaniki Andrade'a.

VI.

Druga trudność aż dotąd mniejszą ściągała na się uwagę; jest ona jednak zupełnie analogiczna do poprzedniej, a biorąc rzecz logicznie, powinienbym nawet od niej sprawę zacząć.

Dwa zjawiska psychologiczne zachodzą w dwóch różnych świadomościach; gdy mówię, że są one spółczesne, cóż chcę przez to powiedzieć?

Gdy mówię, że zjawisko fizyczne zachodzące poza wszelką świadomością jest dawniejsze lub późniejsze od pewnego zjawiska psychologicznego, cóż przez to chcę powiedzieć?

W roku 1572 Tycho-Brahe spostrzegł na sklepieniu niebieskiem nową gwiazdę. Na jakiejś bardzo odległej gwieździe zdarzył się olbrzymi wybuch płomienny; lecz miało to miejsce znacznie wcześniej; upłynęło dwieście przynajmniej lat, nim światło wysłane z tej gwiazdy dosięgło naszej ziemi. Wybuch ten był więc dawniejszy niż odkrycie Ameryki.

Otóż, gdy mówię to, gdy rozważam owo zjawisko olbrzymie, które nie miało może żadnych świadków, o ile satelity owej gwiazdy były może niezamieszkane, gdy mówię,

że zjawisko to jest dawniejsze niż utworzenie się obrazu wzrokowego wyspy Espanola w świadomości Krzysztofa Kolumba, cóż przez to chcę powiedzieć?

Chwila namysłu wystarcza, aby zrozumieć, że twierdzenia te same przez się nie mają żadnego sensu.

Mogą go one nabyć jedynie na mocy jakiejś konwencyi.

VII.

Przedewszystkiem zapytać należy, jak można było powziąć myśl wtłoczenia do jednej i tej samej ramy tylu różnych światów wzajemnie nieprzenikliwych.

Chcielibyśmy przedstawić sobie świat zewnętrzny i za tę tylko cenę sądzilibyśmy, iż go znamy.

Wyobrażenia tego nie posiądziemy nigdy; wiemy o tem; jesteśmy zbyt bezsilni.

Chcemy więc przynajmniej, aby można było pomyśleć sobie inteligencyę nieskończoną, dla której wyobrażenie to byłoby możliwe, pewnego rodzaju olbrzymią świadomość, która widziałaby i klasyfikowała wszystko w czasie swoim, jak my w naszym czasie szeregujemy tę odrobinę, która dla nas jest dostępna.

Hypoteza ta jest dość surowa i niezupełna; owa inteligencya najwyższa byłaby bowiem pół-bogiem tylko; nieskończona pod pewnym względem, byłaby ograniczoną pod innym względem, miałaby bowiem niedoskonałe tylko wspomnienie przeszłości; i nie mogłaby mieć innego, gdyż w przeciwnym razie wszystkie wspomnienia byłyby dla niej jednakowo żywe, tak iż czas nie istniałby wcale dla niej.

A jednak, czyż — mówiąc o czasie, względem wszystkiego co nazewnątrz nas zachodzi, nie przyjmujemy nieświadomie tej hypotezy? Czyż nie stawiamy się w położenie tego niedoskonałego boga? A samiż nawet ateusze czyż nie stawiają się w położenie, w którem byłby Bóg, gdyby istniał?

To, co powiedziałem przed chwilą, tłumaczy nam może, dlaczego staraliśmy się wtłoczyć w jednę ramę wszystkie

zjawiska fizyczne. Nie może to jednak uchodzić za określenie spółczesności, albowiem owa inteligencya hypotetyczna, gdyby nawet istniała, byłaby dla nas nieprzenikalną.

Należy więc rozejrzeć się za czemś innem.

VIII.

Zwykłe określenia, odpowiednie dla czasu psychologicznego, nie mogłyby nam wystarczyć. Dwa spółczesne fakty psychologiczne są tak ściśle ze sobą powiązane, że analiza nie może ich rozdzielić, nie kalecząc ich zarazem. Czy stosuje się to również do faktów fizycznych? Czyż moja teraźniejszość nie jest bliższą mej przeszłości wczorajszej niż teraźniejszości Syryusza?

Chciano też, aby dwa fakty były uważane za spółczesne, jeżeli można dowolnie odwrócić porządek ich następstwa! Określenie to nie dałoby się oczywiście zastosować do dwóch faktów fizycznych zachodzących w wielkich od siebie odległościach, i w tym wypadku nie wiedzielibyśmy nawet, co należy rozumieć przez ich odwracalność; zresztą należałoby przedewszystkiem określić samo następstwo.

IX.

Sprobujmy więc zdać sobie sprawę z tego, co rozumiemy przez spółczesność lub wcześniejszość, a w tym celu rozbierzmy kilka przykładów.

Piszę jakiś list; czyta go następnie przyjaciel, do którego był zaadresowany. Oto dwa fakty, których widownią były dwie różne świadomości. Pisząc ten list, posiadałem jego obraz wzrokowy, a przyjaciel mój takiż miał obraz, gdy go czytał.

Nie bacząc na to, że dwa te fakty zachodzą w światach wzajemnie nieprzenikliwych, nie waham się uważać pierwszy jako wcześniejszy od drugiego, gdyż sądzę, że jest jego przyczyną.

Słyszę grzmot i wnoszę stąd, że zaszło gdzieś wyładowanie elektryczne; bez wahania uważam to zjawisko fizyczne jako wcześniejsze od obrazu dźwiękowego mej świadomości, albowiem sądzę, że jest ono jego przyczyną.

Oto więc prawidło, którego się trzymamy, i to jedyne, którego moglibyśmy się trzymać: gdy jakieś zjawisko wydało nam się przyczyną pewnego innego, uważamy je za wcześniejsze.

Określamy więc czas przez przyczynę; najczęściej jednak, gdy dwa fakty występują jako powiązane stałym związkiem, w jakiż sposób rozpoznajemy, który jest przyczyną, a który skutkiem? Przypuszczamy, że fakt wcześniejszy, poprzednik, jest przyczyną drugiego, następnika. Określamy więc przyczynę przez czas. Jakże wywiązać się z tej *„petitio principii?“*

To powiadamy: *post hoc, ergo propter hoc,* to znowu: *propter hoc, ergo post hoc;* czy zdołamy wyjść z tego koła błędnego?

X.

Zobaczmyż więc, nie jak się zeń wychodzi (gdyż to niezupełnie się udaje), lecz jak usiłuje się wyjść zeń.

Wykonywam czyn dowolny (*acte volontaire*) A i doznaję następnie czucia D, które uważam za następstwo czynu A; z drugiej strony, dla jakiegokolwiek powodu, wnoszę, że następstwo to nie jest bezpośrednie, lecz że poza moją świadomością dokonały się dwa fakty B i C, których świadkiem nie byłem, a mianowicie takie, że B było skutkiem A, C skutkiem B, wreszcie D skutkiem C.

Dlaczegóż to? Jeżeli zdaje mi się, że mam powody uważać cztery fakty A, B, C, D jako związane ze sobą węzłem przyczynowości, dlaczego mam je grupować w porządku przyczynowym $A\,B\,C\,D$ i zarazem w porządku chronologicznym $ABCD$ raczej, niż w innym jakimkolwiek?

Widzę wprawdzie, że przy czynie A miałem poczucie aktywności, podczas gdy doznając czucia D mam poczucie

bierności. Dlatego właśnie uważam A jako przyczynę początkową, zaś D jako skutek ostateczny; dlatego to umieszczam A na początku, D zaś na końcu łańcucha; dlaczegóż jednak mam umieszczać B raczej przed C niż C przed B?

Na tak postawione pytanie odpowiedzianoby zwyczajnie: wiadomo wszakże, że B właśnie jest przyczyną C, albowiem widzimy, że B zachodzi z a w s z e przed C. Dwa te zjawiska, gdy jesteśmy ich świadkami, zachodzą w pewnym porządku: gdy więc zachodzą zjawiska analogiczne bez świadków, niema żadnego powodu, aby porządek ten był odwrócony.

Bez wątpienia; strzeżmy się atoli takiego rozumowania. Nie znamy mianowicie nigdy zjawisk fizycznych B i C bezpośrednio, lecz tylko czucia B' i C' wywołane przez B, względnie przez C. Świadomość nasza poucza nas bezpośrednio, że B' poprzedza C', my zaś z kolei p r z y p u s z c z a m y, że B i C następują w tym samym po sobie porządku.

Prawidło to wydawało się istotnie zupełnie naturalnem, a przecież wypada częstokroć wyłamać się z pod niego. Grzmot słyszymy dopiero kilka sekund po wyładowaniu elektrycznem chmury. Z dwóch piorunów, jednego dalekiego, drugiego bliskiego, czyż pierwszy nie może być wcześniejszym, nie bacząc na to, że łoskot drugiego dochodzi do nas wcześniej niż łoskot pierwszego?

XI.

A oto inna trudność: Czy istotnie mamy prawo mówić o przyczynie zjawiska? Skoro wszystkie części wszechświata solidaryzują się poniekąd, zjawisko jakieś nie będzie wynikiem jednej jedynej przyczyny, lecz wypadkową nieskończenie wielu przyczyn, lub też, jak często się mówi, wynikiem stanu, w jakim przed chwilą znajdował się wszechświat.

Jakże wygłaszać prawidła stosowalne do tak zawiłych okoliczności? A przecież za tę tylko cenę prawidła te mogą być ogólne i ścisłe.

Aby nie zgubić się w tej nieskończonej zawiłości, uczyńmy bardziej proste przypuszczenie; rozważmy trzy ciała niebieskie, np. Słońce, Jowisza i Saturna, które jednak — dla uproszczenia sprawy — niechaj będą zredukowane do punktów materyalnych i odosobnione od reszty świata.

Położenia i prędkości tych trzech ciał w danej chwili wystarczają do wyznaczenia ich położeń i prędkości w chwili następnej, a więc też w chwili jakiejkolwiek. Położenia ich (i prędkości) w chwili t wyznaczają ich położenia zarówno w chwili $t + h$ jak i w chwili $t - h$.

Nie dość na tem; położenie Jowisza w chwili t, łącznie z położeniem Saturna w chwili $t + a$, wyznaczają położenie Jowisza i położenie Saturna w chwili jakiejkolwiek.

Zespół położeń: Jowisza w chwili $t + \varepsilon$ i Saturna w chwili $t + a + \varepsilon$ jest związany z zespołem położeń: Jowisza w chwili t i Saturna w chwili $t + a$ przez prawa również dokładne jak prawo Newtona, aczkolwiek bardziej zawiłe.

Skoro tak, dlaczegóż nie mamy uważać jednego z tych zespołów jako przyczynę drugiego, a więc też uważać za spółczesne chwilę t dla Jowisza z chwilą $t + a$ dla Saturna?

Przy rostrzygnięciu tej sprawy można się oprzeć jedynie na względach wygody i prostoty, bardzo ważnych — co prawda.

XII.

Przejdźmy atoli do mniej sztucznych przykładów; aby zdać sobie sprawę z określenia, które milcząco wprowadzają uczeni, przypatrzmy się im przy pracy i starajmy się uchwycić prawidła, według których poszukują oni spółczesności.

Wezmę dwa proste przykłady: pomiar prędkości światła i wyznaczenie długości.

Gdy astronom powiada mi, że takie a takie zjawisko gwiazdowe, które teleskop ujawnia mu w tej chwili, odbyło się jednak przed pięćdziesięciu laty, pragnę zrozumieć, co przez to chce on powiedzieć, a w tym celu zapytam go prze-

dewszystkiem, w jaki sposób może on to wiedzieć, to jest — jak zmierzył on prędkość światła.

Nasamprzód z a ł o ż y ł on, że światło ma stałą prędkość, i w szczególności, że prędkość jego jest jednakowa we wszystkich kierunkach. Jest to postulat, bez którego wszelkie usiłowania pomiaru tej prędkości spełzłyby na niczem. Postulatu tego nie będzie można nigdy sprawdzić bezpośrednio przez doświadczenie; doświadczenie zadałoby mu kłam wówczas dopiero, gdyby wyniki różnych pomiarów nie były zgodne ze sobą. Powinniśmy uważać sobie za szczęście, że niezgodność ta nie zachodzi i że możliwe drobne rozbieżności dają się łatwo wytłumaczyć.

Postulat ten, bądź co bądź, zgodny z zasadą dostatecznego powodu, przyjęto powszechnie; a dostarcza nam on nowego prawidła dla zbadania spółczesności, zupełnie innego niż to, o którem poprzednio była mowa.

Zgodziwszy się na ten postulat, zobaczmy, jak zmierzono prędkość światła. Wiadomo, że Roemer skorzystał z zaćmień satelitów Jowisza, starając się znaleść, o ile fakt ten spóźnia się względem przepowiedni.

Lecz przepowiednię tę w jakiż uskutecznia się sposób? Oto przy pomocy praw astronomicznych, np. prawa Newtona.

Czyż nie możnaby również dobrze wytłumaczyć dostrzeżonych faktów, przypisując prędkości światła wartość nieco odmienną od wartości przyjętej i przypuszczając, że prawo Newtona jest tylko przybliżonem? Owszem, lecz wówczas wypadłoby zastąpić prawo Newtona przez inne, bardziej zawiłe.

Tak więc przyjmuje się dla prędkości światła wartość taką, aby prawa astronomiczne zgodne z nią były możliwie najprostsze.

Marynarze lub geografowie, gdy oznaczają długość, mają do rozwiązania to właśnie zagadnienie, które nas obecnie zajmuje; nie będąc w Paryżu, mają obliczyć, która jest godzina w Paryżu.

Jakże poczynają sobie?

Albo zabierają ze sobą chronometr uregulowany w Pa-

ryżu. Zagadnienie jakościowe spółczesności sprowadza się do zagadnienia ilościowego pomiaru czasu. Nie mam już potrzeby wracać do trudności związanych z ostatniem zagadnieniem, albowiem mówiłem już o nich obszernie powyżej.

Albo też obserwują oni zjawisko astronomiczne, jak np. zaćmienie księżyca, i przypuszczają, że jest ono widzialne spółcześnie ze wszystkich punktów globu.

Nie jest to zupełnie słuszne, albowiem światło rozchodzi się ze skończoną prędkością; gdyby chodziło o bezwzględną dokładność, należałoby wprowadzić poprawkę według dość zawiłego prawidła.

Albo też wreszcie posługują się telegrafem. Oczywista jest przedewszystkiem, że odbiór sygnału np. w Berlinie jest późniejszy niż wysyłka tegoż sygnału z Paryża. Jest to zanalizowane powyżej prawidło przyczyny i skutku.

Lecz »późniejszy« o ile? Wogóle zaniedbuje się trwanie przesyłki i uważa się obadwa zdarzenia za spółczesne. Chcąc jednak być ścisłym, należałoby wprowadzić jeszcze małą poprawkę, przez zawiły rachunek; w praktyce nie czyni się tego, albowiem poprawka ta byłaby znacznie mniejsza niż błędy obserwacyi; teoretyczna jej konieczność trwa jednak, z naszego punktu widzenia, w którym chodzi o określenie ścisłe.

Z całej tej dyskusyi zapamiętajmy sobie dwie rzeczy:

1⁰ Stosowane prawidła są bardzo różne.

2⁰ Trudno jest oddzielić zagadnienie jakościowe spółczesności od zagadnienia ilościowego pomiaru czasu, — czy to będziemy się posługiwać chronometrem, czy też mamy uwzględnić jakąś prędkość przesyłki lub rozchodzenia się, jak np. prędkość światła; albowiem nie umielibyśmy zmierzyć podobnej prędkości, nie m i e r z ą c jakiegoś czasu.

XIII.

Wypada sprawę zakończyć.

Nie posiadamy ani bezpośredniej intuicyi spółczesności, ani też — równości dwóch trwań.

Jeżeli zdaje się nam, że posiadamy tę intuicyę, podlegamy złudzeniu.

W braku tej intuicyi radzimy sobie za pomocą pewnych prawideł, które stosujemy zawsze niemal, nie zdając sobie z tego sprawy.

Lecz jakaż jest istota tych prawideł?

Niema prawidła ogólnego, niema prawidła ścisłego, lecz mnóstwo małych prawideł stosowalnych do każdego wypadku szczególnego.

Prawidła te nie narzucają się nam bynajmniej, i możnaby dla rozrywki wynajdywać inne; nie moglibyśmy jednak oddalić się od nich, nie komplikując zbytnio wysłowienia praw fizyki, mechaniki, astronomii.

Obieramy więc te prawidła nie dlatego, aby były prawdziwe, lecz dlatego, że są najwygodniejsze, i moglibyśmy streścić je w następujących słowach:

»Spółczesność dwóch zdarzeń, porządek ich następstwa i równość dwóch trwań należy t a k określić, aby wysłowienie praw przyrodzonych było możliwie najprostsze. Innemi słowy, wszystkie te prawidła, wszystkie te określenia są tylko płodem nieświadomego oportunizmu«.

Rozdział Trzeci.

Pojęcie Przestrzeni.

§ 1. — Wstęp.

W artykułach dawniejszych poświęconych przestrzeni kładłem główny nacisk na zagadnienia wyrosłe na gruncie geometryi nie-euklidesowej, nie tykając wcale prawie innych pytań, trudniejszych, jak np. tych, które dotyczą liczby wymiarów. Wszystkie więc geometrye, które rozważyłem, miały spólne tło, owo *continuum* trójwymiarowe, jednakie dla wszystkich, a które różnicowało się dopiero przez kreślone na niem figury lub wówczas, gdy chciano je mierzyć.

W tem to pierwotnie bezpostaciowem continuum można sobie wyobrazić sieć linij i powierzchni, można następnie zgodzić się na to, aby uważano oka tej sieci jako równe między sobą, a wówczas jedynie, stając się wymierzalnem, continuum to staje się przestrzenią euklidesową lub nie-euklidesową.

Z tego więc continuum pozbawionego pierwotnie kształtu może się wyłonić bądź jedna, bądź druga przestrzeń, podobnie jak na kartce białego papieru można podług woli narysować prostą lub koło.

W przestrzeni znamy trójkąty prostolinijne, których suma kątów równa się dwóm kątom prostym; lecz znamy również trójkąty krzywolinijne o sumie kątów mniejszej od dwóch prostych. Istnienie jednych nie jest bardziej wątpliwe niż istnienie drugich. Nazwać boki jednych prostemi — znaczy: przyjąć geometryę euklidesową, nazwać boki drugich prostemi — znaczy: przyjąć geometryę nie-euklidesową, tak iż pytanie, którą należy przyjąć geometryę, jest to samo co pytanie, jakiej linii należy nadać miano prostej.

Doświadczenie, oczywiście, nie może rostrzygnąć podobnej kwestyi; nie będziemy naprzykład wymagali od doświadczenia, aby rostrzygło, czy jakąś prostą mam nazwać *AB* czy też raczej *CD*. Z drugiej strony, nie mogę nawet powiedzieć, że nie mam prawa nazwać prostemi boki trójkątów nie-euklidesowych dlatego, że nie odpowiadają one wiekuistemu pojęciu prostej, które posiadam przez intuicyę. Chciałbym wprawdzie posiadać pojęcie intuicyjne boku trójkąta euklidesowego, lecz mam zarówno pojęcie intuicyjne boku trójkąta nie-euklidesowego. Dlaczegóż miałbym prawo stosować nazwę prostej do pierwszego z tych pojęć, zaś nie do drugiego? O ile dwie te zgłoski stanowiłyby część integralną tego pojęcia intuicyjnego? Twierdząc, że prosta euklidesowa jest p r a w d z i w ą prostą zaś nie-euklidesowa nie jest prawdziwą prostą, chcemy oczywiście powiedzieć poprostu, że pierwsze pojęcie intuicyjne odpowiada przedmiotowi b a r d z i e j g o d n e m u u w a g i, niż drugie. W jaki zaś osą-

dzamy to sposób, usiłowałem wykazać w Nauce i Hypotezie.

Tu właśnie widzieliśmy interwencyę doświadczenia; jeżeli prosta euklidesowa jest godniejsza uwagi niż nie-euklidesowa, dzieje się to przedewszystkiem dlatego, że odbiega ona nieznacznie tylko od pewnych godnych uwagi przedmiotów naturalnych, od których właśnie prosta nie-euklidesowa bardzo się różni. Ale, zarzuci ktoś, określenie prostej nie-euklidesowej jest sztuczne; sprobujmy przyjąć je na chwilę, a zobaczymy, że dwa koła o różnych promieniach otrzymają jednocześnie nazwę prostych nie-euklidesowych, podczas gdy z dwóch kół o tym samym promieniu jedno będzie mogło uczynić zadość określeniu, drugie zaś nie, tak iż, gdy przeniesiemy jednę z tych rzekomych prostych bez odkształcenia, przestanie ona być prostą. Lecz jakiemże prawem uważamy jako równe owe dwie figury, które geometrowie euklidesowi nazywają dwoma kołami o tych samych promieniach? Dzieje się to dla tego, że przenosząc jednę z nich i nie odkształcając jej możemy doprowadzić ją do zlania się z drugą. Dlaczegoż jednak powiadamy, że przeniesienie to odbyło się bez odkształcenia? Przytoczenie dobrego po temu powodu jest niemożliwe. Pośród wszystkich dających się pomyśleć ruchów są takie, o których geometrowie euklidesowi powiadają, że nie towarzyszy im odkształcenie; są też jednak i inne, o których powiedzieliby to samo geometrowie nie-euklidesowi. Przy pierwszych, zwanych ruchami euklidesowemi, proste euklidesowe pozostają prostemi euklidesowemi, podczas gdy proste nie-euklidesowe nie pozostają prostemi nie-euklidesowemi; przy ruchach drugiego rodzaju, zwanych nie-euklidesowemi, proste nie-euklidesowe pozostają prostemi nie-euklidesowemi, podczas gdy proste euklidesowe nie pozostają prostemi euklidesowemi. Nie dowiodło się więc, że niedorzecznie jest nazywać prostemi boki trójkątów nie-euklidesowych, lecz tylko że byłoby to niedorzeczne, gdybyśmy przy tem nazywali nadal ruchami bez odkształcenia ruchy euklidesowe; lecz również dobrze możnaby okazać, że byłoby niedorzecznością na-

zywać prostemi boki trójkątów euklidesowych, zachowując przy tem nazwę ruchów bez odkształcenia dla ruchów nie-euklidesowych.

Następnie, gdy twierdzimy, że ruchy euklidesowe są p r a w d z i w e m i ruchami bez odkształcenia, co chcemy przez to powiedzieć. To poprostu, że są one g o d n i e j s z e u w a g i *(plus remarquables)* niż tamte; a dlaczegóż to? Dlatego, że pewne godne uwagi ciała przyrodzone, a mianowicie ciała stałe, podlegają takim mniej więcej ruchom.

Gdy więc zapytujemy, czy można wyobrazić sobie przestrzeń nie-euklidesową, — znaczy to: czy możemy sobie wyobrazić świat, w którym istniałyby godne uwagi przedmioty przyrodzone, naśladujące mniej więcej kształt prostych nie-euklidesowych i godne uwagi bryły przyrodzone odbywające często ruchy mniej więcej podobne do ruchów nie-euklidesowych? Okazałem w N a u c e i H y p o t e z i e, że na pytanie to należy odpowiedzieć twierdząco.

Częstokroć zwracano już uwagę na to, że gdyby wszystkie ciała we Wszechświecie rozszerzyły się jednocześnie i w tym samym stosunku, nie mielibyśmy żadnych środków dostrzeżenia tego, albowiem wszystkie nasze przyrządy miernicze zwiększyłyby się wraz z samemi przedmiotami, do pomiaru których miałyby służyć. Po takiej dylatacyi świat biegłby nadal po swych torach, i nic nie zawiadomiłoby nas o tak znacznem zdarzeniu.

Innemi słowy, dwa światy podobne do siebie (gdzie »podobieństwo« należy rozumieć w myśl 3-ej księgi geometryi) nie dałyby się zgoła odróżnić. Nie dość na tem jednak; dwa światy będą nieodróżnialne nietylko, jeżeli są jednakowe lub podobne, t. j. jeżeli można przejść od jednego do drugiego przez zmianę osi spółrzędnych lub skali ich długości, lecz wówczas nawet, gdy od jednego do drugiego przejść można przez »przekształcenie punktowe« jakiekolwiek. Objaśnię to natychmiast. Przypuszczam, że każdemu punktowi jednego świata odpowiada jeden i tylko jeden punkt drugiego, i odwrotnie, tudzież, że spółrzędne punktu są funkcyami ciągłemi,

zresztą jednak zupełnie dowolnemi, spółrzędnych odpowiedniego punktu. Dalej, przypuszczam, że każdemu przedmiotowi w pierwszym świecie odpowiada w drugim przedmiot o tej samej istocie znajdującej się dokładnie w odpowiednim punkcie. Przypuszczam wreszcie, że odpowiedniość ta, urzeczywistniona w chwili początkowej, zachowuje się bezgranicznie. Otóż, dwóch tych światów nie moglibyśmy w żaden sposób odróżnić od siebie. Zazwyczaj, gdy jest mowa o względności przestrzeni, nie pojmuje się jej w tak obszernem znaczeniu; tak atoli należałoby ją właśnie pojmować.

Jeżeli jeden z tych światów jest naszym światem euklidesowym, to, co mieszkańcy jego nazywać będą prostą, będzie naszą prostą euklidesową; lecz to, co mieszkańcy drugiego świata będą nazywali prostą, będzie krzywą, posiadającą te same własności względem zamieszkiwanego przez nich świata i względem ruchów, które oni nazywać będą ruchami bez odkształcenia; geometrya ich będzie więc geometryą euklidesową, lecz prosta ich nie będzie naszą prostą euklidesową. Będzie ona jej odpowiednikiem, otrzymanym przez przekształcenie punktowe, które prowadzi z naszego do ich świata; linie proste tych ludzi nie będą naszemi prostemi, będą one jednak w takich samych do siebie stosunkach, jak nasze proste do siebie, — a to właśnie miałem na myśli, mówiąc, że geometrya ich będzie naszą geometryą. Jeżeli więc koniecznie chcemy głosić, że mylą się oni, że prosta ich nie jest prawdziwą prostą, jeżeli nie chcemy przyznać, że podobne twierdzenie nie ma żadnego sensu, musimy zgodzić się na to przynajmniej, że ludzie ci nie mają żadnego zgoła środka, aby błąd swój spostrzec.

§ 2. — Geometrya Jakościowa.

Wszystko to daje się względnie łatwo zrozumieć, a powtarzałem to już tylekroć, że sądzę, iż zbytecznem byłoby nadal się nad tym przedmiotem rozwodzić. Przestrzeń euklide-

sowa nie jest formą narzuconą naszej zmysłowości; możemy bowiem wyobrazić sobie przestrzeń nie-euklidesową; obie atoli przestrzenie: euklidesowa i nie-euklidesowa mają tło spólne, a mianowicie owo continuum bezpostaciowe, o którem poprzednio była mowa; na tle tem możemy otrzymać bądź to przestrzeń euklidesową, bądź też przestrzeń Łobaczewskiego, podobnie jak możemy termometr nie podzielony jeszcze przekształcić za pomocą odpowiedniej podziałki bądź to na termometr Fahrenheita, bądź też na termometr Réaumura.

Nasuwa się więc pytanie, czy to bezpostaciowe continuum, które ostało się wobec naszej analizy, nie jest formą narzuconą naszej zmysłowości? Rozszerzylibyśmy poniekąd więzienie, w którem jest zamknięta nasza zmysłowość, lecz byłoby to zawsze jeszcze więzienie.

Continuum to posiada pewną liczbę własności wolnych od wszelkiego pojęcia miary. Badanie tych własności stanowi przedmiot pewnej nauki uprawianej przez kilku wielkich matematyków, szczególniej zaś przez Riemanna i Betti'ego, a nazwanej Analizą Położenia [*Analysis Sitûs*]. W nauce tej abstrahuje się od wszelkiego pojęcia ilościowego; stwierdzając np., że na jakiejś linii punkt B znajduje się między punktami A i C, zadawalniamy się tą treścią, nie troszcząc się bynajmniej o to, czy linia ABC jest prosta lub krzywa, ani też o to, czy długość AB jest równa długości BC czy też dwa razy większa.

Twierdzenia Analizy Położenia mają więc tę właściwość, że pozostałyby prawdziwe, gdyby figury skopiował niewprawny rysownik, który zmieniłby zgruba wszystkie proporcye i zastąpił linie proste przez mniej lub więcej faliste krzywe. Wyrażając się matematycznie, możemy powiedzieć, że twierdzenia te nie podlegają zmianie na skutek jakiegokolwiek »przekształcenia punktowego«. Częstokroć mawiano, że geometrya metryczna jest ilościową, podczas gdy geometrya rzutowa jest czysto jakościową; jest to niezupełnie słuszne: to, co wyróżnia prostą z pośród innych linij, stanowi zbiór własności,

które pod pewnym względem są jeszcze ilościowemi. Prawdziwą geometryą jakościową jest więc Analiza Położenia.

Ze względu na twierdzenia Analizy Położenia nasuwają się znowu te same pytania, które dotyczyłyby prawd geometryi euklidesowej. Czy można je osiągnąć drogą rozumowania dedukcyjnego? Czy są to ukryte konwencye? Czy też może prawdy doświadczalne? Czy stanowią one cechy pewnej formy narzuconej bądź to naszej zmysłowości, bądź też naszemu pojmowaniu?

Zaznaczę tylko, że dwa ostatnie rozwiązania są wykluczone, z czego nigdy nie zdawano sobie dobrze sprawy. Nie możemy przypuścić niemożliwości wyobrażenia sobie przestrzeni o czterech wymiarach i jednocześnie przyjąć, że doświadczenie właśnie poucza nas, że przestrzeń ma trzy wymiary. Eksperymentator stawia pytanie przyrodzie: czy jest tak czy inaczej? — i nie mógłby w ten sposób pytać, gdyby nie wyobrażał sobie jednego i drugiego wyrazu takiej alternatywy. Gdyby nie można było wyobrazić sobie obojga, zasięgnięcie rady doświadczenia byłoby nadaremne i zresztą niemożliwe. Niepotrzebna nam jest obserwacya do tego, aby wiedzieć, że skazówka nie znajduje się na 15-ej podziałce tarczy zegarowej, gdyż wiemy zgóry, że jest na niej tylko 12 i nie moglibyśmy spojrzeć na podziałkę 15-stą, aby zobaczyć, czy znajduje się na niej skazówka, albowiem podziałka ta nie istnieje.

Zauważmy również, że tu empirycy uwalniają się od jednego z najcięższych zarzutów, jakie można im uczynić, od tego mianowicie, który udaremnia z góry najzupełniej wszelkie ich wysiłki skierowane ku zastosowaniu ich tez do prawd geometryi euklidesowej. Prawdy te są ścisłe, podczas gdy wszelkie doświadczenie może być tylko przybliżone. W Analizie Położenia doświadczenia przybliżone mogą wystarczyć do ustanowienia ścisłego twierdzenia; jeżeli wiemy np., że przestrzeń nie może mieć ani dwóch ani mniej wymiarów, ani też czterech lub więcej niż cztery, jesteśmy pe-

wni, że ma ona dokładnie 3 wymiary, albowiem nie mogłaby mieć $2^1/_2$ lub $3^1/_2$.

Ze wszystkich twierdzeń Analizy Położenia najważniejsze jest to, które orzeka, że przestrzeń ma trzy wymiary. Tem więc twierdzeniem wypadnie się nam zająć, a pytanie nasze w następujący postawimy sposób: Gdy twierdzimy, że przestrzeń ma trzy wymiary, cóż chcemy przez to powiedzieć?

§ 3. — Wielowymiarowe Continuum Fizyczne.

W Nauce i Hypotezie objaśniłem, skąd bierze się nasze pojęcie ciągłości fizycznej i jak mogło się zeń wyłonić pojęcie ciągłości matematycznej. Zdarza się, że możemy odróżnić od siebie dwa wrażenia, podczas gdy nie umielibyśmy odróżnić żadnego z nich od jednego i tego samego trzeciego wrażenia. Tak np. odróżniamy łatwo ciężar 12-sto gramowy od 10-cio gramowego, nie mogąc odróżnić ciężaru 11-sto gramowego ani od jednego ani od drugiego.

Podobny stan rzeczy, przełożony na symbole, wyraziłby się przez:

$$A = B,\ B = C,\ A < C.$$

Byłoby to wzorem ciągłości fizycznej, jaką nam daje surowe doświadczenie, stąd zaś wynikła sprzeczność nie do zniesienia, którą usunięto przez wprowadzenie continuum matematycznego. Jest to drabina o stopniach (liczby wymierne lub niewymierne) nieskończenie wielu, lecz oddzielonych, nie zaś stykających się ze sobą jak elementy continuum fizycznego według ostatniego wzoru.

Fizyczne continuum jest, że tak powiem, mgławicą, której najdoskonalsze nawet przyrządy nie zdołały rozłożyć. Oceniając ciężary zapomocą dobrej wagi, zamiast ręką, odróżnilibyśmy bez wątpienia, ciężar 11 gr. od ciężarów 10 i 12 gr., tak iż wzór nasz zamieniłby się na

$$A < B,\ B < C,\ A < C.$$

Moglibyśmy jednak między A i B oraz między B i C zawsze znaleść nowe elementy D i E takie, że

$$A = D,\ D = B,\ A < B;\ B = E,\ E = C,\ B < C;$$

trudność więc byłaby tylko odsunięta, a mgławica zawsze jeszcze nie byłaby rozłożona; umysł to jedynie może ją rozłożyć, a continuum matematyczne jest właśnie ową mgławicą rozłożoną na gwiazdy.

Aż dotąd jednak nie wprowadziliśmy jeszcze pojęcia liczby wymiarów. Co chcemy powiedzieć, gdy twierdzimy, że jakieś continuum matematyczne lub fizyczne posiada dwa lub trzy wymiary?

Należy przedewszystkiem wprowadzić pojęcie p r z e k r o j u, rozważając nasamprzód continua fizyczne. Widzieliśmy, że continuum fizyczne charakteryzuje to, że każdy z jego elementów składa się ze zbiorowiska wrażeń, następnie to, że pewien element albo nie daje się odróżnić od pewnego innego, odpowiadającego zespołowi zbyt mało różnych wrażeń elementu tegoż continuum, albo też daje się odeń odróżnić, — że wreszcie zdarzyć się może, że dwa elementy nieodróżnialne od trzeciego dają się jednak odróżnić wzajemnie.

Otóż, jeżeli A i B są dwa elementy odróżnialne pewnego continuum C, będzie zawsze można znaleść szereg elementów

$$E_1,\ E_2,\ \ldots,\ E_n$$

należący do tegoż C i taki mianowicie, że każdy z tych elementów jest nieodróżnialny od poprzedzającego, że E_1 nie daje się odróżnić od A i E_n nie daje się odróżnić od B. Będzie więc można przejść od A do B po drodze ciągłej i nie opuszczając nigdy dziedziny C. Jeżeli warunek ten jest spełniony dla każdej pary elementów A, B należących do C, powiemy, że continuum C jest s p ó j n e *(d'un seul tenant)*.

Wyodrębnijmy teraz pewne elementy continuum C, które albo dadzą się wszystkie odróżnić od siebie albo też same

stanowić będą jedno lub kilka continuów. Ogół tych elementów stanowić będzie to, co nazwiemy przekrojem lub przekrojami dziedziny ciągłej C.

Weźmy znowu w C dwa jakiekolwiek elementy A i B. Wówczas zdarzy się jedno z dwojga:

Albo będziemy mogli znaleść jeszcze[1]) szereg elementów $E_1, E_1, \ldots, E_n$ taki, iż 1^0) będą one należały wszystkie do C, 2^0) że każdy z nich będzie nieodróżnialny od następnego i E_1 nieodróżnialny od A podobnie jak E_n od B i wreszcie 3^0) że żaden element E nie będzie nieodróżnialny względem żadnego z elementów przekroju. Albo też, przeciwnie, w każdym szeregu $E_1, E_2, \ldots, E_n$ czyniącym zadość pierwszym dwóm warunkom znajdzie się zawsze taki element E, który nie da się odróżnić od jednego z elementów przekroju.

W pierwszym wypadku możemy przejść od A do B po drodze ciągłej, nie opuszczając C i nie napotykając przekrojów; w drugim wypadku jest to niemożliwe.

Otóż, jeżeli dla dowolnej pary elementów A, B pomyślanych w C zachodzi zawsze pierwszy wypadek, powiemy że C pozostaje spójnem nie bacząc na przekroje.

Tak więc, jeżeli wybierzemy przekroje w pewien, dowolny zresztą sposób, zdarzy się albo, że continuum pozostanie spójnem, albo też że przestanie niem być; w ostatnim wypadku powiemy, że zostało ono podzielone przez przekroje.

Zauważmy, że wszystkie te określenia opierają się jedynie na tym prostym bardzo fakcie, że dwa zespoły wrażeń bądź to dają się od siebie odróżnić, bądź też nie.

Owóż, jeżeli dla podzielenia jakiegoś continuum wystarcza uważać jako przekroje pewną liczbę elementów, z których każdy jest odróżnialny od reszty, powiadamy, że continuum to jest jednowymiarowe; jeżeli natomiast dla podzielenia go musimy uważać jako przekroje układ elemen-

---

[1]) t. j. po wprowadzeniu »przekroju«, lub »przekrojów«. (*Przyp. tłum.*)

tów, które same też tworzą jedno lub kilka continuów, powiemy, że jest ono wielowymiarowe.

Jeżeli dla podzielenia pewnego continuum C wystarczają przekroje tworzące jedno lub kilka continuów jednowymiarowych, powiemy, że C jest dwuwymiarowe; jeżeli wystarczają przekroje tworzące jedno lub kilka continuów o dwóch najwyżej wymiarach, powiemy, że continuum C jest trójwymiarowe, — i tak dalej.

Dla usprawiedliwienia tych określeń, należy sprawdzić, czy w ten to właśnie sposób geometrowie wprowadzają na samym początku swych dzieł pojęcie trzech wymiarów. Otóż, co się okazuje? Najczęściej określają oni nasamprzód powierzchnie jako granice objętości lub części przestrzeni, linie jako granice powierzchni, punkty jako granice linij, i twierdzą, że procesu tego dalej posunąć nie można.

Jest to taż sama myśl: dla podziału przestrzeni należy mieć przekroje nazywane powierzchniami, dla podziału powierzchni przekroje nazywane liniami, wreszcie dla podziału linij — przekroje, które nazywamy punktami; dalej iść nie można, punktu podzielić nie można; punkt nie stanowi continuum; linie więc, które można podzielić przez przekroje nie będące continuum będą continuami o jednym wymiarze; powierzchnie, które można podzielić przez przekroje ciągłe jednowymiarowe, stanowić będą continua dwuwymiarowe; przestrzeń wreszcie dająca się podzielić zapomocą przekrojów ciągłych dwuwymiarowych, stanowić będzie continuum trójwymiarowe.

Tak więc powyższe nasze określenie nie różni się zasadniczo od zwykłych określeń; chodziło mi tylko o to, aby mu nadać kształt stosowalny nie do continuum matematycznego lecz do jedynie wyobrażalnego continuum fizycznego i aby zachować przy tem zupełną ścisłość.

Zrozumiemy zresztą, że określenie to stosuje się nietylko do przestrzeni, lecz że we wszystkiem, co podpada pod nasze zmysły, odnajdujemy cechy continuum fizycznego, a to pozwoliłoby na tę samą klasyfikacyę; łatwo możnaby tu zna-

leść przykłady continuów o czterech lub pięciu wymiarach, w znaczeniu powyższego określenia; przykłady te same przez się nasuwają się umysłowi.

Gdyby nie przekraczało to zakresu niniejszej książki, okazałbym wreszcie, jak omówiona powyżej nauka, którą Riemann nazwał Analizą Położenia, wskazuje nam sposoby odróżniania w pośród continuów o jednej i tej samej liczbie wymiarów, i jak ta również klasyfikacya continuów opiera się na rozważaniu przekrojów.

Z tego to pojęcia wyłoniło się pojęcie continuum matematycznego wielowymiarowego podobnie jak continuum fizyczne jednowymiarowe zrodziło continuum matematyczne jednowymiarowe. Wzór

$$A > C,\ A = B,\ B = C$$

streszczający surowe dane doświadczalne zawierał nieznośną sprzeczność. Aby się od niej uwolnić, należało wprowadzić nowe pojęcie, uwzględniając zresztą cechy istotne wielowymiarowego continuum fizycznego. Continuum matematyczne jednowymiarowe stanowiło jedyną drabinę o nieskończenie wielu szczeblach odpowiadających różnym wartościom, wymiernym lub niewymiernym, jednej i tej samej wielkości. Aby otrzymać continuum matematyczne o n wymiarach, wystarczy wziąć n podobnych drabin, których szczeble odpowiadać będą różnym wartościom n wielkości niezależnych, zwanych spółrzędnemi. Tym sposobem otrzymamy obraz continuum fizycznego o n wymiarach, a obraz ten będzie tak wierny, jakim być może, skoro nie życzymy sobie pozostawić wzmiankowanej dopiero co sprzeczności.

§ 4. — Pojęcie Punktu.

Zdaje się obecnie, że przedłożone na samym początku pytanie jest rozwiązane. Twierdząc — powie ktoś — że przestrzeń ma trzy wymiary, chcemy przez to powiedzieć, że ogół punktów przestrzeni czyni zadość danemu powyżej okre-

śleniu trójwymiarowego continuum fizycznego. Zadowolić się tem, znaczyłoby tyleż, co przypuścić, że wiemy, co to jest ogół punktów przestrzeni, a bodaj tylko — punkt przestrzeni.

Otóż, nie jest to tak proste, jakby się mogło wydawać. Wszystkim zdaje się, iż wiedzą, co to jest punkt; uważamy za zbyteczne określać go dlatego właśnie, iż sądzimy, że wiemy to aż nadto dobrze. Zapewne nie można wymagać, abyśmy umieli go określić; wznosząc się bowiem od określenia do określenia, należy wszakże zatrzymać się kiedyś. Lecz kiedy?

Zatrzymamy się, przedewszystkiem, gdy dotrzemy do przedmiotu podpadającego pod nasze zmysły lub takiego, który możemy sobie wyobrazić; określenie stanie się wówczas zbytecznem; nie określamy dziecku np. barana, lecz powiadamy mu: o t o baran.

Musimy więc zapytać, czy można sobie wyobrazić punkt przestrzeni. Ci, którzy odpowiadają twierdząco, nie pamiętają o tem, że w rzeczywistości wyobrażają sobie biały punkt zrobiony kredą na czarnej tablicy lub też czarny punkt zrobiony piórem na białym papierze, i że nie mogą sobie nic innego wyobrazić, jak tylko pewien przedmiot, a raczej wrażenia, które wywołałby on na ich zmysłach.

Usiłując wyobrazić sobie punkt, wyobrażają sobie wrażenia, które wywarłyby na nich bardzo małe przedmioty. Zbytecznem jest dodawać, że dwa różne przedmioty, aczkolwiek obadwa bardzo małe, mogą wywołać wrażenia nadzwyczaj różne od siebie; nie zatrzymam się jednak na tej trudności, aczkolwiek wymagałaby ona pewnej dyskusyi.

Nie o to jednak chodzi; nie wystarcza wyobrazić sobie j a k i ś punkt *(un point)*; należy wyobrazić sobie t a k i a t a k i punkt i mieć możność odróżnienia go od i n n e g o punktu. Istotnie, aby do pewnego continuum zastosować powyżej wyłuszczone prawidło, zapomocą którego można poznać jego liczbę wymiarów, należy oprzeć się na tym fakcie, że dwa elementy tego continuum bądź to dają się od siebie odróżnić, bądź też nie. Powinniśmy więc umieć w pewnych wypad-

kach wyobrazić sobie taki a taki element i umieć go odróżnić od innego elementu.

Chodzi o to, czy punkt, który wyobrażałem sobie przed godziną, jest ten sam, który wyobrażam sobie w tej chwili, czy też — różny od niego. Innemi słowy, skąd wiemy, czy punkt zajęty przez przedmiot A w chwili α jest ten sam co punkt zajęty przez przedmiot B w chwili β, albo lepiej jeszcze: cóż to ma znaczyć?

Siedzę w moim pokoju, przedmiot jakiś leży na moim stole; nie ruszam się z miejsca w ciągu sekundy, nikt nie dotyka przedmiotu; czy punkt A zajęty przez ten przedmiot na początku tej sekundy jest identyczny z punktem B, który zajmuje on przy końcu tej sekundy? Bynajmniej: od punktu A do B jest aż 30 kilometrów, albowiem przedmiot nasz towarzyszy ziemi w jej ruchu. Nie możemy wiedzieć, czy przedmiot jakiś, mały bardzo lub nie, nie zmienił swego położenia bezwzględnego w przestrzeni, i nietylko nie możemy tego twierdzić, lecz twierdzenie to nie ma żadnego sensu, a przynajmniej nie może odpowiadać żadnemu zgoła wyobrażeniu.

Skoro tak, możemy zapytać, czy położenie względne pewnego przedmiotu w stosunku do innych przedmiotów uległo zmianie czy też nie, przedewszystkiem zaś, czy zmieniło się położenie względne tego przedmiotu w stosunku do naszego ciała; jeżeli wrażenia, które wywiera na nas ten przedmiot, nie zmieniły się, skłonimy się do sądu, że i to położenie względne nie uległo zmianie; jeżeli natomiast zmieniają się te wrażenia, sądzić będziemy, że przedmiot ten zmienił się bądź to co do swego stanu, bądź też co do położenia względnego. Pozostaje więc do rostrzygnięcia ta jeszcze alternatywa. W Nauce i Hypotezie okazałem, co naprowadziło nas na wyróżnienie zmian położenia. W ciągu dalszym wrócę zresztą do tego przedmiotu. Możemy tedy wiedzieć, czy położenie względne jakiegoś przedmiotu w stosunku do naszego ciała pozostało tem samem czy też nie.

Gdy teraz zobaczymy, że dwa przedmioty zachowały swe położenie względne w stosunku do naszego ciała, wy-

wnioskujemy stąd, że położenie względne tych dwóch przedmiotów, jednego w stosunku do drugiego, również pozostało bez zmiany; do wniosku tego atoli dochodzimy dopiero przez pewne rozumowanie pośrednie. Bezpośrednio bowiem znamy jedynie tylko położenie względne przedmiotów w stosunku do naszego ciała.

Tem bardziej więc, gdy zdaje się nam, iż wiemy (a mniemanie to jest zresztą ułudne), czy zmieniło się położenie bezwzględne przedmiotu, dzieje się to jedynie na mocy rozumowania pośredniego.

Jednem słowem, układem osi spółrzędnych, do których odnosimy w sposób naturalny wszystkie przedmioty zewnętrzne, jest układ osi związany trwale z naszem ciałem, układ, który wszędzie ze sobą przenosimy.

Nie można wyobrazić sobie przestrzeni bezwzględnej; usiłując wyobrazić sobie jednocześnie różne przedmioty i siebie samego w ruchu w przestrzeni bezwzględnej, wyobrażam sobie właściwie siebie samego jako nieruchomego i patrzącego na poruszające się dokoła mnie przedmioty i na człowieka, który względem mnie jest zewnętrznym, którego jednak zgadzam się nazywać sobą.

Czyż trudność rozwiąże się, skoro tylko zgodzimy się na rozważanie wszystkiego w stosunku do tych osi związanych z naszem ciałem? Czy wówczas już wiedzieć będziemy, co to jest punkt, określony tym sposobem przez swe położenie względne w stosunku do nas? Wielu odpowie twierdząco, utrzymując, że »lokalizują« przedmioty zewnętrzne.

Cóż to znaczy? Lokalizować przedmiot — znaczy poprostu: wyobrażać sobie ruchy, jakie należałoby wykonać, aby go dosięgnąć; powiedzmy wyraźniej: nie chodzi tu o wyobrażanie sobie samych przez się ruchów w przestrzeni, lecz jedynie czuć mięśniowych, które towarzyszą tym ruchom, a które bynajmniej nie opierają się na preegzystencyi pojęcia przestrzeni.

Jeżeli dwa różne przedmioty zajmują po sobie to samo położenie względem nas, wrażenia wywarte na nas przez te

przedmioty będą bardzo różne; jeśli lokalizujemy je w tym samym punkcie, to poprostu dlatego, że należy wykonać te same ruchy, aby ich dosięgnąć; pozatem nie widzę, co mogłyby one mieć jeszcze wspólnego ze sobą.

Przy danym przedmiocie można jednak pomyśleć sobie wiele różnych szeregów ruchów pozwalających dosięgnąć go. Skoro więc wyobrażamy sobie punkt przez szereg czuć mięśniowych, które towarzyszyłyby pozwalającym go dosięgnąć ruchom, będziemy mieli wiele różnych zupełnie sposobów wyobrażenia sobie jednego i tego samego punktu. Jeżeli nie zadowolimy się tem rozwiązaniem, jeżeli oprócz czuć mięśniowych uciekniemy się do interwencyi czuć wzrokowych na przykład, otrzymamy jeszcze jeden lub dwa sposoby przedstawienia sobie tego samego punktu, a dzięki temu trudność zwiększy się jeszcze. Bądź co bądź nasuwa się następujące pytanie: dlaczego sądzimy, że wszystkie te, tak różne od siebie wyobrażenia przedstawiają jednak ten sam punkt?

Jeszcze jedna uwaga: powiedziałem, że w naturalny sposób odnosimy przedmioty zewnętrzne do własnego naszego ciała, że przenosimy niejako ze sobą wszędzie układ osi, do których odnosimy wszystkie punkty przestrzeni i że układ ten jest jakby niezmiennie związany z naszem ciałem.

Otóż należy zauważyć, że — ściśle rzecz biorąc — możnaby mówić o osiach niezmiennie związanych z ciałem wówczas tylko, gdyby różne części tego ciała były również same ze sobą związane niezmiennie. Ponieważ tak nie jest, powinniśmy, zanim do tych osi fikcyjnych odniesiemy przedmioty zewnętrzne, założyć, że ciało nasze wróciło do tej samej postawy [t. j. do tego samego położenia względnego własnych swych części].

§ 5. — Pojęcie Przesunięcia.

W Nauce i Hypotezie okazałem, że przeważającą rolę w genezie pojęcia przestrzeni odgrywają ruchy naszego ciała. Dla istoty zupełnie nieruchomej nie byłoby ani prze-

strzeni, ani geometryi; przedmioty zewnętrzne nadaremnie przesuwałyby się naokoło niej, zmian wywołanych we wrażeniach jej przez te przesunięcia istota ta nie przypisywałaby zmianom położenia, lecz poprostu zmianom stanu; istota ta nie miałaby żadnego środka do odróżnienia tych dwóch rodzajów zmian, a odróżnienie to, tak ważne dla nas, nie miałoby nawet dla niej żadnego sensu.

Skutkiem ruchów, które przekazujemy naszym członkom, są zmiany wrażeń wywoływanych na naszych zmysłach przez przedmioty zewnętrzne; mogą się wprawdzie na zmiany te składać też inne przyczyny; wyróżniamy jednak zmiany wywoływane przez własne nasze ruchy i odróżniamy je łatwo od innych dzięki dwóm powodom: 1^0) ponieważ są dowolne; 2^0) ponieważ towarzyszą im czucia mięśniowe.

Tak więc dzielimy zmiany, którym podlegać mogą nasze wrażenia, na dwie kategorye, które nazwałem niewłaściwem może imieniem: 1^0) zmiany wewnętrzne, które są dowolne i którym towarzyszą czucia mięśniowe, i 2^0) zmiany zewnętrzne, o cechach przeciwnych.

Spostrzegamy następnie, że pośród zmian zewnętrznych są takie, które dają się sprostować [skorygować] zapomocą pewnej zmiany wewnętrznej sprowadzającej wszystko do stanu pierwotnego, i pewne inne, których tym sposobem skorygować nie można (tak to się dzieje, że gdy przedmiot zewnętrzny przesunął się, możemy przez pewne przesunięcie naszego ciała umieścić się w stosunku do tego przedmiotu w to samo położenie względne i odtworzyć tym sposobem całokształt pierwotnych wrażeń; gdy natomiast przedmiot nie przesunął się lecz doznał zmiany stanu, jest to niemożliwe). Stąd nowe między zmianami zewnętrznemi odróżnienie: te, które dają się w ten sposób korygować, nazywamy zmianami położenia, pozostałe zaś — zmianami stanu.

Weźmy, naprzykład, kulę o jednej połowie niebieskiej, drugiej zaś czerwonej; niechaj nasamprzód zwraca ona ku nam półkulę niebieską, następnie, obróciwszy się dookoła siebie, — półkulę czerwoną. Niechaj teraz naczynie kuliste zawiera

ciecz niebieską, która staje się czerwoną dzięki jakiejś reakcyi chemicznej. W obydwu wypadkach czerwona barwa zastąpiła niebieską, — zmysły nasze doznały tych samych wrażeń w tym samym po sobie porządku, pomimo to jednak uważamy dwie te zmiany jako bardzo różne od siebie: pierwsza jest dla nas przesunięciem, druga natomiast zmianą stanu. Dlaczego?

Oto dlatego, że w pierwszym wypadku wystarcza mi obejść kulę dookoła, aby znaleść się naprzeciw półkuli niebieskiej i odtworzyć czucie pierwotne barwy niebieskiej.

Nie dość na tem; gdyby jedna półkula była zieloną zamiast niebieskiej, druga zaś — żółtą zamiast czerwonej, jakże przedstawiałby się dla mnie obrót kuli? Przed chwilą czerwona następowała po niebieskiej, teraz zaś następuje barwa żółta po zielonej; pomimo to jednak powiadam, że obie kule doznały tego samego obrotu, że zarówno jedna jak i druga obróciły się naokoło swych osi; nie mogę wszakże twierdzić, aby zielona tak się miała do żółtej jak czerwona do niebieskiej barwy; skądże więc sądzić mogę, że obie kule doznały t e g o s a m e g o przesunięcia? Oczywiście stąd, że zarówno w jednym jak i w drugim wypadku mogę odtworzyć czucie pierwotne, obchodząc kulę dokoła, wykonywając te same ruchy; wiem zaś, że wykonałem te same ruchy, ponieważ doznałem tych samych czuć mięśniowych; aby to wiedzieć, nie mam więc potrzeby znać zgóry geometryę i przedstawiać sobie ruchy mego ciała w przestrzeni geometrycznej.

Weźmy inny przykład. Przedmiot jakiś przesuwa się przed mojem okiem: obraz jego, który padał najpierw na środek siatkówki, tworzy się następnie na jej brzegu; pierwsze czucie przyniosło mi włókno nerwowe kończące się w środku siatkówki, drugie natomiast dochodzi do mnie przez i n n e włókno nerwowe biegnące od brzegu siatkówki; dwa te czucia są jakościowo różne; jakżebym je bowiem odróżnił?

Dlaczegóż więc sądzę, że dwa te czucia, jakościowo różne, przedstawiają jeden i ten sam obraz, który się przesunął? Oto dlatego, że mogę o k i e m ś l e d z i ć z a p r z e d-

miotem i przez przesunięcie oka, dowolne i połączone z czuciami mięśniowemi, sprowadzić obraz znowu do środka siatkówki i odtworzyć tym sposobem czucie pierwotne.

Przypuśćmy, że obraz przedmiotu czerwonego przesunął się ze środka *A* na brzeg *B* siatkówki, następnie, że obraz przedmiotu niebieskiego przeszedł ze środka *A* na brzeg *B* siatkówki; będę sądził, że obadwa te przedmioty doznały tego samego przesunięcia. Dlaczego? Oto dlatego, że zarówno w jednym jak i w drugim wypadku, mógłbym odtworzyć czucie pierwotne, i że w tym celu musiałbym wykonać ten sam ruch oka, a wiedziałbym, że oko moje wykonało ten sam ruch dlatego, że doznałbym tych samych czuć mięśniowych.

Gdybym nie mógł poruszać oka, czyż miałbym jakiś powód do przypuszczenia, że czucie barwy czerwonej na środku siatkówki tak się ma do czucia czerwonej na brzegu siatkówki jak czucie niebieskiej w środku do czucia niebieskiej na brzegu? Miałbym wówczas jedynie tylko cztery czucia jakościowo różne, i gdyby mnie zapytano, czy są one związane ze sobą przez powyższą proporcyę, pytanie to wydawałoby mi się śmiesznem, zupełnie jakgdyby mnie zapytano, czy istnieje podobny stosunek między jakiemś czuciem słuchowem, dotykowem i węchowem.

Rozważmy teraz zmiany wewnętrzne, t. j. te, które powstają z ruchów dowolnych naszego ciała i którym towarzyszą czucia mięśniowe; nasuwają się tu dwie następujące uwagi, analogiczne do tych, które uczyniliśmy względem zmian zewnętrznych.

1°. Mogę przypuścić, że ciało moje przeniosło się z jednego punktu do drugiego, zachowując jednak tę samą »postawę« t. j. tak, iż wszystkie części tego ciała zachowały lub odzyskały to samo położenie względne, pomimo że zmieniło się ich położenie bezwzględne w przestrzeni; mogę również przypuścić, że zmieniło się nietylko położenie mego ciała, lecz również »postawa« jego, że np. ręce moje, pierwotnie zgięte, są obecnie wyprostowane.

Należy więc odróżniać między prostemi zmianami położenia bez zmiany »postawy« a zmianami »postawy«. Jedne i drugie objawiają mi się w postaci czuć mięśniowych. Cóż więc naprowadza mnie do ich odróżniania? Oto t a okoliczność, że pierwsze mogą służyć do sprostowania zmiany zewnętrznej, drugie zaś — nie, a przynajmniej mogą dać jedynie sprostowanie niedoskonałe.

Jest to fakt, który wyłuszczam tak, jak gdybym tłumaczył go komuś, co znałby już geometryę; stąd jednak nie należy wnosić, że aby uczynić to odróżnienie powinnoby się znać już geometryę; zanim ją znam jeszcze, konstatuję fakt (doświadczalnie, że tak powiem), nie mogąc go wytłumaczyć. Aby jednak odróżnić jeden rodzaj zmian od drugiego nie mam potrzeby t ł u m a c z y ć tego faktu; wystarcza mi go s k o n s t a t o w a ć.

Bądź co bądź, wytłumaczenie nie jest trudne. Przypuśćmy, że przesunął się jakiś przedmiot zewnętrzny: jeżeli chcemy, aby różne części naszego ciała odzyskały w stosunku do tego przedmiotu początkowe swe położenie względne, różne te części powinny również odzyskać początkowe swe położenie względne, jedne w stosunku do drugich. Te jedynie zmiany wewnętrzne, które czynić będą zadość ostatniemu warunkowi, nadawać się będą do sprostowania zmiany zewnętrznej wywołanej przez przesunięcie owego przedmiotu. Jeżeli tedy zmieniło się położenie względne mego oka w stosunku do mego palca, będę mógł wprawdzie sprowadzić oko do początkowego położenia względnego w stosunku do przedmiotu i odtworzyć tym sposobem pierwotne czucia wzrokowe, lecz wówczas zmieni się położenie względne palca w stosunku do przedmiotu, tak iż czucia dotykowe nie będą odtworzone.

2⁰. Stwierdzamy również, że ta sama zmiana zewnętrzna daje się skorygować przez dwie zmiany wewnętrzne odpowiadające różnym od siebie czuciom mięśniowym. Tę również okoliczność mogę skonstatować bez znajomości geometryi: niczego też w tym celu mi nie trzeba, chcę jednak wysłowić ten fakt w języku geometrycznym. Oto, aby przejść z położenia A do położenia B mam do wyboru wiele dróg.

Pierwszej z tych dróg odpowiadać będzie szereg S czuć mięśniowych, drugiej — inny szereg S'' czuć mięśniowych, które wogóle będą zupełnie inne, gdyż inne przy nich mięśnie wchodzić będą w grę.

Dlaczegóż uważam dwa te szeregi S i S'' za odpowiadające jednemu i temu samemu przesunięciu AB? Oto dla tego, że za pomocą każdego z nich daje się sprostować ta sama zmiana zewnętrzna. Poza tem nie mają one nic wspólnego.

Rozważmy teraz dwie zmiany zewnętrzne α i β, np. obrót kuli do połowy niebieskiej i czerwonej i obrót kuli do połowy żółtej i zielonej; dwie te zmiany nie mają ze sobą nic wspólnego, jedna z nich bowiem jest dla nas przejściem od niebieskiego do czerwonego, druga — przejściem od żółtego do zielonego. Rozważmy z drugiej strony dwa szeregi S i S'' zmian wewnętrznych; i te nic ze sobą nie będą miały spólnego. Pomimo to jednak powiadam, że α i β i podobnie też S i S'' odpowiadają temu samemu przesunięciu. Dlaczego? Oto dlatego poprostu, że S może skorygować zarówno β jak i α, i dlatego że α daje się sprostować również dobrze przez S'' jak przez S. Nasuwa się tedy pytanie: jeżeli stwierdziłem, że S koryguje α i β, tudzież że S'' koryguje α, czy mogę być pewnym, że S'' koryguje też β? Jedynie doświadczenie może nas pouczyć, czy prawo to się ziszcza. Gdyby nie sprawdzało się ono, w przybliżeniu przynajmniej, nie byłoby ani geometryi, ani przestrzeni, gdyż wówczas nie zależałoby nam zgoła na takiem jak powyższe klasyfikowaniu zmian zewnętrznych i wewnętrznych i na odróżnianiu, naprzykład, zmian stanu od zmian położenia.

Godną uwagi jest ocena roli, jaką w sprawie tej odegrało doświadczenie. Pokazało nam ono, że pewne prawo ziszcza się w przybliżeniu. Nie powiedziało mi ono, j a k ą jest przestrzeń, ani też, że czyni ona zadość omawianemu warunkowi. Istotnie, wiedzieliśmy już, przed wszelkiem doświadczeniem, że przestrzeń czynić będzie zadość temu warunkowi, albo też, że wcale istnieć nie będzie; nie możemy na-

wet powiedzieć, aby doświadczenie pouczyło mnie, że geometrya jest możliwa; o tem, że geometrya jest możliwa, wiemy dobrze, gdyż nie zawiera ona sprzeczności; doświadczenie zaś nauczyło nas tylko, że geometrya jest użyteczna.

§ 6. — Przestrzeń wzrokowa.

Pomimo, że wrażenia ruchowe miały, jak widzieliśmy, wpływ przeważający na genezę pojęcia przestrzeni, które bez ich udziału nie powstałoby nigdy, nie będzie jednak bez korzyści, jeżeli zbadamy również rolę wrażeń wzrokowych i kwestyę liczby wymiarów »przestrzeni wzrokowej«, stosując w tym celu do wrażeń tych określenie podane w § 3.

Na samym już wstępie nasuwa się trudność. Rozważmy czucie barwy czerwonej dotykające pewnego punktu siatkówki, z drugiej zaś strony czucie barwy niebieskiej dotykające tegoż punktu siatkówki. Musimy niezawodnie posiadać pewne środki do rozpoznania, że dwa te czucia, jakościowo różne, mają ze sobą coś spólnego. Otóż, według wywodów poprzedniego paragrafu, mogliśmy rozpoznać to jedynie przez ruchy oka i dzięki płynącym stąd uwagom. Gdyby oko było nieruchome, albo też gdybyśmy ruchów jego nie byli świadomi, nie moglibyśmy rozpoznać, że dwa te jakościowo różne czucia mają coś spólnego, nie moglibyśmy wydobyć z nich owej cechy, która nadaje im charakter geometryczny. Czucia wzrokowe bez mięśniowych nie miałyby tedy nic geometrycznego, tak iż rzec można, że niema przestrzeni czysto wzrokowej.

Aby usunąć tę trudność, rozważmy tej samej tylko natury czucia, czerwone naprzykład, a różniące się wzajemnie tylko ze względu na punkt siatkówki, przez podrażnienie którego powstają. Nie mamy, oczywiście, żadnego powodu do uczynienia tak dowolnego wyboru z pośród wszelkich możliwych czuć wzrokowych, do zjednoczenia w jednej klasie wszystkich czuć tej samej barwy, niezależnie od tego, jaki punkt siatkówki zostaje podrażniony. Nie śniłoby się

nam o niczem podobnem, gdybyśmy powyżej wskazanym sposobem nie nauczyli się już z góry odróżniać zmiany stanu od zmian położenia, t. j. gdyby oczy nasze były nieruchome. Dwa czucia tej samej barwy dotykające dwóch różnych części siatkówki wydawałyby się nam jakościowo różnemi, z tegoż samego tytułu, co dwa czucia różnobarwne.

Ograniczając się do czuć czerwonych narzucamy sobie tedy ograniczenie sztuczne i zaniedbujemy systematycznie pewną stronę zagadnienia; jedynie atoli dzięki temu wybiegowi możemy zanalizować przestrzeń wzrokową bez domieszki czuć ruchowych.

Wyobraźmy sobie linię przebiegającą na siatkówce i dzielącą jej powierzchnię na dwie części; wydzielamy czucia czerwone dotykające jakiegokolwiek punktu tej linii, oraz wszystkie te, które odbiegają od nich zbyt mało, aby je można było odróżnić. Ogół tych czuć tworzyć będzie pewnego rodzaju przekrój, który oznaczę przez C i który wystarczy oczywiście do podziału wszystkich wogóle możliwych czuć czerwonych; biorąc mianowicie dwa czucia czerwone dotykające dwóch punktów, z których jeden jest położony po jednej, drugi — po drugiej stronie tej linii, nie będę mógł przejść od jednego z tych czuć do drugiego w sposób ciągły bez napotkania na drodze mej pewnego czucia należącego do przekroju.

Jeżeli więc przekrój ma n wymiarów, całokształt mych czuć czerwonych lub też, jeżeli chcemy, cała przestrzeń wzrokowa będzie miała $n + 1$ wymiarów.

Wyróżnię teraz czucia czerwone dotykające pewnego punktu przekroju C. Ogół tych czuć stanowić będzie nowy przekrój C'. Ten oczywiście p o d z i e l i przekrój C, w tem samem zawsze znaczeniu wyrazu.

Jeżeli więc przekrój C' ma n wymiarów, przekrój C będzie miał $n + 1$, cała zaś przestrzeń wzrokowa będzie miała $n + 2$ wymiary.

Gdyby wszystkie czucia czerwone dotykające tego samego punktu siatkówki były uważane jako identyczne; prze-

krój C' redukowałby się do jedynego elementu, miałby więc wymiar O, przestrzeń tedy wzrokowa miałaby 2 wymiary.

Najczęściej przecież słyszymy, że oko daje nam poczucie trzeciego jeszcze wymiaru i pozwala nam poniekąd rozpoznawać odległość przedmiotów. Otóż, starając się zanalizować to poczucie stwierdzamy, że sprowadza się ono do świadomości bądź to zbieżności oczu, bądź też wysiłku akomodacyjnego, który czyni *musculus ciliaris* aby ustawić obraz w żądanym punkcie.

Dwa tedy dotykające tego samego punktu siatkówki czucia czerwone byłyby uważane za identyczne wówczas tylko, gdyby towarzyszyło im to samo czucie zbieżności oraz to samo czucie wysiłku akomodacyjnego, albo też przynajmniej czucia zbieżności i czucia akomodacyi dość mało odbiegające od siebie, aby nie można ich było wzajemnie odróżnić.

Z tego więc tytułu sam już przekrój C' stanowi pewne continuum, przekrój więc C posiada więcej niż jeden wymiar.

Otóż doświadczenie uczy nas, że, gdy dwóm czuciom wzrokowym towarzyszy jedno i to samo czucie zbieżności, towarzyszy im również jedno i to samo czucie akomodacyi.

Jeżeli więc ze wszystkich t y c h czuć stanowiących przekrój C', którym towarzyszy pewne określone czucie zbieżności, utworzymy nowy przekrój C'', według powyższego prawa nie dadzą się one odróżnić od siebie i będzie je można uważać jako identyczne; C'' nie będzie więc stanowiło continuum, czyli będzie miało zero wymiarów; ponieważ zaś C'' dzieli C', przeto C' ma jeden, C — d w a, c a ł a w i ę c p r z e s t r z e ń w z r o k o w a — t r z y w y m i a r y.

Czyż jednak byłoby tak samo, gdyby z doświadczenia wynikała własność przeciwna, t. j. gdyby pewnemu czuciu zbieżności nie towarzyszyło zawsze jedno i to samo czucie akomodacyi? W tym razie dwa czucia dotykające tego samego punktu siatkówki i związane z tem samem czuciem zbieżności, a więc czucia, które należałyby obadwa do przekroju C'', dałyby się jednak odróżnić, albowiem towarzyszyłyby im dwa czucia akomodacyjne różne od siebie. Wów-

czas tedy samo C'' stanowiłoby już continuum i posiadałoby jeden (przynajmniej) wymiar, przekrój C' więc — dwa, C — trzy wymiary; cała więc przestrzeń wzrokowa posiadałaby cztery wymiary.

Powiemyż więc, że doświadczenie pouczyło nas, że przestrzeń ma trzy wymiary, dlatego, że wychodząc właśnie z prawa doświadczalnego doszliśmy do wniosku, że należy przypisać jej trzy wymiary? Lecz wykonaliśmy tylko, że tak powiem, doświadczenie fizyologiczne; a ponieważ nawet wystarczałoby umieścić przed oczyma odpowiednio szlifowane szkła, aby usunąć zgodność między czuciami zbieżności i akomodacyi, — czyż powiemy, że wystarcza włożyć okulary, aby przestrzeń miała cztery wymiary, i że optyk, który je sporządził, wyposażył przestrzeń w jeszcze jeden wymiar? Oczywiście — nie. Możemy jedynie powiedzieć, że doświadczenie nauczyło nas, że wygodnie jest przypisywać przestrzeni trzy wymiary.

Lecz przestrzeń wzrokowa jest tylko częścią przestrzeni, a w samem już pojęciu tej przestrzeni tkwi coś sztucznego, jak objaśniłem już na samym wstępie. Prawdziwą przestrzenią jest przestrzeń ruchowa, i ją to właśnie zbadamy w następnym rozdziale.

Rozdział Czwarty.

Przestrzeń i Trzy jej Wymiary.

§ 1. — Grupa przesunięć.

Streśćmy krótko otrzymane wyniki. Chcieliśmy zbadać, co rozumiemy, gdy powiadamy, że przestrzeń ma trzy wymiary, a w tym celu zapytaliśmy przedewszystkiem, co to jest continuum fizyczne i — kiedy można powiedzieć, że ma ono n wymiarów. Rozważając rozmaite układy wrażeń i porównywając je wzajemnie, przekonywamy się częstokroć, że dwa z pośród tych układów wrażeń nie dają się odróżnić

od siebie (co wyrażamy zwykle, mówiąc, że są one zbyt bliskie siebie i że zmysły nasze są zbyt tępe, abyśmy je mogli odróżnić), i — co więcej — stwierdzamy, że dwa układy dają się czasami odróżnić od siebie pomimo iż nie można ich odróżnić od jednego i tego samego trzeciego układu. Jeżeli rzecz tak się ma, powiadamy, że ogół tych układów wrażeń tworzy continuum fizyczne C. Każdy zaś z tych układów nazywać się będzie elementem tego continuum C.

Ileż posiada ono wymiarów? Weźmy nasamprzód dwa jego elementy A i B i przypuśćmy, że istnieje szereg Σ elementów należący całkowicie do C i taki, że A i B stanowią jego wyrazy krańcowe i że żaden z własnych jego wyrazów (t. j. z elementów tworzących Σ) nie daje się odróżnić od poprzedzającego. Jeżeli można znaleść podobny szereg Σ, powiemy, że A i B są związane ze sobą; jeżeli zaś każdy element C jest związany z każdym innym tegoż C, powiemy, że continuum C jest spójne [1]).

Obierzmy teraz w C pewną liczbę elementów, w sposób zresztą zupełnie dowolny. Ogół tych elementów nazywać się będzie przekrojem. Z pośród szeregów Σ, które wiążą A i B [lub: łączą A z B], odróżnimy takie, których element jakiś jest nieodróżnialny od jednego z elementów przekroju (powiemy, że szeregi te przecinają ów przekrój), od takich, których wszystkie elementy dają się odróżnić od wszystkich elementów przekroju. Jeżeli wszystkie szeregi Σ, łączące A z B, przecinają przekrój, powiemy, że A jest oddzielone od B tym przekrojem, i że przekrój ten dzieli C. [2]). Jeżeli zaś w C nie można znaleść dwóch elementów,

---

[1]) W oryginale: *d'un seul tenant*. Niemcy nazywają to »zusammenhängend«, a odróżniając różne stopnie spójności, jak np. dla wnętrza kuli, wnętrza pierścienia, i t. d., mówią: »einfach —, zweifach — zusammenhängend«, i t. d., które to epitety wygodnie jest po polsku oddać przez »jednospójny, dwuspójny« i t. d. Z tego to względu użyłem w powyższem tłumaczeniu, przymiotnika »spójny«. (*Przyp. tłum.*).

[2]) t. j. przerywa spójność continuum, czyli dziedziny ciągłej C.

które byłyby oddzielone przekrojem naszym, powiemy, że przekrój ten nie dzieli C[1]).

Otóż, jeżeli continuum C, w myśl powyższych określeń, daje się podzielić za pomocą przekrojów, które same przez się nie tworzą continuum, powiadamy, że C posiada jeden tylko wymiar: w przeciwnym zaś razie ma ich więcej. Jeżeli dla podziału C wystarcza przekrój stanowiący continuum jednowymiarowe, C będzie miało dwa wymiary; jeżeli wystarcza przekrój stanowiący continuum dwuwymiarowe, C będzie miało trzy wymiary; i t. d.

Dzięki tym określeniom będziemy zawsze wiedzieli, ile ma wymiarów jakiekolwiek continuum fizyczne. Pozostaje zatem znaleść tylko takie continuum fizyczne, które byłoby — że tak powiem — równoważne przestrzeni, tak iżby każdemu punktowi przestrzeni odpowiadał pewien jego element i aby punktom przestrzeni bardzo bliskim siebie odpowiadały elementy nieodróżnialne. Przestrzeń będzie wówczas miała tyleż wymiarów, co to continuum.

Pośrednictwo tego continuum fizycznego, wyobrażalnego, jest niezbędne; samej bowiem przestrzeni nie możemy sobie wyobrazić, a to dla całego mnóstwa powodów. Przestrzeń jestto continuum matematyczne, nieskończone, my zaś możemy sobie wyobrazić jedynie continua fizyczne i przedmioty skończone. Różne elementy przestrzeni, które nazywamy punktami, są wszystkie do siebie podobne, aby zaś określenie nasze zastosować, powinniśmy umieć odróżnić jedne elementy od drugich, przynajmniej gdy nie są zbyt bliskie siebie. Przestrzeń bezwzględna, wreszcie, jest niedorzecznością, i musimy

---

[1]) *Poincaré* nazywa omawiany zbiór elementów zarówno w pierwszym jak i w drugim wypadku jednem i tem samem imieniem: *coupure*; dlatego też użyłem również w tłumaczeniu jednego i tego samego dla obu wypadków wyrazu »przekrój«, aczkolwiek dla *coupure* wogóle, a więc też nie dzielącej C możnaby użyć wyrazu »cięcie«, zaś dla dzielącej — zachować wyraz »przekrój«. Niektórzy matematycy niemieccy posługują się terminami »Schnitt« (wogóle) i »Querschnitt« (przekrój dzielący C).

(*Przypis. tłum.*).

odnosić ją, na samym już wstępie, do układu osi niezmiennie związanego z naszem ciałem (które, według przypuszczenia niezbędnego, ma być zawsze sprowadzane do tej samej postawy).

Usiłowałem następnie zbudować równoważne przestrzeni continuum fizyczne z naszych czuć wzrokowych; daje się to, bezwątpienia, łatwo uskutecznić, a przykład ten nadaje się szczególniej dobrze do dyskusyi liczby wymiarów; dyskusya ta okazała nam, w jakiej mierze wolno jest powiedzieć, że »przestrzeń wzrokowa« ma trzy wymiary. Rozwiązanie to atoli jest, dla objaśnionych powyżej przyczyn, niezupełne i sztuczne, a wysiłki nasze musimy skierować nie na przestrzeń wzrokową, lecz na przestrzeń ruchową.

Przypomniałem, w dalszym ciągu, pochodzenie odróżnienia, które czynimy między zmianami położenia a zmianami stanu.

Pośród zmian zachodzących we wrażeniach naszych odróżniamy przedewszystkiem zmiany wewnętrzne, dowolne i związane z czuciami mięśniowemi, od zmian zewnętrznych — o cechach przeciwnych. Stwierdzamy, że w pewnych wypadkach zmiana zewnętrzna daje się skorygować przez zmianę wewnętrzną, która odtwarza czucia pierwotne. Takie zmiany zewnętrzne nazywają się zmianami położenia, te zaś, które nie dają się sprostować przez zmianę wewnętrzną, nazywają się zmianami stanu. Zmiany wewnętrzne korygujące zmianę zewnętrzną nazywają się przesunięciami całego ciała, inne zaś nazywają się zmianą »pozycyi« (naszego ciała).

Niechaj teraz α i β oznaczają dwie zmiany zewnętrzne, zaś α' i β' dwie zmiany wewnętrzne. Przypuśćmy, że α daje się sprostować bądź to przez α', bądź przez β', i że zapomocą α' można sprostować bądź α, bądź też β; doświadczenie uczy nas wówczas, że przez β' można również skorygować β. W tym razie powiemy, że α i β odpowiadają temuż samemu przesunięciu, tudzież, że α' i β' odpowiadają temuż samemu przesunięciu.

Po tych uwagach możemy wyobrazić sobie continuum fizyczne, które nazwiemy continuum lub grupą przesunięć, a które określimy w sposób następujący. Elementami tego continuum będą zmiany wewnętrzne nadające się do sprostowania zmiany zewnętrznej. Dwie z tych zmian wewnętrznych, α' i β', będziemy uważali jako nieodróżnialne: 1°) jeżeli są niemi poprostu, t. j. jeżeli są zbyt bliskie siebie, 2°) jeżeli α' nadaje się do sprostowania tej samej zmiany zewnętrznej, którą prostuje trzecia jakaś zmiana wewnętrzna wprost nieodróżnialna od β'. W drugim wypadku będą one nieodróżnialne, że tak powiem, na mocy umowy, według której mianowicie zgodzono się abstrahować od okoliczności, mogących pozwolić na ich odróżnienie.

Obecnie continuum nasze jest zupełnie określone, albowiem znamy jego elementy i podaliśmy ściśle warunki, w jakich można je uważać jako nieodróżnialne. Mamy tedy wszystko, co jest niezbędne do zastosowania naszego określenia i do wyznaczenia liczby wymiarów tego continuum. Zobaczymy, że ma ich ono sześć. Grupa przesunięć nie jest więc równoważna przestrzeni, gdyż liczby ich wymiarów nie są te same; jest ona jedynie spowinowacana z przestrzenią.

Skądże jednak wiemy, że to continuum przesunięć posiada sześć wymiarów; wiemy to z doświadczenia.

Nietrudno byłoby opisać doświadczenia, przez które moglibyśmy dojść do tego wyniku. Zobaczylibyśmy, że w continuum tem można przeprowadzić przekroje, które je dzielą i które same też stanowią continua, że można same te przekroje dzielić przez inne przekroje drugiego rzędu, które wciąż jeszcze są continuami, i że zatrzymalibyśmy się dopiero przy przekrojach szóstego rzędu, które nie stanowiłyby już continuów. Według określeń naszych znaczyłoby to, że grupa przesunięć posiada sześć wymiarów.

Byłoby to nietrudne, jak powiedziałem, lecz zbyt długie; czyż jednak nie byłoby to nieco powierzchowne? Grupa ta przekształceń jest, jak widzieliśmy, spowinowacona z przestrzenią i możnaby z niej przestrzeń wyprowadzić; nie jest

ona jednak równoważną przestrzeni; gdyż nie posiada tej samej liczby wymiarów; a gdy okażemy, jak pojęcie tego continuum powstać może i jak daje się zeń wyprowadzić pojęcie przestrzeni, można będzie zawsze jeszcze pytać, dlaczego z przestrzenią trójwymiarową jesteśmy znacznie więcej oswojeni niż z tem continuum sześciowymiarowem, a więc też wątpić, czy istotnie na tej właśnie okólnej drodze ukształtowało się w umyśle ludzkim pojęcie przestrzeni.

§ 2. — Tożsamość dwóch punktów.

Co to jest punkt? Skąd będziemy wiedzieli, czy dwa punkty przestrzeni są identyczne czy też różne? Innemi słowy: co chcę powiedzieć, gdy twierdzę, że przedmiot A zajmował w chwili α ten sam punkt, który zajmuje przedmiot B w chwili β?

Takie to zagadnienie przedłożyliśmy sobie w § 4 poprzedzającego rozdziału. Jak powiedziałem, nie chodzi tu o porównanie położenia przedmiotów A i B w przestrzeni bezwzględnej; pytanie nasze nie miałoby wówczas żadnego oczywiście sensu; chodzi natomiast o porównanie położenia tych dwóch przedmiotów względem osi niezmiennie związanych z mojem ciałem, przy założeniu, że będzie ono w każdym wypadku do tej samej przywrócone »pozycyi«.

Przypuszczam, że między chwilami α i β nie poruszyłem ani swego ciała ani swego oka, o czem powiadamia mnie mój zmysł mięśniowy. Nie poruszyłem też ani głowy, ani ramienia, ani dłoni. Stwierdzam, że w chwili α pewne wrażenia, które przypisuję przedmiotowi A, doszły mnie po części wzdłuż jednego z włókien mego nerwu optycznego, po części wzdłuż jednego z nerwów dotykowych mego palca; podobnie też stwierdzam, że w chwili β pewne inne wrażenia, które przypisuję przedmiotowi B, doszły mnie po części wzdłuż tego samego włókna nerwu optycznego, poczęści wzdłuż tego samego nerwu dotykowego.

Dla wyjaśnienia sprawy musimy tu zatrzymać się na

chwilę. Co powiadamia mnie o tem, że wrażenie, które przypisuję przedmiotowi A i wrażenie, które przypisuję przedmiotowi B, różne od tamtego, doszły mnie po jednym i tym samym nerwie? Czy, biorąc dla przykładu czucia wzrokowe, należy przypuścić, że A wywołuje jednocześnie dwa czucia: jedno czysto świetlne a, drugie czysto barwne a', że B wywołuje również jednocześnie jedno czucie świetlne b i drugie — barwne b', że, jeżeli różne te czucia dochodzą mnie po tem samem włóknie nerwowem, a jest identyczne z b, lecz że wogóle czucia barwne a' i b' wywołane przez różne ciała są różne? W tym razie powiadamiałaby mnie o tem, że wszystkie te czucia dochodzą mnie po tem samem włóknie, ta właśnie identyczność czucia a, towarzyszącego czuciu a', z czuciem b, towarzyszącem b'.

Cokolwiek powiedzianoby o tej hypotezie, i nie bacząc na to, że przekładam nad nią pewne inne znacznie zawilsze, nie ulega wątpliwości, że w jakiś ostatecznie sposób jesteśmy powiadamiani o tem, że czucia $a + a'$ i $b + b'$ mają ze sobą coś spólnego; inaczej bowiem nie mielibyśmy żadnego środka do rozpoznania, że przedmiot B zajął miejsce przedmiotu A.

Nie zatrzymam się więc dłużej nad tym punktem, lecz powtórzę przypuszczenie, które dopiero co uczyniłem: Przypuszczam, że stwierdziłem, iż wrażenia, które przypisuję przedmiotowi B, dochodzą mnie w chwili β wzdłuż tych samych włókien, tak optycznych jak dotykowych, które w chwili α przyniosły mi wrażenia przypisywane przedmiotowi A. Jeżeli tak rzecz się ma, nie zawahamy się twierdzić, że punkt zajęty przez B w chwili β jest identyczny z punktem zajętym przez A w chwili α.

Podałem tu dwa warunki tożsamości tych dwóch punktów; jeden z tych warunków dotyczy wzroku, drugi — dotyku. Rozważmy je z osobna. Pierwszy jest niezbędny, lecz niewystarczający. Drugi jest zarazem niezbędny i wystarczający. Ktoś, co znałby geometryę, wyjaśniłby to łatwo w sposób następujący: Niechaj O będzie punktem siatkówki, w którym tworzy się w chwili α obraz ciała A; niechaj M

będzie punktem przestrzeni zajętym w chwili α przez to ciało A, zaś M' punktem przestrzeni zajętym w chwili β przez ciało B. Jeżeli obraz ciała B ma się utworzyć w O, punkty M i M' niekoniecznie muszą się zlewać ze sobą; ponieważ widzenie odbywa się na odległość, wystarcza, aby trzy punkty O, M, M' znajdowały się na jednej linii prostej. Warunek więc, według którego obrazy obydwóch przedmiotów mają się tworzyć w O, jest niezbędny, lecz nie wystarcza, aby punkty M i M' zlewały się ze sobą. Niechaj teraz P będzie punktem zajętym przez mój palec i zajmowanym przezeń stale, skoro ma się on nie poruszać. Ponieważ dotyk nie działa na odległość, przeto, jeżeli ciało A dotyka mego palca w chwili α, punkty M i P zlewają się ze sobą; jeżeli B dotyka mego palca w chwili β, zlewają się ze sobą punkty M' i P. Zlewają się więc również ze sobą punkty M i M'. Warunek tedy, według którego B ma dotykać mego palca w chwili β jeżeli dotyka go A w chwili α, jest niezbędny i zarazem wystarczający, aby M i M' zlewały się ze sobą.

My jednak, nie znając jeszcze geometryi, rozumować w ten sposób nie możemy; nic też innego nie wypada nam uczynić, jak tylko stwierdzić doświadczalnie, że pierwszy warunek, dotyczący wzroku, może być spełniony bez drugiego, który stosuje się do dotyku, że natomiast drugi warunek nie może być spełniony bez pierwszego.

Przypuśćmy, że doświadczenie udzieliło nam wprost przeciwnej lekcyi. Mogłoby tak być, a przypuszczenie to bynajmniej nie jest niedorzeczne. Przypuśćmy tedy, iż stwierdziliśmy doświadczalnie, że warunek dotykowy może być spełniony bez warunku wzrokowego, lecz że odwrotnie warunek wzrokowy nie może być spełniony bez dotykowego. Wówczas orzeklibyśmy, oczywiście, że dotyk może działać na odległość, wzrok zaś nie.

Nie dość na tem. Dotychczas przypuszczałem, że dla wyznaczenia miejsca jakiegoś przedmiotu posługiwałem się tylko okiem i jedynym palcem; mógłbym jednak również do-

brze uciec się do innych jeszcze środków, naprzykład do wszystkich pozostałych mych palców.

Przypuśćmy, że pierwszy mój palec odbiera w chwili α wrażenie dotykowe, które przypisuję przedmiotowi A. Wykonywam szereg ruchów odpowiadający szeregowi S czuć mięśniowych. Po odbyciu tych ruchów, w chwili α', drugi mój palec odbiera wrażenie dotykowe, które również przypisuję przedmiotowi A. Następnie, w chwili β, gdy wciąż jeszcze trwam w spoczynku (o czem powiadamia mnie mój zmysł mięśniowy) tenże sam drugi palec przynosi mi znowu wrażenie dotykowe, które tym razem przypisuję przedmiotowi B; wykonywam potem szereg ruchów odpowiadających szeregowi S' czuć mięśniowych. Wiem, że szereg ten S' jest odwróceniem szeregu S i odpowiada ruchom przeciwnym. Wiem zaś o tem stąd, że liczne dawniejsze doświadczenia okazały mi niejednokrotnie, że, skoro wykonywałem po sobie dwa szeregi ruchów odpowiadających szeregom czuć S i S', odtwarzały się wrażenia pierwotne, t. j. że dwa te szeregi kompensowały się wzajemnie. Otóż, czy po tem wszystkiem mogę oczekiwać, że w chwili β', w której skończy się drugi szereg ruchów, pierwszy mój palec dozna wrażenia dotykowego dającego się przypisać przedmiotowi B?

Aby na pytanie to odpowiedzieć, rozumowaliby ci, którzy znaliby już geometryę, w sposób następujący. Jest pewne prawdopodobieństwo, że przedmiot A nie poruszył się między chwilą α i chwilą α', ani też przedmiot B między β i β'; zgódźmy się na to. W chwili α przedmiot A zajmował pewien punkt M przestrzeni. Otóż, w tejże chwili dotykał on mego pierwszego palca, a ponieważ dotyk nie działa na odległość, pierwszy mój palec znajdował się również w punkcie M. Wykonałem następnie szereg ruchów S, a w końcu tego szeregu, w chwili α', stwierdziłem, że przedmiot A dotykał mego drugiego palca. Wnioskuję stąd, że drugi ten palec znajdował się wówczas w M, t. j. że skutek ruchów S polegał na sprowadzeniu drugiego palca na miejsce pierwszego. W chwili β przedmiot B zetknął się z dru-

gim mym palcem: ponieważ nie poruszyłem się, palec ten pozostał w M; przedmiot więc B przybył do M; według założenia nie porusza się on aż do chwili β'. Lecz między chwilami β i β' wykonałem ruchy S'; ponieważ ruchy te są odwróceniem ruchów S, skutkiem ich musi być sprowadzenie pierwszego palca na miejsce drugiego. W chwili β' tedy pierwszy palec znajduje się w M: ponieważ zaś przedmiot B znajduje się wówczas również w M, przedmiot ten B dotknie pierwszego mego palca. Na pytanie nasze należy więc odpowiedzieć twierdząco.

My jednak, nie znając jeszcze geometryi, nie możemy w ten sposób rozumować, lecz tylko skonstatować, że przewidywanie to urzeczywistnia się zazwyczaj; wyjątki zaś możemy zawsze objaśnić, mówiąc, że przedmiot A poruszył się w odstępie czasu $\alpha - \alpha'$, lub że przedmiot B poruszył się w odstępie $\beta - \beta'$.

Czyż jednak doświadczenie nie mogłoby dać wyniku przeciwnego? Czy wynik taki byłby sam przez się niedorzeczny? Oczywiście nie. Cóż więc uczynilibyśmy, gdyby doświadczenie istotnie dało ten wynik przeciwny? Czyż geometrya cała stałaby się wówczas niemożliwą? Bynajmniej. Ograniczylibyśmy się w takim razie do orzeczenia, że dotyk może działać na odległość.

Gdy powiadam, że wzrok może działać na odległość, dotyk zaś nie, twierdzenie to posiada następujące tylko znaczenie. Aby rozpoznać, czy B w chwili β zajmuje punkt, zajmowany w chwili α przez A, mogę posłużyć się całem mnóstwem różnych kryteryów; w jednem wchodzi w grę me oko, w drugiem pierwszy mój palec, w trzeciem drugi palec, i t. d. Otóż, wystarcza, że kryteryum dotyczące jednego z mych palców jest spełnione, aby wszystkie też inne były spełnione; spełnienie natomiast kryteryum opartego na oku nie wystarcza. Oto jest znaczenie naszego twierdzenia; ograniczamy się do głoszenia faktu doświadczalnego, który sprawdza się zazwyczaj.

Pod koniec poprzedniego rozdziału zanalizowaliśmy prze-

strzeń wzrokową; widzieliśmy, że dla utworzenia tej przestrzeni należy wprowadzić w grę czucia związane z siatkówką, czucie zbieżności i czucie akomodacyi; że, gdyby dwa ostatnie nie były zawsze zgodne ze sobą, przestrzeń wzrokowa zamiast trzech posiadałaby cztery wymiary; z drugiej zaś strony, widzieliśmy, że wprowadzając tylko czucia odpowiadające siatkówce, otrzymalibyśmy »przestrzeń wzrokową czystą«, która miałaby dwa tylko wymiary. Rozważmy teraz przestrzeń dotykową, ograniczając się do czuć jednego tylko palca, t. j. ostatecznie do ogółu wszystkich położeń, w których palec ten może się znajdować. Ta przestrzeń dotykowa, którą zbadamy w następnym paragrafie i nad którą nie będę się tu rozwodził, posiada trzy wymiary. Dlaczegóż przestrzeń właściwie tak zwana posiada tyleż wymiarów, co przestrzeń dotykowa, a więcej niż czysta przestrzeń wzrokowa? Oto dlatego, że wzrok działa na odległość, dotyk zaś nie. Obadwa te orzeczenia posiadają jedno tylko i toż same znaczenie, które poznaliśmy przed chwilą.

Wrócę teraz do pewnego punktu, którego poprzednio dotknąłem zaledwie, aby nie przerywać naszych rostrząsań. Skąd wiemy, że wrażenia, wywarte na naszą siatkówkę przez A w chwili α i przez B w chwili β, dochodzą nas przez to samo włókno biegnące od siatkówki, pomimo że wrażenia te są jakościowo różne? Podałem w tym względzie prostą hypotezę, dodając jednak, że inne znacznie zawilsze hypotezy miałyby, zdaniem mojem, większe za sobą prawdopodobieństwo. Oto owe hypotezy, o których zaledwie wspomniałem: — Skąd wiemy, że wrażenia wywołane w chwili α przez przedmiot czerwony A i w chwili β przez przedmiot niebieski B, skoro obadwa te przedmioty tworzą swój obraz w tym samym punkcie siatkówki, skąd wiemy — powiadam —, że wrażenia te mają ze sobą coś spólnego? Otóż można odrzucić powyższą prostą hypotezę i przypuścić natomiast, że dwa te, jakościowo różne, wrażenia dochodzą mnie po dwóch włóknach różnych, acz przyległych.

Skądże, w takim razie, wiedziałbym, że włókna te są

przyległe? Prawdopodobnem jest, że nie mielibyśmy żadnego po temu środka, gdyby oko było nieruchome. Ruchy to oka pouczyły nas o tem, że między czuciem barwy niebieskiej w punkcie A i takiemże czuciem w punkcie B siatkówki zachodzi ten sam stosunek, co między czuciem barwy czerwonej w punkcie A i takiemże czuciem w punkcie B. Istotnie, pokazały nam one, że te same ruchy, odpowiadające tym samym czuciom mięśniowym, przeprowadzają nas zarówno od pierwszego do drugiego jak i od trzeciego do czwartego. Nie wgłębimy się atoli w rozważania te, które — jak widzimy — nawiązują się do sprawy znaków lokalnych podniesionej przez Lotzego.

§ 3. — Przestrzeń dotykowa.

Umiemy już tedy rozpoznać tożsamość dwóch punktów: punktu zajętego przez A w chwili α i punktu zajętego przez B w chwili β, pod jednym atoli warunkiem, a mianowicie, że nie poruszyliśmy się między chwilami α i β. Nie wystarcza nam to jednak. Przypuśćmy więc, że w odstępie czasu zawartym między temi chwilami poruszyłem się w jakikolwiek sposób; jakże będę wiedział, czy punkt zajęty przez A w chwili α jest identyczny z punktem, który B zajmuje w chwili β? Przypuśćmy, że w chwili α przedmiot A dotykał mego pierwszego palca i że przedmiot B dotyka tegoż palca w chwili β, że jednak zmysł mięśniowy powiadomił mnie, iż w odstępie czasu α — β ciało moje poruszyło się. Rozważając powyżej dwa szeregi czuć mięśniowych S i S', powiedziałem, iż zdarza się czasami, że zniewoleni jesteśmy uważać podobne szeregi S i S' jako odwrotne względem siebie, a to dlatego że, gdy dwa te szeregi następują po sobie, pierwotne nasze wrażenia—jak spostrzegamy często— odtwarzają się.

Gdy więc zmysł mięśniowy powiadamia mnie, że poruszyłem się wprawdzie między chwilami α i β, lecz w sposób taki, że doznałem kolejno dwóch szeregów czuć mięśniowych

S i S', które uważam jako wzajemnie odwrotne, powiem zawsze jeszcze (zupełnie jak gdybym się nie poruszył), że punkty zajęte przez A w chwili α i przez B w chwili β są identyczne, skoro tylko stwierdzę, że pierwszy mój palec dotyka A w chwili α i B chwili β.

Rozwiązanie to, jak zrozumiemy niebawem, nie jest jeszcze zupełnie zadawalniające. Istotnie, zobaczmy, ile według niego wymiarów należałoby przypisać przestrzeni. Chcę porównać dwa punkty zajęte przez A, B w chwilach α i β, lub też (co na jedno wychodzi, albowiem przypuszczam, że palec mój dotyka A w chwili α i B w chwili β) chcę porównać punkty, które zajmuje palec mój w chwilach α i β. Jedynym po temu środkiem, którym rozporządzam, jest szereg Σ czuć mięśniowych, które towarzyszyły ruchom mego ciała między temi chwilami. Wszelkie wyobrażalne szeregi Σ stanowią oczywiście continuum fizyczne o bardzo wielkiej liczbie wymiarów. Zgódźmy się (jak powyżej) na to, aby nie uważać za różne od siebie dwa szeregi Σ i $\Sigma + S + S'$, skoro tylko szeregi S i S' są — w poprzednio już ustalonem znaczeniu słowa — odwrotne względem siebie; niebacząc na tę konwencyę ogół różnych szeregów Σ wciąż jeszcze stanowić będzie continuum fizyczne, a liczba jego wymiarów, acz mniejsza niż pierwotnie, zawsze jeszcze będzie bardzo wielką.

Każdemu z szeregów takich Σ odpowiada punkt przestrzeni; dwóm szeregom Σ i Σ' odpowiadać będą dwa punkty M i M'. Środki, któremi aż dotąd rozporządzamy, dają nam możność rozpoznania, że M i M' nie są różne od siebie w dwóch tylko wypadkach: 1^0 jeżeli Σ jest identyczne z Σ'; 2^0 jeżeli $\Sigma' = \Sigma + S + S'$, gdzie S i S' są odwrotne względem siebie. Gdybyśmy we wszystkich innych wypadkach uważali M i M' jako różne od siebie, ogół punktów posiadałby tyleż wymiarów, co ogół różnych szeregów Σ, to jest znacznie więcej niż 3.

Tym, co znają już geometryę możnaby to łatwo wytłumaczyć w sposób następujący. Pośród wszelkich wyobrażalnych szeregów czuć mięśniowych istnieją takie, iż podczas

ruchów, którym towarzyszą, palec mój pozostaje nieruchomym. Twierdzę, że, skoro nie uważamy jako różne od siebie szeregi Σ i $\Sigma + \sigma$, gdzie σ odpowiada ruchom, podczas których palec się nie porusza, ogół szeregów stanowić będzie continuum trójwymiarowe, że natomiast, skoro uważalibyśmy każde dwa szeregi Σ i Σ' jako różne byle tylko nie było $\Sigma' = \Sigma + S + S'$ (gdzie S i S' są odwrotne względem siebie), ogół szeregów stanowiłby continuum o większej od trzech liczbie wymiarów.

Istotnie, niechaj A będzie powierzchnią w przestrzeni, B — linią na tej powierzchni, M — punktem na tej linii; C_0 niechaj oznacza ogół wszystkich szeregów Σ, zaś C_1 ogół takich szeregów Σ, iż przy końcu odpowiednich ruchów palec znajduje się na powierzchni A, i podobnie niechaj C_2, względnie C_3 będzie ogółem takich szeregów Σ, iż na końcu odpowiednich szeregów ruchów palec znajduje się na linii B, względnie w punkcie M. Oczywista jest nasamprzód, że C_1 będzie przekrojem dzielącym C_0, dalej C_2 — przekrojem dzielącym C_1 i wreszcie C_3 przekrojem dzielącym C_2. Stąd zaś, według naszych określeń, wynika, że, skoro C_3 stanowi continuum n — wymiarowe, C_0 będzie tworzyło continuum fizyczne o $n + 3$ wymiarach.

Niechaj tedy Σ i $\Sigma' = \Sigma + \sigma$ będą dwa szeregi wchodzące w skład C_3; dla każdego z nich w końcu ruchów palec znajduje się w M; wynika stąd, że na początku i na końcu szeregu σ palec znajduje się w tym samym punkcie M. Szereg σ jest więc jednym z szeregów odpowiadających ruchom, przy których palec pozostaje nieruchomy. Skoro nie uważamy Σ i $\Sigma + \sigma$ jako różne, wszystkie szeregi należące do C_3 zleją się w jeden jedyny; C_3 będzie więc miało wymiar zero, zaś C_0, czego chciałem właśnie dowieść, będzie miało trzy wymiary. Jeżeli natomiast nie uważamy Σ i $\Sigma + \sigma$ jako tożsame (byle tylko nie było $\sigma = S + S'$, gdzie S, S' są względem siebie odwrotne), C_3 będzie oczywiście zawierało wielką liczbę szeregów czuć różnych; albowiem, nie bacząc na to, że palec się nie porusza, ciało może przybierać mnóstwo

różnych »pozycyj«. C_3 będzie więc stanowiło continuum i C_0 będzie miało więcej niż trzy wymiary, czego również mieliśmy dowieść.

Nam atoli, którzy nie znamy jeszcze geometryi, nie wolno w ten sposób rozumować; my jedynie stwierdzać możemy. Nasuwa się atoli pytanie, w jaki sposób, nie znając jeszcze geometryi, doszliśmy do odróżniania tych szeregów σ, przy których palec się nie porusza, od innych szeregów; istotnie, dopiero po tem odróżnieniu moglibyśmy dojść do utożsamienia Σ i $\Sigma + \sigma$, i pod tym jedynie warunkiem, jak widzieliśmy, możemy dotrzeć do przestrzeni trójwymiarowej.

Wyróżniamy szeregi σ dlatego, że częstokroć, gdy wykonywamy ruchy odpowiadające tym szeregom σ czuć mięśniowych, czucia dotykowe dochodzące nas przez nerw biegnący od pierwszego palca trwają nadal i nie doznają zmiany na skutek tych ruchów. Tego zaś uczy nas doświadczenie, i ono tylko mogło nas tego nauczyć.

Jeżeli wyróżniliśmy szeregi czuć mięśniowych $S + S'$ utworzone przez połączenie się dwóch szeregów względem siebie odwrotnych, to dlatego, że nie zmieniały one ogółu naszych wrażeń; jeżeli teraz wyróżniamy szeregi σ, to dlatego, że nie zmieniają one p e w n y c h naszych wrażeń. (Skoro twierdzę, że jakiś szereg czuć mięśniowych S nie zmienia czyli »zachowuje« jedno z naszych wrażeń A, chcę przez to powiedzieć, iż stwierdzamy, że gdy doznajemy wrażenia A, następnie zaś czuć mięśniowych S, w c i ą ż jeszcze doznawać będziemy wrażenia A również p o tych czuciach S).

Jak powiedziałem wyżej, zdarza się c z ę s t o, że szeregi σ nie zmieniają wrażeń dotykowych, których doznaje pierwszy nasz palec; nie powiedziałem »z a w s z e«, lecz »c z ę s t o«; w codziennym języku wyrażamy to, mówiąc, że wrażenie dotykowe nie zmieniłoby się, gdy palec się nie poruszył, p o d w a r u n k i e m, że przedmiot A, który dotykał tego palca, również się nie poruszył. Dopóki nie znamy geometryi, nie możemy dać tego objaśnienia, lecz jedynie stwierdzić, że wrażenie trwa nadal, i to często, lecz nie zawsze.

Wystarcza to jednak, aby szeregi σ stały się dla nas

godnemi uwagi, abyśmy umieścili w jednej klasie szeregi Σ i $\Sigma + \sigma$ i abyśmy je odtąd przestali uważać jako różne od siebie. W tych, jak widzieliśmy, warunkach zrodzą one continuum fizyczne o trzech wymiarach.

Oto więc przestrzeń trójwymiarowa utworzona przez pierwszy mój palec. Każdy z mych palców utworzy podobną przestrzeń. Co skłania nas do utożsamienia tych przestrzeni z przestrzenią wzrokową, z przestrzenią geometryczną? Oto, co zbadać jeszcze należy.

Zanim jednak dalej pójdziemy, zastanówmy się nad tem, że według powyższych wywodów znamy punkty przestrzeni lub — ogólniej — położenie końcowe naszego ciała jedynie tylko za pośrednictwem szeregów czuć mięśniowych, ujawniających nam ruchy, które przeniosły nas z pewnego położenia początkowego do tego położenia końcowego. Jasną jest atoli rzeczą, że to położenie końcowe zależeć będzie z jednej strony od tych ruchów, z drugiej zaś strony od położenia początkowego, z któregośmy wyszli. Otóż ruchy te objawiają się nam przez czucia mięśniowe; nic jednak nie zapoznaje nas z położeniem początkowem; nic nie może uzdolnić nas do odróżnienia go od wszystkich innych możliwych położeń. To właśnie ujawnia dobrze zasadniczą względność przestrzeni.

§ 4. — Tożsamość różnych przestrzeni.

Dochodzimy tedy do porównywania dwóch continuów C i C' utworzonych np. przez pierwszy mój palec D, względnie — przez drugi D'. Każde z tych continuów fizycznych posiada trzy wymiary. Każdemu elementowi continuum C lub, jeżeli chcemy, każdemu punktowi pierwszej przestrzeni dotykowej, odpowiada pewien szereg czuć mięśniowych Σ towarzyszących przejściu od pewnego położenia początkowego do pewnego położenia końcowego [1]). Co więcej, jeden i ten sam punkt

[1]) Zamiast powiedzieć, że odnosimy przestrzeń do osi niezmiennie z ciałem naszem związanych, należałoby może powiedzieć raczej, — zgodnie z po-

pierwszej tej przestrzeni odpowiadać będzie szeregowi Σ i szeregowi $\Sigma + \sigma$, skoro tylko σ jest szeregiem, przy którym palec D się nie porusza.

Podobnie też każdemu elementowi continuum C', czyli każdemu punktowi drugiej przestrzeni dotykowej odpowiada szereg czuć Σ', i tenże sam punkt odpowiadać będzie zarówno Σ' jak i $\Sigma' + \sigma'$ skoro tylko σ' jest szeregiem, przy którym palec D' pozostaje nieruchomy.

Wyróżniamy tedy szeregi σ i σ' dzięki tej okoliczności, że pierwsze nie zmieniają wrażeń dotykowych doznawanych przez palec D, drugie zaś nie zmieniają wrażeń, których doznaje palec D'.

Oto, co konstatujemy: na początku palec mój D' doznaje czucia A'; wykonywam ruchy, którym towarzyszą czucia mięśniowe S; palec mój D doznaje wrażenia A; wykonywam ruchy, którym towarzyszy szereg czuć σ; palec D nadal doznaje wrażenia A; to bowiem jest własnością charakterystyczną szeregów σ; wykonywam następnie ruchy, którym towarzyszy szereg czuć mięśniowych S' odwrotny względem S, w powyżej objaśnionem znaczeniu słowa. Stwierdzam wówczas, że palec mój D znowu doznaje wrażenia A'. (W tym celu należy oczywiście obrać szereg S w odpowiedni sposób). To właśnie znaczy, że szereg $S + \sigma + S'$, nie zmieniający wrażeń dotykowych palca D', jest jednym z tych, które nazwałem σ'. Odwrotnie, jeżeli weźmiemy jakikolwiek szereg σ', natenczas $S' + \sigma' + S$ będzie jednym z szeregów, które nazywamy σ.

Tak więc, skoro S jest odpowiednio dobrane, $S + \sigma + S$ stanowić będzie szereg σ' a zmieniając σ na wszelkie możliwe sposoby, otrzymamy wszelkie możliwe szeregi σ'.

Nie znając jeszcze geometryi, ograniczamy się do skonstatowania wszystkich tych stosunków; ci jednak, co znają

---

wyższemi wywodami, — że odnosimy ją do osi związanych niezmiennie z położeniem początkowem naszego ciała.

(*Przyp. autora*).

geometryę, objaśniliby to w następujący sposób. Nasamprzód palec nasz D' znajduje się w punkcie M, dotykając przedmiotu a, który wywiera nań wrażenie A'; wykonywamy ruchy odpowiadające szeregowi S; jak powiedziałem, szereg ten powinno się wybrać odpowiednio, a mianowicie tak, aby ruchy te sprowadziły palec D do punktu pierwotnie zajętego przez palec D', t. j. do punktu M; palec D zetknie się więc z przedmiotem a, który wywrze na nim wrażenie A.

Wykonywam następnie ruchy odpowiadające szeregowi σ; podczas ruchów tych nie zmienia się, według założenia, położenie palca D, pozostaje więc on w zetknięciu z przedmiotem a, doznając nadal wrażenia A. Wykonywam wreszcie ruchy odpowiadające szeregowi S'. Ponieważ S' jest odwróceniem S, ruchy te sprowadzą palec D' do punktu zajmowanego pierwotnie przez palec D, t. j. do punktu M. Jeżeli, jak wolno przypuścić, przedmiot a nie poruszył się, palec D' zetknie się z tym przedmiotem i dozna znowu wrażenia A', — co było do dowiedzenia.

Zobaczmy, co stąd wynika. Rozważam szereg Σ czuć mięśniowych; szeregowi temu odpowiadać będzie pewien punkt M pierwszej przestrzeni dotykowej. Weźmy znowu odwrotne względem siebie szeregi S i S', o których była mowa. Szeregowi $S + \Sigma + S'$ odpowiadać będzie punkt N drugiej przestrzeni dotykowej; dowolnemu bowiem szeregowi czuć mięśniowych odpowiada, jak powiedziano wyżej, jakiś punkt bądź to w pierwszej, bądź w drugiej przestrzeni.

Otóż tak określone punkty N i M będę uważał jako odpowiadające sobie. Cóż mnie do tego upoważnia? Niezbędnym warunkiem odpowiedniości tej jest to, że, skoro zachodzi tożsamość między punktami M i M' odpowiadającemi, w pierwszej przestrzeni, szeregom Σ i Σ', mają też być identyczne ze sobą dwa odpowiednie punkty N i N' drugiej przestrzeni, t. j. punkty odpowiadające szeregom $S + \Sigma + S'$ i $S + \Sigma' + S'$. Otóż zobaczymy, że warunek ten jest spełniony.

Zauważmy nasamprzód, że, ponieważ S i S' są względ-

dem siebie odwrotne, mamy $S + S' = o$, a więc $S + S + \Sigma = \Sigma + S + S' = \Sigma$, jakoteż $\Sigma + S + S' + \Sigma' = \Sigma + \Sigma'$; stąd jednak nie wynika, aby było $S + \Sigma + S' = \Sigma$ nie bacząc bowiem na to, że użyliśmy znaku dodawania, aby wyrazić następstwo naszych czuć, porządek tego następstwa nie będzie, oczywiście, sprawą obojętną: nie możemy więc, jak w zwykłem dodawaniu, zmienić porządku wyrazów; jednem słowem, działania nasze są łącznościowe [asocyacyjne], lecz nie przemiennościowe.

Otóż, jeżeli Σ i Σ' mają odpowiadać temuż samemu punktowi $M = M'$ pierwszej przestrzeni, musi być, i wystarcza aby było, $\Sigma' = \Sigma + \sigma$. Otrzymamy wówczas:

$$S + \Sigma' + S' = S + \Sigma + \sigma + S' = S + \Sigma + S' + S + \sigma + S.$$

Powyżej jednak stwierdziliśmy, że $S + \sigma + S'$ jest jednym z szeregów σ'. Będzie więc:

$$S + \Sigma' + S' = S + \Sigma + S' + \sigma',$$

t. j.: szeregi $S + \Sigma' + S'$ i $S + \Sigma + S'$ odpowiadają jednemu i temuż samemu punktowi $N = N'$ drugiej przestrzeni, — co było do dowiedzenia.

Dwie nasze przestrzenie odpowiadają więc sobie punkt w punkt; można je »przekształcić« jednę na drugą; są one izomorficzne; co jednak skłania nas do wysnucia stąd wniosku, że są one identyczne?

Rozważmy szeregi σ i $S + \sigma + S' = \sigma'$. Powiedziałem, że często wprawdzie, lecz niezawsze, szereg σ nie zmienia wrażenia dotykowego A, którego doznaje palec D, i podobnie szereg σ' — wrażenia dotykowego A' doznawanego przez palec D'. Otóż, konstatuję, że zdarza się b a r d z o c z ę s t o (t. j. znacznie częściej, niż gdy powiadam wprost »często«), iż skoro szereg σ nie zmienił wrażenia A palca D, jednocześnie też szereg σ' nie zmienia wrażenia A' palca D', i odwrotnie, gdy pierwsze wrażenie ulega zmianie, drugie zmie-

nia się również. Zdarza się to bardzo często, lecz nie zawsze.

Doświadczalny ten fakt interpretujemy, mówiąc, że nieznany przedmiot a, sprawiający wrażenie A na palcu D, jest identyczny z nieznanym przedmiotem a', który sprawia wrażenie A' na palcu D'. Istotnie też, gdy pierwszy przedmiot zmienia swe położenie, o czem powiadamia nas zniknięcie wrażenia A, drugi również zmienia swe położenie, gdyż znika też wrażenie A'. Jeżeli pierwszy przedmiot pozostaje nieruchomy, nie porusza się też drugi. Skoro dwa te przedmioty są identyczne, pierwszy zaś znajduje się w punkcie M pierwszej przestrzeni, drugi w punkcie N drugiej przestrzeni, dwa te punkty będą również identyczne. Oto jak dochodzimy do utożsamienia tych dwóch przestrzeni; oto, co chcemy powiedzieć, twierdząc, że są one identyczne.

To, co powiedzieliśmy o tożsamości dwóch przestrzeni dotykowych zwalnia już nas od rostrząsania sprawy tożsamości przestrzeni dotykowej i przestrzeni wzrokowej; sprawę tę możnaby bowiem w podobny zupełnie rozważyć sposób.

§ 5. — Przestrzeń i empiryzm.

Mogłoby się zdawać, że wnioski, do których doszliśmy, są zgodne z poglądami empiryków. Istotnie, starałem się ujawnić rolę doświadczenia i zbadać fakty doświadczalne biorące udział w genezie przestrzeni trójwymiarowej. Jakkolwiek ważne byłoby jednak znaczenie tych faktów, nie należy zapominać o jednej rzeczy, o której wspominałem już zresztą wielokrotnie. Doświadczalne te fakty sprawdzają się często, lecz niezawsze. Nie znaczy to oczywiście, aby przestrzeń miewała często, lecz nie zawsze, trzy wymiary.

Wiem wprawdzie, że trudność ta daje się łatwo ominąć, że, ilekroć fakty te się nie sprawdzą, wytłomaczyć to możemy, twierdząc, że przedmioty zewnętrzne poruszyły się. Jeżeli doświadczenie udaje się, powiadamy, że poucza nas

ono co do przestrzeni; jeżeli nie udaje się, przyczepiamy się do przedmiotów zewnętrznych, obwiniając je, że się poruszyły, innemi słowy, jeżeli doświadczenie nie powiodło się, dopomagamy mu lekkiem pchnięciem [on lui donne un coup de pouce].

Nie przeczę, że te pchnięcia są uprawnione; wystarczają one jednak, aby ostrzedz nas, że własności przestrzeni nie są prawdami doświadczalnemi w znaczeniu właściwem słowa. Gdybyśmy zechcieli sprawdzić inne prawa, moglibyśmy tego również dopiąć za pomocą innych podobnych pchnięć. Czyż nie moglibyśmy zawsze usprawiedliwić pchnięć tych w podobny sposób? Najwyżej możnaby nam zarzucić: »niewątpliwie pchnięcia wasze są usprawiedliwione, lecz nadużywacie ich; pocóż tak często przypisywać ruch przedmiotom zewnętrznym?«

Jednem słowem, doświadczenie nie dowodzi, że przestrzeń ma trzy wymiary, lecz tylko, że wygodnie jest przypisywać jej trzy wymiary, tym bowiem sposobem liczba owych »pchnięć« sprowadza się do minimum

Mamże dodać jeszcze, że doświadczenie zapoznawałoby nas tylko z przestrzenią wyobrażeniową, stanowiącą continuum fizyczne, nie zaś z przestrzenią geometryczną, która stanowi continuum matematyczne. W najlepszym razie mogłoby nas ono nauczyć, że wygodnie jest przypisać przestrzeni geometrycznej trzy wymiary, aby miała ich tyleż właśnie, co i przestrzeń wyobrażeniowa.

Pytanie empiryczne może też przybrać inną postać. Czy nie można pomyśleć sobie zjawisk fizycznych, np. mechanicznych, inaczej jak tylko w przestrzeni trójwymiarowej? Mielibyśmy wówczas dowód doświadczalny, że tak powiem, przedmiotowy, niezależny od naszej fizyologii, od form naszej wyobraźni.

Tak jednak nie jest; nie będę tu rostrząsał sprawy tej szczegółowo, lecz przytoczę tylko jaskrawy przykład, jakiego nam dostarcza mechanika Hertza.

Wiadomo, że wielki ten fizyk nie wierzył w istnienie

sił, właściwie tak zwanych; przypuszczał on, że punkty materyalne widzialne są związane przez połączenia niewidzialne z innemi punktami niewidzialnemi, i że to, co przypisujemy siłom, jest właśnie skutkiem tych połączeń niewidzialnych.

Stanowi to jednak część tylko jego pomysłów. Weźmy układ złożony z n punktów materyalnych, widzialnych lub niewidzialnych; da nam to ogółem $3n$ spółrzędnych; uważajmy je jako spółrzędne jedynego punktu w przestrzeni o $3n$ wymiarach. Punkt ten byłby zniewolony do pozostawania na pewnej powierzchni (o liczbie wymiarów jakiejkolwiek, lecz $< 3n$), a to na mocy wspomnianych połączeń; otóż, aby na powierzchni tej przejść od jednego do drugiego miejsca, punkt ten obierze zawsze najkrótszą drogę; taką byłaby jedyna zasada, streszczająca całą mechanikę.

Cokolwiek sądzilibyśmy o tej hypotezie: czy ujmowałaby nas jej prostota, czy też odstraszałaby nas jej sztuczność, — sam chociażby fakt, że Hertz mógł ją pomyśleć i uważać jako wygodniejszą od zwykłych naszych hypotez, dowodziłby już, że powszednie nasze pojęcia, w szczególności zaś trzy wymiary przestrzeni, bynajmniej nie narzucają się mechanikowi z jakąś siłą nieprzezwyciężoną.

§ 6. — Umysł i przestrzeń.

Doświadczenie odegrało tedy jedyną tylko rolę, służąc mianowicie za okazyę. Niemniej jednak rola ta była bardzo ważną, a dlatego też uważałem za niezbędne uwydatnić ją jaknajlepiej. Rola ta byłaby zbyteczna, gdyby istniała przestrzeń trójwymiarowa jako forma *a priori*, narzucająca się naszej zmysłowości.

Czy forma taka istnieje, lub też lepiej: czy możemy wyobrazić sobie przestrzeń o więcej niż trzech wymiarach? Przedewszystkiem zaś jak należy pytanie to rozumieć? We właściwem znaczeniu słowa nie możemy sobie wyobrazić, oczywiście, przestrzeni ani o czterech, ani o trzech wymiarach; przedewszystkiem nie możemy wyobrazić ich sobie

jako próżne, następnie zaś nie możemy też wyobrazić sobie jakiegoś przedmiotu ani w przestrzeni czterowymiarowej, ani też w trójwymiarowej: 1°) dlatego że obie te przestrzenie są nieskończone, nie możemy zaś przedstawić sobie jakiejś figury *w* przestrzeni, t. j. części *w* całości, nie wyobrażając sobie całości, a to jest niemożliwe, skoro całość ta jest nieskończoną; 2°) dlatego że obie te przestrzenie są to continua matematyczne, my zaś fizyczne tylko continuum wyobrazić sobie możemy; 3°) dlatego że przestrzenie te są jednorodne, ramy zaś, w które zamykamy nasze czucia, jako ograniczone, nie mogą być jednorodne.

Tak więc pytanie powyższe w jeden tylko sposób rozumieć można, a mianowicie:

Czy można wyobrazić sobie, że, gdyby wyniki przytoczonych powyżej doświadczeń były inne, przypisalibyśmy przestrzeni więcej niż trzy wymiary; czy można np. wyobrazić sobie, aby czucie akomodacyi nie było ustawicznie w zgodzie z czuciem zbieżności oczu, albo też, że doświadczenia omówione w § 2, a których wynik wyraziliśmy, mówiąc, że »dotyk nie działa na odległość«, że doświadczenia te doprowadziły nas do przeciwnego wniosku?

Na tak postawione pytanie należy oczywiście, odpowiedzieć twierdząco; jeżeli wyobrażamy sobie jakieś doświadczenie, tem samem już wyobrażamy sobie dwa wprost przeciwne sobie wyniki, które ono dać może. Jest to więc możliwe, aczkolwiek trudne, albowiem mamy tu do przezwyciężenia mnóstwo skojarzeń pojęciowych, będących owocem długoletniego doświadczenia osobistego i dłuższego jeszcze doświadczenia całych pokoleń. Czy o tych to właśnie skojarzeniach (lub o tych przynajmniej z pośród nich, które odziedziczyliśmy po naszych przodkach), mających stanowić ową formę *a priori*, powiadają nam, że znamy je przez intuicyę czystą? W takim jednak razie nie pojmuję, dlaczego mielibyśmy ogłosić ją [ową formę] jako oporną wszelkiej analizie i odmówić sobie prawa dochodzenia jej źródła.

Mówiąc, że czucia nasze są »rozciągłe« [»étendues«],

można jedno tylko przez to rozumieć, a mianowicie, że kojarzą się one zawsze z pojęciem pewnych czuć mięśniowych odpowiadających ruchom, które pozwoliłyby dosięgnąć wywołującego je przedmiotu, które — innemi słowy — pozwoliłyby nam obronić się przeciw nim. Dlatego też właśnie, że asocyacya ta jest użyteczna dla obrony organizmu, trwa ona od tak dawnych czasów w historyi rodzaju ludzkiego i wydaje się nam niezniszczalną. Bądź co bądź, jest to tylko asocyacya, i można pomyśleć sobie, że została zerwaną; nie należy więc twierdzić, że żadne czucie nie może wejść do świadomości nie wchodząc do przestrzeni, lecz tylko, że w rzeczy samej nie wchodzi ono do świadomości, o ile nie wchodzi do przestrzeni, t. j. o ile nie jest wplecione w tę asocyacyę.

Nie pojmuję też, jak można twierdzić, że pojęcie czasu jest logicznie późniejsze od przestrzeni dlatego, że nie możemy wyobrazić go sobie inaczej jak pod postacią linii prostej; zupełnie jak gdyby ktoś powiedział, że czas jest logicznie późniejszy od uprawy łąk dlatego, że powszechnie wyobrażamy go sobie uzbrojonym w kosę. Że nie można wyobrazić sobie jednocześnie różnych części czasu, rozumie się samo przez się; cecha bowiem istotna tych części polega na tem, że nie są one spółczesne. Nie chcę przez to powiedzieć, abyśmy nie posiadali intuicyi czasu. W takim razie, nie mielibyśmy też intuicyi przestrzeni, i jej bowiem nie możemy sobie, we właściwem słowa znaczeniu, wyobrazić, a to dla wyłuszczonych powyżej przyczyn. To, co pod nazwą prostej sobie wyobrażamy, jest grubym obrazem, który do prostej geometrycznej jest również mało podobny jak do samego czasu.

Dlaczegóż powiada się, że wszelkie usiłowania udzielenia przestrzeni czwartego wymiaru redukują go zawsze do jednego z trzech innych? Nietrudno to zrozumieć. Rozpatrzmy nasze czucia mięśniowe i »szeregi«, które tworzyć mogą. Na skutek licznych doświadczeń pojęcia tych szeregów skojarzyły się ze sobą w splot bardzo zawiły; szeregi nasze

sklasyfikowały się. Niechaj mi wolno będzie, dla łatwiejszego wysłowienia się, wyrazić myśl moją w postaci zupełnie nieociosanej, a nawet nieścisłej, a mianowicie — powiedzieć, że szeregi nasze czuć mięśniowych są rozdzielone na trzy klasy odpowiadające trzem wymiarom przestrzeni. Klasyfikacya ta jest, oczywiście, bardziej zawiła; wystarczy to jednak do zrozumienia mej myśli. Oto, chcąc wyobrazić sobie czwarty wymiar, założę istnienie jeszcze jednego szeregu czuć mięśniowych, który stanowić będzie część czwartej klasy. Ponieważ jednak wszystkie moje czucia mięśniowe weszły już do jednej z poprzednich trzech klas, przeto mogę sobie wyobrazić tylko szereg należący do jednej z tych trzech klas, tak iż czwarty mój wymiar sprowadza się do jednego z tamtych trzech.

Czegóż to dowodzi? Oto tego, że należałoby nasamprzód znieść dawną klasyfikacyę i zastąpić ją przez inną, w której szeregi czuć mięśniowych byłyby rozmieszczone na cztery klasy. Trudność znikłaby wówczas.

Przedstawia się ją czasami w sposób bardziej uderzający. Przypuśćmy, że jestem zamknięty w pokoju między sześcioma ścianami nieprzekraczalnemi, t. j. między czterema murami, sufitem i podłogą; nie będę mógł wyjść z tego pokoju, ani też wyobrazić sobie, że wychodzę. — Przepraszam, czy nie może Pan sobie wyobrazić, że drzwi się otwierają albo że rozstępują się dwie ściany? — Lecz, odpowiedzą mi, rozumie się, iż zakładamy, że ściany pozostają nieruchome.— Dobrze, lecz ja sam oczywiście mam prawo się poruszać; w takim zaś razie ściany, według założenia—nieruchome bezwzględnie, będą w ruchu względnym w stosunku do mnie.— Istotnie, lecz podobny ruch względny nie może być dowolny; skoro przedmioty jakieś znajdują się w spoczynku, ruch ich względem jakichkolwiek osi jest ruchem bryły niezmiennej; otóż, owe ruchy pozorne, które sobie Pan wyobraża, nie są w zgodzie z prawami ruchu bryły niezmiennej. — Słusznie, lecz jeno doświadczenie nauczyło nas praw ruchu takiej bryły; nic więc nie przeszkadzałoby mi wyobrazić sobie, że

prawa te są inne. Jednem słowem, dla wyobrażenia sobie, że wychodzę z mego więzienia, powinienbym tylko wyobrazić sobie, że, gdy się poruszam, ściany zdają się rozstępować.

Jeżeli tedy przez przestrzeń mamy rozumieć trójwymiarowe continuum matematyczne, chociażby bezpostaciowe zresztą, natenczas zdaniem mojem, można powiedzieć, że jest ona dziełem umysłu, lecz umysł nie buduje jej z niczego, a trzeba mu w tym celu materyałów i modeli. Otóż, zarówno materyały te jak i modele preegzystują w nim. Nie istnieje atoli jedyny jakiś model, który miałby mu się narzucać; ma on różne do wyboru; może wybierać, naprzykład, między przestrzenią o czterech wymiarach a przestrzenią trójwymiarową. Jakaż tedy jest rola doświadczenia? Oto przy wyborze tym daje mu ono wskazówki.

Jeszcze jedna uwaga. Skąd pochodzi charakter ilościowy przestrzeni? Wypływa on z roli, jaką w genezie jej odgrywają szeregi czuć mięśniowych. Szeregi te mogą się powtarzać, a z powtarzania się ich wynika właśnie liczba, jeżeli zaś przestrzeń jest nieskończona [1]), to dlatego, że szeregi te mogą się powtarzać bezgranicznie. Pod koniec § 3-go widzieliśmy, wreszcie, że dlatego również przestrzeń jest względna. Powtarzanie tedy zrodziło istotne cechy przestrzeni; otóż, powtarzanie implikuje czas; wynikałoby stąd, że czas logicznie poprzedza przestrzeń.

§ 7. — Rola przewodów półkolistych.

Aż dotąd nie mówiłem jeszcze o roli pewnych narządów, którym fizyologowie słusznie przypisują kapitalne znaczenie; mam na myśli przewody półkoliste. Liczne doświadczenia okazały wyraźnie, że przewody te są niezbędne dla naszego zmysłu oryentacyjnego; fizyologowie atoli niezupeł-

---

[1]) W tekście jest: »infini«. Lepiej atoli byłoby powiedzieć nieograniczona. *(Przyp. tłum.).*

nie zgadzają się ze sobą; powstały dwie przeciwne teorye: jedna Macha-Delage'a, druga Cyona.

Cyon jest fizyologiem, który wsławił się przez ważne odkrycia dotyczące innerwacyi serca; w zajmującej nas tu sprawie nie mógłbym atoli pogodzić się z jego poglądami. Ponieważ nie jestem fizyologiem, nie będę krytykował doświadczeń, które wytoczył on przeciw teoryi Macha-Delage'a; zdaje mi się jednak, że nie są przekonywające, gdyż w wielu z nich zmieniano ciśnienie w całej rozciągłości jednego z przewodów, podczas gdy fizyologicznie zmienia się różnica ciśnień panujących na obydwu krańcach przewodu, — w innych znowu (doświadczeniach) narządy uległy poważnemu okaleczeniu, co powinnoby zmienić ich funkcye.

Mniejsza zresztą o to; gdyby doświadczenia te były nawet bez zarzutu, mogłyby się sprzeciwiać jedynie dawniejszej teoryi, nie przemawiałaby jednak za nową teoryą. Istotnie, o ile zrozumiałem tę teoryę, dość będzie wyłożyć ją tu, aby przekonać czytelnika, że mogące ją potwierdzić doświadczenie nie daje się zgoła pomyśleć.

Jedyna funkcya trzech par przewodów polegałaby, według tej teoryi, na powiadamianiu nas, że przestrzeń ma trzy wymiary. Myszy japońskie mają tylko dwie pary przewodów; sądzą one, jak zdawałoby się, że przestrzeń dwa tylko posiada wymiary, i objawiają pogląd ten w nader dziwny sposób: ustawiają się one w krąg, tak iż każda następna ma swój nos pod ogonem poprzedniej, i w takiem uszykowaniu zaczynają szybko biedz dookoła. Minogi morskie, jednę tylko parę przewodów posiadające, sądzą, że przestrzeń ma jeden tylko wymiar, acz objawiają to w sposób mniej gwałtowny.

Oczywiste, że na podobną teoryę zgodzić się nie można. Zadanie narządów zmysłowych polega na tem, aby powiadamiać nas o zmianach zachodzących w świecie zewnętrznym. Nie możnaby pojąć, dlaczego Stwórca miałby nam dać narządy, których przeznaczeniem byłoby nawoły-

wać bezustannie: »pamiętaj, że przestrzeń ma trzy wymiary«,— skoro liczba tych wymiarów nie podlega żadnym zmianom.

Należy tedy powrócić do teoryi Macha-Delage'a. Nerwy owych przewodów mogą nas powiadamiać jedynie o różnicy ciśnień wywieranych na krańcach jednego i tegoż samego przewodu, a dzięki temu:

1⁰) o kierunku pionowej względem trzech osi niezmiennie związanych z głową;

2⁰) o trzech składowych przyspieszenia ruchu postępowego środka ciężkości głowy;

3⁰) o siłach odśrodkowych wytwarzanych przez obrót głowy:

4⁰) o przyspieszeniu ruchu obrotowego głowy.

Z doświadczeń Delage'a wynika, że ostatni z tych punktów jest najważniejszy, niewątpliwie dlatego, że nerwy są mniej czułe na samą różnicę ciśnienia, niż na nagłe zmiany tej różnicy. Wobec tego trzy pierwsze punkty można nawet zaniechać.

Znając dla każdej chwili przyspieszenie ruchu obrotowego głowy, wyprowadzamy stąd, przez nieświadome całkowanie, końcową oryentacyę głowy w stosunku do pewnej oryentacyi początkowej. Przewody półkoliste przyczyniają się tedy do powiadomienia nas o wykonanych przez nas ruchach, a to z tegoż samego tytułu, co czucia mięśniowe. Mówiąc więc powyżej o szeregu S lub o szeregu Σ, powinniśmy byli powiedzieć, że nie są to szeregi samych tylko czuć mięśniowych, lecz szeregi złożone zarówno z czuć mięśniowych i czuć zawdzięczanych przewodom półkolistym. Po za tym dodatkiem, powyższe nasze wywody nie wymagałyby żadnej zresztą zmiany.

W szeregach S i Σ czucia odpowiadające przewodom półkolistym zajmują oczywiście nader ważne miejsce. Same przez się nie wystarczałyby one jednak; mogą nas one bowiem powiadamiać jedynie o ruchach głowy, lecz nie mówią nam niczego o ruchach względnych kadłuba lub członków w stosunku do głowy: Zdaje się nadto, że pouczają nas

one jedynie co do ruchu obrotowego głowy, lecz nie co do możliwych jej ruchów postępowych.

CZĘŚĆ DRUGA.

NAUKI FIZYCZNE.

Rozdział piąty.

Analiza i Fizyka.

I.

Niewątpliwie, zapytywano częstokroć, do czego służy matematyka i czy wszystkie te subtelne konstrukcye, które całkowicie z umysłu naszego wysnuwamy, nie są sztuczne i zrodzone przez kaprys nasz.

Między ludźmi, którzy zwracają się do nas z tem pytaniem, należy jednak uczynić pewne odróżnienie. Ludzie praktyczni wymagają od nas jedynie, abyśmy im wskazali sposób zarobienia pieniędzy. Tacy nie zasługują nawet na odpowiedź; ich to raczej powinnibyśmy zapytać, po co gromadzić tyle bogactw i czy, aby mieć czas na ich zdobycie, godzi się zaniedbywać sztukę i naukę, skoro one jedynie umożliwiają nam korzystanie z bogactw

et propter vitam vivendi perdere causas.

Nauka zresztą, tworzona jedynie w widoku zastosowań, jest niemożliwą; prawdy są płodne wówczas tylko, gdy wiążą się jedne z drugiemi. Gdy chwytać się będziemy tych jedynie, po których spodziewamy się niezwłocznego rezultatu, zbraknie ogniw pośrednich, a więc też i łańcucha.

Ci nawet, którzy najwięcej gardzą teoryą, znajdują w niej bezwiednie codzienne swe pożywienie; gdyby nie to, postęp zatrzymałby się rychło i popadlibyśmy niebawem w nieruchomość chińską.

Dość już jednak zajmowaliśmy się zatwardziałymi pra-

ktykami. Po za nimi są tacy, których zaciekawia tylko przyroda i którzy zapytują nas, czy możemy ich lepiej z nią zapoznać.

Aby im odpowiedzieć wystarczy pokazać im poprostu wzniesione już dwa pomniki: Mechaniki Niebieskiej i Fizyki Matematycznej.

Przyznaliby nam oni niezawodnie, że pomniki te warte były naszych zachodów. Nie dość jednak na tem.

Matematyka ma cel trojaki. Powinna przedewszystkiem dostarczać nam środków do badania przyrody. Oprócz tego jednak ma ona cel filozoficzny i, jak ośmieliłbym się dodać, cel estetyczny.

Powinna być pomocną filozofowi w zgłębianiu pojęć liczby, przestrzeni i czasu.

Nadewszystko zaś adepci matematyki znajdują w niej roskosze podobne do tych, które daje muzyka i malarstwo. Podziwiają oni subtelną harmonię liczb i form, zachwycają się, gdy nowe jakieś odkrycie otwiera przed nimi nieoczekiwaną perspektywę, — a radość, której wówczas doznają, czyż nie posiada cech estetycznych, aczkolwiek zmysły nie biorą w tem żadnego udziału? Prawda, że do pełnego roskoszowania się nią powołana jest nieliczna tylko garstka wybranych, lecz czyż nie dzieje się podobnie w dziedzinie najszlachetniejszych sztuk pięknych?

Dlatego też nie waham się powiedzieć, że matematyka zasługuje, aby uprawiać ją dla niej samej, i to zarówno w swych działach nie dających stosować się do fizyki, jak we wszystkich innych.

Gdyby nawet cel fizyczny nie kojarzył się z celem estetycznym, to i tak nie powinnibyśmy zrzec się ani jednego, ani drugiego.

Nie dość na tem; dwa te cele są nieodłączne, i najlepszy sposób dopięcia jednego polega na tem, aby dążyć do drugiego, a przynajmniej nie tracić go z oczu. To właśnie pragnąłbym okazać, rozważając szczegółowiej istotę sto-

sunków zachodzących między nauką czystą a jej zastosowaniami.

Matematyk dla fizyka nie powinien być zwyczajnym dostawcą wzorów; między jednym a drugim powinny zawiązać się ściślejsze stosunki spółpracownictwa.

Fizyka matematyczna i analiza czysta są to nietylko dwa pograniczne mocarstwa, podtrzymujące dobre stosunki sąsiedzkie, lecz mocarstwa, które przenikają się wzajemnie i tym samym są ożywione duchem.

Zrozumiemy to lepiej, gdy zobaczymy ile fizyka czerpie z matematyki i ile, wzamian, matematyka zapożycza od fizyki.

II.

Fizyk nie może wymagać od analityka, by objawił mu nową prawdę, lecz najwyżej tylko, by pomógł mu ją przeczuć.

Oddawna już nikt nie marzy o wyprzedzeniu doświadczenia lub o zbudowaniu całego świata na kilku pohopnych hypotezach. Ze wszystkich tych konstrukcyj, któremi przed stu jeszcze laty lubowano się naiwnie, dziś pozostały jedynie ruiny.

Wszystkie więc prawa są wyprowadzone z doświadczenia; dla wysłowienia ich atoli niezbędny jest język specyalny; zwykły nasz język jest zbyt biedny, i zbyt nieokreślony zresztą, aby mógł nadawać się do wyrażenia stosunków tak subtelnych, urozmaiconych i ścisłych.

Oto więc pierwszy powód, dla którego fizyk nie może się obejść bez matematyki: ona to jedynie dostarcza mu języka, którym mówić może.

A dobrze utworzony język bynajmniej nie jest sprawą obojętną; że pozostaniemy w dziedzinie fizyki: ten, kto wynalazł wyraz c i e p ł o, liczne oddał pokolenia na pastwę błędu. Uważano ciepło jako substancyę dlatego poprostu, że było ono oznaczone przez rzeczownik, i dlatego też przypisywano mu niezniszczalność. Ten natomiast, kto wynalazł

wyraz elektryczność, miał niezasłużone szczęście obdarzenia fizyki nowem prawem, prawem zachowania elektryczności, które, czystym przypadkiem, okazało się słusznem — do obecnej przynajmniej chwili.

Otóż, aby dalej snuć to porównanie, pisarze, którzy upiększają język, uważając go jako przedmiot sztuki, czynią zeń jednocześnie narzędzie bardziej giętkie, nadające się lepiej do oddania odcieni myśli.

Pojmujemy tedy, jak analityk, mający cele czysto estetyczne, przyczynia się tem samem do stworzenia języka, który lepiej zadowolić może fizyka.

Nie dość tego; prawo wyłania się z doświadczenia, lecz nie bezpośrednio. Doświadczenie jest indywidualne, podczas gdy prawo, które zeń wyprowadzamy, jest ogólne; doświadczenie jest tylko przybliżone, prawo zaś jest dokładne, lub chce niem być przynajmniej. Doświadczenie wykonywa się zawsze w warunkach zawiłych, sformułowanie zaś prawa ruguje te komplikacye. Nazywa się to »poprawianiem błędów systematycznych«.

Jednem słowem, aby wysnuć prawo z doświadczenia należy uogólniać; konieczność ta narzuca się najoględniejszemu nawet obserwatorowi.

Jakże jednak uogólniać? Każda prawda szczególna daje się oczywiście rozszerzyć w nieskończenie wiele sposobów. Pośród tysięcy dróg, które się przed nami otwierają, należy, chociażby tylko prowizorycznie, uczynić pewien wybór. W wyborze tym cóż nam będzie przewodnikiem?

Może nim być jedynie analogia. Lecz jakże wyraz ten jest nieokreślony! Człowiek pierwotny znał tylko grube analogie, takie, które uderzają zmysły, które opierają się na barwach lub dźwiękach. Nie on to marzyłby o zestawieniu, naprzykład, światła z ciepłem promienistem.

Któż tedy nauczył nas poznawać analogie prawdziwe, głębokie, owe analogie, których oczy nie widzą, a które odgaduje rozum?

Oto duch matematyczny, który gardzi materyą (treścią)

by zająć się jedynie czystą formą. On to nauczył nas nazywać tem samem mianem rzeczy różniące się jedynie treścią, nazywać tak samo mnożenie kwaternionów, naprzykład, jak mnożenie liczb całkowitych.

Gdyby kwaterniony, o których wspomniałem, nie znalazły tak rychłego zastosowania w rękach fizyków angielskich, wielu widziałoby w nich niezawodnie tylko próżną mrzonkę; a przecież, naprowadzając nas na zestawienie tego, co pozory rozdzielają, kwaterniony przysposobiłyby już nas poniekąd do wniknięcia w tajniki przyrody.

Oto jakich usług oczekiwać może fizyk od analizy; w tym celu jednak analiza powinna być uprawiana w jaknajszerszym zakresie, bez względu na bezpośrednią użyteczność; innemi słowy, matematyk powinien pracować jak artysta.

Wymagamy od niego, aby pomógł nam widzieć i odróżniać drogę naszą w labiryncie, który się przed nami otwiera. Otóż, najlepiej widzi ten, co wzniósł się najwyżej.

Nie brak po temu przykładów, a ograniczę się tu do najwybitniejszych.

Pierwszy z nich wskaże nam, jak wystarcza zmienić sposób wysłowiania się, aby dostrzedz uogólnienia, których pierwotnie nie podejrzewało się nawet.

Gdy prawo Newtona zastąpiło prawa Keplera, znano jedynie ruch eliptyczny. Otóż, o ile chodzi o ten właśnie ruch, jedno i drugie różnią się od siebie tylko formalnie; od praw Keplera przechodzimy mianowicie do prawa Newtona za pomocą prostego różniczkowania.

A przecież, z prawa Newtona można wyprowadzić, na drodze bezpośredniego uogólnienia, wszystkie skutki zakłóceń [perturbacyj] i całą mechanikę niebieską. Gdyby natomiast zachowano pierwotne wysłowienie praw Keplerowskich, nie uważanoby nigdy orbit planet zakłócanych, owych zawiłych krzywych, których równania nikt jeszcze nie napisał, nie uważanoby ich nigdy—powiadam—jako naturalne uogólnienia elipsy. Postęp samych obserwacyj przyczyniłby się jedynie do wywołania wiary w chaos.

Warto się również zastanowić nad drugim naszym przykładem.

Gdy Maxwell rozpoczął swą pracę, prawa elektrodynamiki uznawane aż do jego czasów zdawały sprawę ze wszystkich znanych faktów. Nie osłabiło ich też jakieś nowe doświadczenie.

Rozważając je atoli z nowego punktu widzenia, Maxwell spostrzegł, że równania stają się symetryczniejsze, skoro dodaje się do nich pewien wyraz; z drugiej zaś strony wyraz ten był zbyt mały, aby wywołać, przy dawniejszych metodach, skutki dostrzegalne.

Wiadomo, że aprioryczne przepowiednie Maxwella czekały dwadzieścia lat na potwierdzenie doświadczalne, lub też, że Maxwell wyprzedził doświadczenie o dwadzieścia lat.

Co poprowadziło go do tego tryumfu?

Otóż to, że Maxwell przejął się do głębi poczuciem symetryi matematycznej; czyż jednak nastąpiłoby to, gdyby inni już przed Maxwellem nie zajmowali się tą symetryą gwoli samej jej piękności?

Maxwell nawykł do »myślenia wektorami«; jeżeli jednak wprowadzono wektory do analizy, to stało się to dzięki teoryi wielkości urojonych. Ci zaś, którzy wymyślili wielkości urojone, nie podejrzewali nawet, jak wielka wyniknie z nich korzyść dla badań świata rzeczywistego; dowodziłaby tego sama chociażby nazwa, którą wielkościom tym nadali.

Maxwell, jednem słowem, nie był może wprawnym analitykiem, lecz dar taki byłby dla niego tylko zbytecznym i krępującym balastem. Posiadał on natomiast rozwinięty do najwyższego stopnia i subtelny zmysł analogij matematycznych. Dlatego to zdziałał on tyle na polu fizyki matematycznej.

Przykład Maxwella jest też skądinąd pouczający.

Jak należy traktować równania fizyki matematycznej? Czy mamy z nich wysnuwać poprostu wszelkie wnioski i uważać je jako rzeczywistość nietykalną? Bynajmniej. Powinny nas one uczyć nadewszystko, co można i co należy

w nich zmienić. W ten tylko sposób możemy z nich istotnie korzystać.

Trzeci wreszcie przykład okaże nam, jak możemy spostrzegać analogie matematyczne między zjawiskami, które pod względem fizycznym nie mają ze sobą żadnego związku, ani pozornego, ani rzeczywistego, tak iż prawa jednego z tych zjawisk pomagają nam odgadnąć prawa drugiego.

Jedno i to samo równanie, mianowicie równanie Laplace'a, napotykamy w teoryi przyciągania newtonowskiego, w teoryi ruchu cieczy, w teoryi potencyału elektrycznego, w teoryi magnetyzmu, w teoryi przewodnictwa ciepła i w wielu innych jeszcze.

Cóż stąd wynika? Teorye te wydają się obrazami przekalkowanemi jedne z drugich; wyświetlają się one wzajemnie, zapożyczając od siebie języka; zapytajcie elektryków, czy nie są szczęśliwi, że wynaleźli nazwę »przepływu siły« [*flux de force*], którą nasunęła im hydrodynamika i teorya ciepła[1]).

Tak więc analogie matematyczne nietylko naprowadzają nas na odgadywanie analogij fizycznych, lecz nie przestają też być użytecznemi, gdy te nie dopisują.

Jednem słowem, cel fizyki matematycznej nie polega jedynie na tem, aby ułatwić fizykom obliczenie numeryczne pewnych stałych lub całkowanie pewnych równań różniczkowych, lecz również, i nadewszystko — , aby zapoznać fizyka z ukrytą harmonią rzeczy, ukazując mu je w nowem oświetleniu.

Ze wszystkich działów analizy najwyższe i, że tak powiem, najczystsze będą właśnie najpłodniejszemi w rękach tych, którzy umieją się niemi posługiwać.

III.

Zobaczmy teraz, co analiza zawdzięcza fizyce.

Należałoby chyba zapomnieć zupełnie historyę nauki, aby nie pamiętać, że żądza poznania przyrody wywierała na rozwój matematyki wpływ ciągły i najpomyślniejszy.

---

[1]) t. j. teorya przewodnictwa ciepła. (Przyp. tłum.).

Przedewszystkiem fizyk zadaje nam problematy, których rozwiązania po nas się spodziewa. Lecz zadając je nam, tem samem już wynagradza nam sowicie usługi, które będziemy mogli mu oddać, skoro uda się nam je rozwiązać.

Jeżeli czytelnik pozwoli mi snuć dalej porównanie ze sztukami pięknemi, powiem, że czysty matematyk, który zapomniałby o istnieniu świata zewnętrznego, przypominałby malarza, umiejącego harmonijnie kojarzyć barwy i kształty, któremu jednak nie dopisują modele. Jego potęga twórcza wyczerpałaby się rychło.

Kombinacyj, które tworzyć mogą liczby i symbole, istnieje nieskończone mnóstwo. Z mnóstwa tego jakże wybierzemy te, które zasługują na ześrodkowanie naszej uwagi? Czyż jedynym naszym przewodnikiem miałby być nasz kaprys? Kaprys ten, który zresztą również znużyłby się rychło, odprowadziłby nas niewątpliwie bardzo daleko jednych od drugich, tak iż niebawem przestalibyśmy rozumieć się wzajemnie.

Lecz najmniejsza jeszcze o to.

Fizyka, bez wątpienia, nie pozwoli nam zbłądzić, lecz uchroni nas ona nadto od poważniejszego jeszcze niebezpieczeństwa: nie pozwoli nam kręcić się ustawicznie w tem samem kole.

Historya dowodzi, że fizyka nietylko zmuszała nas do wyboru z pośród zagadnień, które zjawiały się tłumnie, lecz narzucała nam takie, o których bez niej nie śnilibyśmy nigdy.

Jakkolwiek urozmaiconą byłaby wyobraźnia ludzka, przyroda jest tysiąckrotnie bogatszą jeszcze. Aby pójść w jej ślady, musimy wybrać drogi, które zaniedbalibyśmy, a drogi te częstokroć prowadzą nas ku szczytom, z których odkrywamy nowe pejzaże. Cóż może być bardziej użytecznem?!

Ze symbolami matematycznemi rzecz ma się podobnie jak z rzeczywistością fizyczną; li tylko przez porównywanie różnych stron rzeczy możemy zrozumieć wewnętrzną ich harmonię, a ta jedynie jest piękną, a więc też godną naszych wysiłków.

Pierwszy przykład, który przytoczę, jest tak stary, iż

łatwo możnaby o nim zapomnieć; pomimo to jest on jednak najważniejszy ze wszystkich.

Jedynym przedmiotem naturalnym myśli matematycznej jest liczba całkowita. Świat zewnętrzny dopiero narzucił nam *continuum*; sami, bez wątpienia, wynaleźliśmy je wprawdzie, lecz świat zewnętrzny zmusił nas do wynalezienia go.

Bez niego nie byłoby analizy nieskończonostkowej; cała matematyka sprowadziłaby się do arytmetyki lub do teoryi podstawień [substytucyj].

Badaniu continuum poświęciliśmy jednak cały nasz czas i wszystkie nasze siły Któż będzie tego żałował; któż sądzić będzie, że czas ten i siły są stracone?

Analiza rozwija przed nami widnokręgi nieskończone, których istnienia nie podejrzewa nawet arytmetyka: pokazuje nam ona przy jednym rzucie oka zespół wspaniały o układzie prostym a symetrycznym; w teoryi liczb natomiast, gdzie panują stosunki nieprzewidziane, wzrok, że tak powiem, zostaje wstrzymany na każdym kroku.

Niezawodnie odpowiedzą nam na to, że poza liczbą całkowitą niema ścisłości, a więc też prawdy matematycznej, że ukrywa się ona wszędzie i że wciąż starać się należy, aby pokrywające ją zasłony stały się przezroczyste, chociażbyśmy dzięki temu mieli narazić się na nieskończone powtórzenia.

Nie bądźmy jednak takimi purystami, a czujmy raczej wdzięczność dla continuum; jeżeli bowiem w s z y s t k o wynika z liczby całkowitej, ono to jedynie mogło t y l e z niej wysnuć.

Czy nie jest zresztą zbytecznem przypominać, że Hermite wyciągnął zdumiewającą korzyść z wprowadzenia do teoryi liczb zmiennych ciągłych? Tak więc sama też dziedzina właściwa liczb całkowitych została zdobyta, a dzięki temu najściu zapanował porządek, tam gdzie dawniej panował nieład.

Oto co zawdzięczamy pojęciu continuum, a tem samem i przyrodzie fizycznej.

Szereg Fouriera jest drogocennem narzędziem, którem analiza ustawicznie się posługuje; dzięki niemu to udało się

jej przedstawić funkcye nieciągłe; jeżeli wynalazł go Fourier, to dlatego, aby z jego pomocą rozwiązać pewne zagadnienie fizyczne dotyczące przewodnictwa ciepła. Gdyby nie to zagadnienie, które nasunęło się w sposób naturalny, nie zdobytoby się nigdy na przyznanie praw należnych funkcyom nieciągłym i długo jeszcze uważanoby funkcye ciągłe jako jedyne funkcye prawdziwe.

Pojęcie funkcyi rozszerzyło się, dzięki temu, znacznie i doznało, za sprawą kilku analityków-logików, nieoczekiwanego zgoła rozwoju. Analitycy ci zapuścili się tym sposobem w krainy, w których najczystsza panuje abstrakcya, i oddalili się możliwie od świata rzeczywistego. Sposobności ku temu dostarczyło im przecież zagadnienie z dziedziny fizyki.

W ślad za szeregiem Fouriera inne też podobne szeregi wkroczyły do dziedziny analizy; weszły one przez te same wrota: wynaleziono je bowiem z widokiem zastosowań.

Podobną była też historya równań o pochodnych cząstkowych drugiego rzędu; i ona to bowiem rozwinęła się głównie dzięki fizyce i dla fizyki. Może ona atoli w wielu różnych występować postaciach; równanie bowiem tego rodzaju nie wystarcza do wyznaczenia funkcyi niewiadomej, lecz należy doń dodać pewne warunki uzupełniające, które noszą miano warunków granicznych, — stąd zaś mnóstwo wypływa różnych zagadnień.

Gdyby analitycy poszli w ślad naturalnych swych dążeń, poznaliby jedynie tylko z tych zagadnień, to mianowicie, które w znakomitej swej rozprawie rozważała Kowalewska.

Istnieje jednak mnóstwo innych, których byliby nigdy nie poznali.

Każda z teoryj fizycznych, teorya elektryczności, teorya ciepła, przedstawia nam te równania z nowej strony. Rzec więc można, że gdyby nie one, nie znalibyśmy równań różniczkowych cząstkowych.

Zbytecznem byłoby nadal jeszcze mnożyć przykłady. Powiedziało się dość, by można było zakonkludować: gdy fizycy żądają od nas rozwiązania jakiegoś zagadnienia, po-

winniśmy poczuwać się względem nich do wdzięczności raczej, niż uważać to za ciężki obowiązek, którym nas obarczają.

IV.

Nie dość na tem; fizyka nietylko nastręcza nam sposobność do rozwiązywania zagadnień, lecz pomaga nam również do znalezienia środków po temu, a to w dwojaki sposób.

Po pierwsze — umożliwia nam ona przewidywanie rozwiązania, po drugie — podsuwa nam rozumowania.

Wspomniałem wyżej o równaniu Laplace'a, które napotykamy w mnóstwie najbardziej odległych od siebie teoryj fizycznych. Odnajdziemy je też w geometryi, w teoryi odwzorowania, i w analizie czystej, w teoryi wielkości sprzężonych.

Tak więc analityk, badając funkcye zmiennych sprzężonych, oprócz obrazu geometrycznego, którym zwykle się posługuje, ma też do wyboru różne obrazy fizyczne, z których korzystać może z niemniejszem powodzeniem.

Dzięki tym właśnie obrazom może on jednym rzutem oka objąć to, co dedukcya czysta odsłaniałaby mu stopniowo tylko. Tym sposobem jednoczy on rozproszone elementy rozwiązania, i wiedziony pewnego rodzaju intuicyą, odgaduje zanim jeszcze zdołał udowodnić.

Odgadnąć zanim się dowiodło! Mamże przypominać, że na tej to właśnie drodze dokonano wszystkich wielkich odkryć.

Ileż jest, prawd, które analogie fizyczne pozwalają nam przeczuć, a których nie możemy jeszcze ustanowić drogą ścisłego rozumowania!

Fizyka matematyczna wprowadza, naprzykład, wiele różnych rozwinięć w szeregi. Rozwinięcia te są zbieżne, nikt o tem nie wątpi; brak atoli pewności matematycznej.

W każdem z nich tkwi pewna zdobycz dla przyszłych badaczy.

Z drugiej strony, fizyka dostarcza nam nietylko rozwiązań, lecz poniekąd również sposobów rozumowania.

Dość będzie przypomnieć, jak to Klein, w kwestyi dotyczącej powierzchni Riemanna, uciekł się do własności prądów elektrycznych.

Prawda, że rozumowania tego rodzaju nie są ścisłe, w znaczeniu, które analityk nadaje temu słowu. Pod tym też względem nasuwa się pytanie, jak dowodzenie, niedość ścisłe dla analityka, może wystarczyć fizykowi. Zdawałoby się, że nie może być dwóch gatunków ścisłości, że ścisłość jest lub że jej niema, i że tam, gdzie jej niema, nie może też być rozumowania. Pozorny ten paradoks zrozumiemy lepiej, skoro przypomnimy sobie, w jakich warunkach liczba stosuje się do zjawisk przyrodzonych.

Skąd pochodzą wogóle trudności, które napotykamy przy dążeniu do ścisłości? Zdarza się to niemal zawsze, ilekroć chcemy okazać, że taka a taka wielkość dąży do takiej a takiej granicy, lub też, że jakaś funkcya jest ciągła, lub też wreszcie —, że posiada ona pochodną.

Otóż wielkości, wymierzane przez fizyka doświadczalnie, znane mu są zawsze tylko w przybliżeniu; z drugiej zaś strony, jakakolwiek funkcya różni się zawsze tak mało, jak tylko chcemy, od funkcyi nieciągłej i podobnie też różni się dowolnie mało od funkcyi ciągłej.

Fizyk może tedy wedle swego upodobania przypuścić, że badana przezeń funkcya jest ciągła, lub też, że jest nieciągła, że posiada ona pochodną, lub też, że jej nie posiada,— nie obawiając się bynajmniej, aby zadało mu kłam jakiekolwiek doświadczenie aktualne lub przyszłe. Pojmiemy łatwo, że przy takiej swobodzie może on drwić z trudności, które wstrzymywałyby analityka.

Może on zawsze rozumować tak, jak gdyby wszystkie w rachunkach jego występujące funkcye były wielomianami całkowitemi.

Tak więc szkic wystarczający dla celów fizyki jest różny od rozumowania, którego wymaga analiza. Nie wynika

stąd jednak, aby pierwszy nie mógł być pomocny do znalezienia drugiego.

Tyle już szkiców fizycznych przeistoczono na ścisłe dowodzenia, że przekształcenie takie stało się już obecnie łatwem.

Przykładów mógłbym przytoczyć mnóstwo, gdybym nie obawiał się znużyć czytelnika.

Sądzę, iż dość powiedziałem, aby okazać, że analiza czysta i fizyka matematyczna mogą sobie służyć wzajemnie nie ponosząc względem siebie żadnych ofiar, i że każda z tych nauk powinna cieszyć się wszystkiem tem, co posuwa naprzód drugą, sprzymierzoną jej naukę.

Rozdział szósty.

Astronomia.

Rządy i parlamenty powinnyby uważać, że Astronomia jest jedną z tych nauk, które kosztują najwięcej: najmniejszy przyrząd kosztuje setki tysięcy franków, najmniejsze obserwatoryum kosztuje miliony; każde zaćmienie pociąga za sobą subsydya dodatkowe. A wszystko to dla gwiazd, które są tak odległe, którym są obce zupełnie nasze walki wyborcze i które prawdopodobnie nigdy nie wezmą w nich udziału. Widać, że nasi mężowie stanu zachowali jeszcze pewien idealizm, pewien nieokreślony instynkt do tego, co jest wielkie; zaprawdę, sądzę, że rzucono na nich oszczerstwo; wypadałoby zachęcić ich i okazać im, że instynkt ich nie myli, że idealizm ten ich nie zwodzi.

Możnaby, zapewne, mówić im o marynarce, której znaczenia nikt nie będzie zapoznawał, a która bez astronomii obejść się nie może. Lecz nie byłoby to najważniejszym jeszcze punktem sprawy.

Astronomia jest użyteczna, ponieważ wznosi nas ponad

własny nasz poziom, ponieważ jest wielka, ponieważ jest piękna; oto co należałoby im powiedzieć. Ona to pokazuje nam, jak małym jest człowiek cieleśnie i jak wielkim duchowo; umysł jego bowiem objąć może cały ten bezmiar świetlny, w którym ciało jego jest tylko ciemnym punktem, i napawać się jego milczącą harmonią. Osiągamy tym sposobem świadomość naszej siły, tego zaś nigdy przepłacić nie możemy, świadomość ta bowiem potęguje jeszcze nasze siły.

Nadewszystko zaś pragnąłbym okazać, w jakim stopniu astronomia ułatwiła pracę innym, bezpośredniej użytecznym naukom; ona to bowiem przysposobiła duszę naszą do pojmowania przyrody.

Wyobraźmy sobie tylko, w jakim stopniu zmalałaby ludzkość, gdyby, żyjąc pod niebem ustawicznie chmurami pokrytem, jakiem powinnoby być niebo Jowisza, nie poznała nigdy gwiazd. Czyż w podobnym świecie bylibyśmy tem, czem jesteśmy? Pojmuję oczywiście, że pod tem ciemnem sklepieniem bylibyśmy pozbawieni światła słonecznego, niezbędnego dla organizmów takich, jakie zamieszkują ziemię. Lecz, jeśli chcecie, wyobraźmy sobie nawet, że chmury te fosforyzują, rozlewając dokoła światło łagodne i stałe. Skoro już jesteśmy w toku tworzenia hypotez, możemy pozwolić sobie na jeszcze jedną. Otóż, powtarzam moje pytanie: Czy w świecie takim bylibyśmy tem, czem jesteśmy?

Oto gwiazdy ślą nam nietylko owo światło widzialne i grube, które wpada do naszych oczu cielesnych, lecz również światło niezrównanie subtelniejsze, które oświeca umysł nasz, a którego skutki pragnąłbym tu okazać. Wiemy, czem był na ziemi człowiek przed tysiącami lat, a czem jest dzisiaj. Samotny w otoczeniu przyrody, w której wszystko było dlań tajemnicą, przerażając się przy każdym nieoczekiwanym objawie sił niepojętych, mógł on w biegu wszechświata upatrywać kaprys jedynie; przypisywał on wszelkie zjawiska działaniu mnóstwa drobnych duchów, fantastycznych i wymagających, i aby módz działać i żyć na świecie, starał się zjednać ich sobie środkami podobnemi do tych, których uży-

wa się dla uzyskania łaski jakiegoś ministra lub deputowanego. Niepowodzenie nawet nie oświecało go, podobnie jak za naszych czasów ludzie, starający się o łaskę, doznawszy odmowy, nie zniechęcają się do tego stopnia, aby zaprzestać zabiegów.

Obecnie nie staramy się już o łaski Przyrody, lecz rozkazujemy jej, albowiem odsłoniliśmy już kilka jej tajemnic i codziennie jeszcze nowe odkrywamy. Rozkazujemy jej w imię praw, których ona cofnąć nie może, gdyż są to własne jej prawa; nie zwracamy się do niej z szalonem żądaniem, aby prawa swe zmieniła; przeciwnie, sami im się poddajemy. *Naturae non imperatur nisi parendo.*

Jakiejże zmiany musiały doznać umysły nasze, aby przejść z pierwotnego stanu do obecnego! Czyż zmieniłyby się one tak szybko, gdyby nie nauka idąca od gwiazd, gdyby nie to, że niebo nasze nie jest — jak przypuściłem przed chwilą — ustawicznie zachmurzone? Czy możliwa byłaby ta metamorfoza, a przynajmniej — czy nie odbyłaby się ona znacznie powolniej?

Przedewszystkiem zaś astronomia to nauczyła nas, że istnieją prawa. Chaldejczycy, którzy pierwsi z pewną uwagą spoglądali na niebo, pojmowali niezawodnie, że to mnóstwo punktów świetlnych nie jest bezładnym rojem błądzącym na oślep, lecz raczej wojskiem wyćwiczonem w karności. Prawidła tej karności nie były im znane, zapewne, lecz harmonijne widowisko nocy gwieździstej wystarczało, aby wywrzeć na nich wrażenie prawidłowości,—a to już było wiele. Prawidła te zresztą poznali stopniowo, jedno za drugiem: Hipparch, Ptolomeusz, Kopernik, Kepler, aż wreszcie Newton (co zbytecznem jest niemal przypominać) sformułował najstarsze, najdokładniejsze, najprostsze i najogólniejsze ze wszystkich praw przyrody.

Wówczas zaś, przykładem tym zachęceni, zaczęliśmy uważniej spoglądać na mały nasz świat ziemski i tu również, pod osłoną pozornego nieładu, odnaleźliśmy ową harmonię, z którą zapoznało nas badanie nieba. Świat ten nasz ró-

wnież jest prawidłowy, również podlega prawom niezachwianym, które jednak — dzięki pozornemu między sobą konfliktowi — są bardziej zawiłe, tak iż oko, nieprzywykłe do innych widowisk, dostrzegałoby tu jedynie chaos i królowanie przypadku lub kaprysu. Gdybyśmy nie znali gwiazd, pewne może odważniejsze umysły usiłowałyby przewidzieć zjawiska fizyczne; częste jednak byłyby ich niepowodzenia, i wywołaliby tylko śmiech gminu; czyż za naszych jeszcze czasów nie widzimy, jak meteorologowie mylą się niekiedy, i jak pewni ludzie nie mogą się przy tem powstrzymać od śmiechu.

Ileż razy fizycy, przy takich niepowodzeniach, zniechęciliby się, gdyby ufności ich nie podtrzymywał ów świetny przykład tryumfu astronomii! On to wskazał im, że Przyroda podlega prawom; pozostawało tylko dowiedzieć się, jakim prawom; do tego trzeba im było jedynie cierpliwości, od sceptyków zaś mieli oni prawo wymagać czasu.

Nie dość na tem; astronomia nauczyła nas nietylko, że istnieją prawa, lecz że nie można się im sprzeciwić, ani też wchodzić z niemi w układy; ileż trzebaby nam było czasu, aby to zrozumieć, skoro znalibyśmy jedynie świat ziemski, gdzie każdą siłę elementarną widzimy zawsze jakby w walce z innemi siłami? Nauczyła nas ona, że prawa są nieskończenie dokładne, i że jeśli te, które sami formułujemy, są przybliżone, to dlatego jedynie, że nie znamy ich dobrze. Arystoteles, umysł w starożytności najbardziej naukowy, przyznawał jeszcze pewną rolę wypadkowi, trafowi, i zdawał się sądzić, że prawa przyrody, na ziemi przynajmniej, odźwierciadlają tylko główne zarysy zjawisk. Ileż jednak wzmagająca się ustawicznie ścisłość przepowiedni astronomicznych przyczyniła się do wyświetlenia podobnego błędu, dzięki któremu przyroda mogłaby stać się niezrozumiałą.

Lecz prawa te czyż nie są lokalne, zmienne od punktu do punktu, jak prawa ustanawiane przez ludzi; czy to, co jest prawdą w jednym zakątku świata, na naszym chociażby globie, lub w małym naszym układzie słonecznym, nie prze-

stanie nią być, gdy posuniemy się nieco dalej? W takim zaś razie, czyż prawa — zależne od przestrzeni — nie mogłyby również zależeć od czasu, czy nie są one poprostu nawyknieniami [zwyczajami], a więc czemś przejściowem, efemerycznem? Na to również pytanie odpowiada nam astronomia. Spójrzmy na gwiazdy podwójne; wszystkie mają za orbity przecięcia stożkowe; jakkolwiek daleko sięga więc teleskop, nie dotarł on jeszcze do granic dziedziny posłusznej prawu Newtona.

Sama nawet prostota tego prawa służy nam za dobrą naukę; ileż zjawisk zawiłych zawiera się w krótkiem jego brzmieniu; ci, którzy nie rozumieją mechaniki niebieskiej, mogą zdać sobie z tego sprawę, bacząc chociażby na pokaźną objętość dzieł poświęconych tej nauce; w takim zaś razie można mieć nadzieję, że zawiłość zjawisk fizycznych zasłania również przed wzrokiem naszym nie wiem jak prostą, nieznaną jeszcze przyczynę.

Astronomia tedy wskazała nam, jakie są cechy ogólne praw przyrody; śród nich atoli istnieje jedna, najsubtelniejsza i najważniejsza, nad ktorą czytelnik pozwoli mi zatrzymać się nieco dłużej.

Jak pojmowali porządek wszechświata starożytni, naprzykład Pytagoras, Platon lub Arystoteles? Był on dla nich albo niezmiennym, raz na zawsze utrwalonym typem, albo ideałem, do którego świat starał się zbliżyć. Tak jeszcze sądził nawet Kepler, gdy starał się dojść, naprzykład, czy odległości planet od słońca nie mają jakiegoś związku z pięcioma wielościanami prawidłowemi. Myśl ta nie zawierała wprawdzie żadnej niedorzeczności, lecz byłaby jałową, albowiem przyroda nie tak właśnie jest zbudowana. Newton to okazał nam, że prawo nie jest niczem innem, jak tylko niezbędnym związkiem między stanem teraźniejszym świata i jego stanem bezpośrednio późniejszym. Wszystkie też inne, od czasów jego odkryte prawa są takiemi właśnie związkami, czyli, jednem słowem, równaniami różniczkowemi; astronomia jednak do-

starczyła nam po temu pierwszego modelu, a gdyby nie to, błąkalibyśmy się zapewne bardzo długo jeszcze.

Ona też nauczyła nas najlepiej nie ufać pozorom. Gdy Kopernik dowiódł, że to, co uważano jako najbardziej stałe, znajduje się w ruchu, to zaś, co uważano za ruchome, jest w spoczynku, okazał on nam przez to, do jakiego stopnia mogą być złudne rozumowania dziecięce, które wynikają wprost z naszych bezpośrednich danych zmysłowych; tryumf jego myśli nie obył się bez trudności, zapewne, — lecz po tym tryumfie niema już tak zakorzenionego przesądu, abyśmy nie mogli go wykorzenić. Czyż da się ocenić wartość zdobytej tym sposobem nowej broni?

Starożytni sądzili, że wszystko było stworzone dla człowieka, a złudzenie to jest chyba w wysokim stopniu uporczywe, skoro należy je zwalczać ustawicznie. Przecież jednak musimy się od niego uwolnić, jeżeli nie chcemy pozostać wiecznymi krótkowidzami, niezdolnymi do ujęcia prawdy. Kto chce zrozumieć przyrodę, musi umieć wyjść ze siebie samego, że tak powiem, i spoglądać na nią z wielu różnych punktów widzenia; inaczej pozna on tylko jedną jej stronę. Otóż ten, co wszystko sprowadza do własnej swojej osoby, nie będzie umiał wyjść ze siebie samego. Któż więc wyzwolił nas z owego złudzenia? Oto ci, którzy pokazali nam, że ziemia jest tylko jedną z najmniejszych planet układu słonecznego i że sam ten układ słoneczny jest tylko punktem niedostrzegalnym w nieskończonym przestworze wszechświata gwiazdowego.

Astronomia nauczyła nas również nie obawiać się wielkich liczb, a to było koniecznem nietylko dla poznania nieba, lecz i dla poznania samej ziemi; nie było to zaś tak łatwe, jak zdaje się nam dzisiaj.

Sprobujmy cofnąć się wstecz i wyobrazić sobie, co pomyślałby sobie grek starożytny, gdyby mu powiedziano, że światło czerwone drga czterysta bilionów razy na sekundę. Podobne twierdzenie wydałoby mu się, bez żadnej wątpliwości, czystem szaleństwem, i nie zniżyłby się on nigdy do

sprawdzenia go. Dziś hypoteza jakaś nie wyda się już niedorzeczną dlatego, że zmusza nas do wyobrażenia sobie przedmiotów znacznie większych lub znacznie mniejszych od tych, które możemy dostrzedz naszemi zmysłami, tak iż nie pojmujemy już owych skrupułów, które wstrzymywały naszych przodków i przeszkadzały im pokrywać pewne prawdy jedynie dlatego, że obawiali się ich oni. Dlaczegóż to? Oto dlatego, że niebo rosło ustawicznie przed naszemi oczyma, dlatego, że wiemy, że słońce znajduje się w odległości 150 milionów kilometrów od ziemi i że odległości najbliższych nawet gwiazd są setki tysięcy razy większe jeszcze. Przywykli do rozważania nieskończenie wielkiego, nauczyliśmy się też pojmować nieskończenie małe. Dzięki temu to wychowaniu wyobraźnia nasza, jakby oko orle, którego nie oślepia słońce, może spoglądać wprost w oblicze prawdy.

Czyż nie miałem więc racyi, mówiąc, że do pojmowania przyrody uzdolniła umysł nasz astronomia, że pod ustawicznie zachmurzonem i pozbawionem gwiazd niebem sama nawet ziemia byłaby dla nas wiecznie niepojętą, że widzielibyśmy na niej kaprys jedynie i nieład, i że, nie znając świata, nie moglibyśmy go ujarzmić? Jakaż nauka mogłaby być użyteczniejszą? Mówiąc zaś to, stawiam się w położenie tych, którzy cenią tylko zastosowania praktyczne. Nie jest to, z pewnością, moim punktem widzenia; przeciwnie, jeżeli podziwiam zdobycze przemysłu, to przedewszystkiem dlatego, że uwalniając nas od trosk materyalnych, dadzą one kiedyś jeszcze wszystkim możność kontemplacyi przyrody; nie powiadam więc, że nauka jest użyteczną, gdyż uczy nas budować maszyny, lecz — że maszyny są użyteczne, gdyż wyręczając nas w pracy, zostawią nam kiedyś więcej czasu do zajmowania się nauką. Należy zresztą zaznaczyć, że między jednym a drugim punktem widzenia niema niezgody, i że tym, którzy bezinteresownie dążyli do jakiegoś celu, wszystko inne samo już w dodatku przypadło w udziele.

August Comte — nie wiem, w jakiem miejscu — powie-

dział, że nie wartoby starać się o poznanie składu słońca, gdyż wiedza ta nie dałaby się zgoła zużytkować dla socyologii! Jakże mógł on być tak krótkowidzącym? Czyż nie widzieliśmy dopiero co, że dzięki astronomii właśnie ludzkość przeszła (że użyję własnego jego sposobu mówienia) ze stanu teologicznego do stanu pozytywnego? Z tego to zdawał on sobie sprawę, gdyż to było już za jego czasów faktem dokonanym.

Lecz jakże mógł nie zrozumieć, że to, co pozostawało do zrobienia, było niemniej ważne i mogło stać się niemniej użytecznem? Astronomia fizyczna, którą Comte, zdawałoby się, że potępia, zaczęła już być płodną i będzie nią w znaczniejszym jeszcze stopniu; datuje ona bowiem od niedawna.

Przedewszystkiem tedy poznano naturę słońca, której założyciel pozytywizmu chciał nam zabronić, i znaleziono tam ciała, które istnieją na ziemi, a których dawniej na słońcu nie dostrzeżono, jak naprzykład helium, ów gaz prawie tak lekki jak wodór. To już zadało kłam Comte'owi. Spektroskopowi atoli zawdzięczamy niezrównanie cenniejsze jeszcze wiadomości; w najodleglejszych nawet gwiazdach ukazuje on nam te same substancye; gdyby nie to, możnaby zapytać, czy pierwiastki ziemskie nie powstały dzięki jakiemuś wypadkowemu zbiegowi okoliczności, który zbliżył atomy subtelniejsze, aby zbudować z nich owe bardziej złożone twory, które chemicy nazywają »atomami«,—i czy w innych dziedzinach wszechświata inne, również wypadkowe spotkania nie mogły zrodzić tworów zupełnie odmiennych. Otóż wiemy obecnie, że tak bynajmniej nie jest, że natomiast prawa naszej chemii są prawami ogólnemi przyrody i że nie zawdzięczają one niczego trafowi, który zrządził, że urodziliśmy się na ziemi.

Lecz — odpowie ktoś — astronomia dała już innym naukom wszystko, co dać mogła, i obecnie, gdy niebo dostarczyło nam przyrządów umożliwiających badanie przyrody ziemskiej, mogłoby ono bez żadnego niebezpieczeństwa pokryć się już chmurami na zawsze. Czyż po tem, co się po-

wiedziało wyżej, należy jeszcze odpowiedzieć na podobny zarzut? W ten sam sposób możnaby było rozumować za czasów Ptolomeusza; wówczas też bowiem ludzie sądzili, że wiedzą wszystko, podczas gdy jeszcze wszystkiego prawie mieli się dopiero nauczyć.

Gwiazdy są to wspaniałe pracownie, olbrzymie tygle, o jakich żaden chemik nie mógłby marzyć. Panują tam temperatury, których urzeczywistnienie dla nas jest niemożliwe. Jedyna ich wada polega na tem, że są nieco oddalone; lecz teleskop zbliży je do nas, a wówczas zobaczymy, jak zachowuje się w nich materya. Co za szczęście dla fizyka i chemika!

Materya ukaże się tam oczom naszym w tysiącach różnych stanów, począwszy od owych gazów rozrzedzonych, które — jak się zdaje — tworzą mgławice i płoną jakiemś tajemniczem światłem, aż do gwiazd rozżarzonych i planet, tak bliskich a przecież tak różnych od naszej ziemi.

Być może, że gwiazdy nawet pouczą nas kiedyś co do życia; wydaje się to snem bezmyślnym, i bynajmniej nie widzę, jak mógłby się on urzeczywistnić? czyż jednak przed stu laty chemia gwiazd nie wydawałaby się również marzeniem bezmyślnem?

Jeżeli jednak ograniczymy się do bliższych nawet widnokręgów, pozostaną nam zawsze jeszcze widoki dość ponętne. Jeżeli przeszłość dała nam wiele, możemy być pewni, że przyszłość da nam więcej jeszcze.

Jednem słowem, nikt nie uwierzyłby, jak użyteczną dla ludzkości była wiara w astrologię. Jeżeli Kepler i Tycho-Brahe żyć mogli, to dlatego, że sprzedawali naiwnym królom przepowiednie oparte na konjunkturach gwiazd. Gdyby ci panujący nie byli tak łatwowierni, wierzylibyśmy może wciąż jeszcze w to, że przyroda podlega kaprysowi, i dziś jeszcze bylibyśmy pogrążeni w nieświadomości.

Rozdział Siódmy.

Historya fizyki matematycznej.

Przeszłość i przyszłość fizyki.—Jaki jest stan obecny fizyki matematycznej? Jakie są jej zagadnienia? Jaką przyszłość ma przed sobą? Czy kierunek jej ma się obecnie ku zmianie? Czy cel i metody tej nauki przedstawiać się będą bezpośrednim następcom naszym za lat dziesięć w tem samem świetle, co nam obecnie, czy też przeciwnie będziemy świadkami gruntownej przemiany? Oto są pytania, które przy rozpoczęciu naszego badania zadać sobie musimy.

Jeżeli jednak łatwo jest je postawić, trudno natomiast na nie odpowiedzieć. Gdybyśmy nawet czuli w sobie chęć zaryzykowania jakiegoś prognostyku, oparlibyśmy się łatwo tej pokusie, pomnąc na wszystkie głupstwa, które wypowiedzieliby najwybitniejsi nawet uczeni z przed stu laty, gdyby ich zapytano, jaką będzie nauka XIX-go stulecia. Uważaliby się oni za śmiałych w swych przepowiedniach, lecz nam obecnie jakże wydaliby się bojaźliwi! Niechaj więc czytelnik nie spodziewa się po mnie żadnego proroctwa.

Jeżeli jednak, jak każdy ostrożny lekarz, wzdragam się przed postawieniem prognozy, nie mogę przecież powstrzymać się od małej diagnozy; otóż, istotnie, nie brak pewnych wskazówek, po których możnaby się spodziewać poważnego przesilenia; zdaje się, że żyjemy w przededniu ważnych przemian. Wszelako nie należy się zbytnio niepokoić. Jesteśmy pewni, że chora nie umrze, a możemy spodziewać się nawet, że przesilenie to będzie zbawienne; historya bowiem przeszłości, jak się zdaje, może służyć nam w tym względzie za rękojmię. Istotnie, nie pierwsze to przesilenie, i aby je zrozumieć, dobrze będzie przypomnieć sobie te, które je poprzedzały. Czytelnik więc pozwoli mi wpleść tu niewielki szkic historyczny.

Fizyka sił centralnych. — Fizyka matematyczna powstała, jak wiemy, z mechaniki niebieskiej, która ją zro-

dziła pod koniec XVIII-go stulecia, w chwili gdy sama dopięła zupełnego rozwoju. W pierwszych swych latach szczególniej dziecię w uderzający sposób przypominało swą matkę.

Wszechświat astronomiczny składa się z mas, bardzo wielkich wprawdzie, lecz oddzielonych od siebie tak olbrzymiemi odległościami, iż wydają nam się one punktami materyalnemi; punkty te przyciągają się w stosunku odwrotnym do kwadratu odległości, a przyciąganie to stanowi jedyną siłę, która wpływa na ich ruch. Gdyby jednak zmysły nasze były dość subtelne, aby ukazać nam wszystkie szczegóły badanych przez fizyków ciał, mielibyśmy widowisko niewiele różne od tego, które rozpatruje astronomia. Tu również widzielibyśmy punkty materyalne o odległościach wzajemnych olbrzymich w stosunku do ich wymiarów i biegnące w prawidłowy sposób po pewnych orbitach. Nieskończenie małe te gwiazdy są to atomy. Podobnie jak właściwe gwiazdy, przyciągają lub odpychają się one, a przyciąganie to lub odpychanie, zachodzące wzdłuż łączącej je prostej, zależy jedynie od wzajemnej ich odległości. Prawem, według którego siła ta zmienia się wraz z odległością, nie jest może prawo Newtona, lecz inne jakieś, analogiczne prawo; zamiast wykładnika — 2 mamy prawdopodobnie inny wykładnik, a z tej właśnie odmienności wykładnika wypływa może cała różnorodność zjawisk fizycznych, cały ów świat barwny i dźwięczny, który nas otacza, cała — jednem słowem — przyroda.

Taką jest koncepcya pierwotna, w całej swej czystości. Pozostaje jedynie do zbadania, jaką w różnych wypadkach należy przypisać wartość owemu wykładnikowi, aby zbadać sprawę ze wszystkich faktów. Na tym to wzorze oparł, naprzykład, Laplace piękną swą teoryę włoskowatości; uważa on ją poprostu jako pewien wypadek szczególny przyciągania, a raczej, jak sam mówi, ciążenia powszechnego, i nikt nie dziwi się temu, iż znajduje ją wśród treści jednego z pięciu tomów Mechaniki Niebieskiej. W nowszych nieco czasach Briot sądzi, iż przeniknął do najgłębszych tajników optyki, skoro udało mu się dowieść, że atomy eteru przy-

ciągają się w stosunku odwrotnym do 6-ej potęgi odległości; Maxwell zaś, sam nawet Maxwell, czyż nie powiada w pewnem miejscu, że atomy gazu odpychają się w stosunku odwrotnym do 5-ej potęgi odległości. Mamy tedy wykładnik — 6 lub — 5, zamiast — 2, lecz zawszeć jest to pewien wykładnik.

Pośród teoryj tej epoki jedyna tylko stanowi wyjątek, a mianowicie Fouriera teorya przewodnictwa [czyli rozchodzenia się] ciepła; i tu wprawdzie mamy atomy, które działają wzajemnie na odległość, przesyłając sobie wzajemnie pewne ilości ciepła, — lecz nie przyciągają się one, nie ruszają się z miejsca. Pod tym względem teorya Fouriera musiała wydawać się spółczesnym, a nawet samemu Fourierowi, jakby niedoskonałą i prowizoryczną.

Koncepcya ta nie była pozbawiona pewnej okazałości; była ona ponętną, i wielu z nas jeszcze nie zrzekło się jej ostatecznie, wiedząc, że do ostatnich elementów rzeczy można będzie dotrzeć jedynie przez cierpliwe rozsnuwanie owej zawiłej tkaniny, którą dają nam zmysły, że należy postępować krok w krok, nie zaniedbując żadnego stopnia przejściowego, że przodkowie nasi nie mieli słuszności, gdy pragnęli przeskoczyć pewne etapy i sądzili, że gdy dotrzemy wreszcie do ostatnich owych elementów, odnajdziemy majestatyczną prostotę Mechaniki Niebieskiej.

Nie była też koncepcya ta bez korzyści; oddała nam ona nieocenioną usługę, albowiem przyczyniła się do wytworzenia w umyśle naszym ściślejszego pojęcia zasadniczego prawa fizycznego. Jakże bowiem pojmowali prawo starożytni? Było ono dla nich pewną harmonią wewnętrzną, statyczną, że tak powiem, i niezmienną,—albo też było jakby modelem [wzorem], który przyroda usiłowała naśladować. Dla nas prawo bynajmniej nie posiada już takiego znaczenia, lecz jest raczej pewnym stałym związkiem między zjawiskiem dzisiejszem a jutrzejszem, jednem słowem, jest ono równaniem różniczkowem.

Oto jest idealna postać prawa fizycznego, a przyoblekło

się w nią po raz pierwszy właśnie prawo Newtona. Jeżeli postać ta zaaklimatyzowała się później w dziedzinie fizyki, to dlatego mianowicie, że starano się możliwie najwierniej naśladować to prawo Newtona, że usiłowano naśladować Mechanikę Niebieską. Tę to właśnie myśl starałem się zresztą uwydatnić w rozdziale szóstym.

Fizyka zasad. — Nadszedł jednak dzień, w którym koncepcya sił centralnych nie wydawała się już wystarczającą, a to właśnie stanowiło pierwszy z kryzysów, o którym wspomniałem przed chwilą.

Cóż uczyniono wówczas? Wyrzeczono się chęci wniknięcia w szczegóły dotyczące budowy wszechświata, wyodrębnienia części tego olbrzymiego mechanizmu, zbadania poszczególnych sił, które go wprawiały w ruch — i zadowolono się wyborem pewnych zasad ogólnych jako przewodników, zasad, mających właśnie na celu zwolnienie nas od podobnego badania drobiazgowego. W jakiż to sposób? Wyobraźmy sobie, że mamy przed oczyma jakąś maszynę; widzialne są jedynie jej ogniwa [koła]: początkowe i końcowe, wszelkie natomiast transmisye lub koła pośrednie, które przenoszą ruch od jednego do drugiego, są ukryte wewnątrz maszyny i wymykają się z pod naszych zmysłów; nie wiemy, czy ruch przenosi się za pomocą kół zębatych, czy też pasów, za pomocą korb lub też innych urządzeń. Czyż powiemy, iż nic w maszynie tej nie pojmujemy, dopóki nie wolno jej nam będzie rozebrać? Wiemy, że tak nie jest, i że wystarcza chociażby zasada zachowania energii, aby pouczyć nas co do punktu najbardziej godnego uwagi; możemy, naprzykład, stwierdzić łatwo, że koło początkowe obraca się dziesięć razy prędzej niż końcowe, — obadwa bowiem są widzialne; stąd już możemy wywnioskować, że para [sił] przyłożona do koła początkowego zrównoważy parę dziesięć razy większą, przyłożoną do końcowego. W tym celu bynajmniej nie mamy potrzeby wniknąć do mechanizmu tej równowagi ani też wiedzieć, jak siły skompensują się wewnątrz ma-

szyny; wystarcza upewnić się, że kompensacya taka nie może nie zachodzić.

Otóż zasada zachowania energii tę samą może nam oddać usługę względem wszechświata. Jest to również maszyna, niezrównanie zawilsza niż wszelkie maszyny przemysłowe, a której wszystkie niemal części są przed nami głęboko ukryte; obserwując jednak ruch tych części, które są dla nas widzialne, możemy przy pomocy tej zasady wysnuć stąd pewne wnioski, które pozostaną prawdziwemi, jakiekolwiek byłyby szczegóły ożywiającego je mechanizmu niewidzialnego.

Zasada zachowania energii, czyli zasada Meyera, jest niezawodnie najważniejszą, lecz nie jedyną; istnieją też inne, z których również dobrze korzystać możemy, a mianowicie:

Zasada Carnota, czyli zasada degradacyi energii.

Zasada Newtona, czyli zasada równości działania i oddziaływania.

Zasada względności, według której prawa zjawisk fizycznych mają być też same dla spostrzegacza nieruchomego i dla spostrzegacza odbywającego ruch postępowy jednostajny, — tak iż nie posiadamy i mieć nie możemy żadnego sposobu odróżnienia, czy znajdujemy się w takim ruchu, czy też nie.

Zasada zachowania masy, czyli zasada Lavoisiera.

Do tych dodałbym jeszcze zasadę najmniejszego działania.

Zastosowania tych pięciu czy sześciu zasad ogólnych do różnych zjawisk fizycznych wystarczają, aby nas pouczyć, jakiej co do zjawisk tych wiedzy rozumnie spodziewać się możemy. Najbardziej godnym uwagi przykładem nowej tej fizyki matematycznej jest niewątpliwie Maxwellowska teorya elektromagnetyczna światła. Co to jest eter, jak są rozmieszczone jego cząsteczki, czy przyciągają się one czy też odpychają wzajemnie? Niczego o tem nie wiemy; wiemy atoli, że środowisko to przenosi zarówno zaburzenia optyczne jak i elektryczne; wiemy, że rozchodzenie się tych zaburzeń powinno się odbywać według ogólnych zasad mecha-

niki, a to wystarcza nam do ustanowienia równań pola elektromagnetycznego.

Zasady te są wynikami doświadczeń, uogólnionemi w znacznym stopniu; lecz ogólności swej zdają się one zawdzięczać nawet wysoki stopień pewności. Istotnie, im ogólniejsze są, tem częściej mamy sposobność je kontrolować, a sprawdzenia takie, mnożąc się coraz bardziej i przyoblekając w szaty nieoczekiwane i coraz to inne, usuwają wreszcie wszelki ślad wątpliwości.

Użyteczność dawniejszej fizyki. — Taką jest druga faza historyi fizyki matematycznej, i aż dotąd nie wyszliśmy z niej jeszcze. Powiemyż jednak, że pierwsza faza była niepotrzebną, że w ciągu pięćdziesięciu lat nauka szła po złej drodze, i że nie pozostaje nam co do niej nic innego, jak tylko zapomnieć o tylu nagromadzonych wysiłkach, które błędna koncepcya z góry już skazała na niepowodzenie? Bynajmniej. Czyż druga faza mogłaby istnieć bez pierwszej? Hypoteza sił centralnych zawierała w sobie wszystkie zasady; tkwiły one w niej jako wnioski niezbędne; zawierała ona zarówno zachowanie energii, jak i zachowanie mas, równość działania i oddziaływania, jakoteż prawo (zasadę) najmniejszego działania, które występowały — co prawda — nie jako prawdy doświadczalne, lecz jako twierdzenia, i których sformułowanie miało w sobie coś ściślejszego i zarazem mniej ogólnego, niż w obecnej ich postaci.

Ta właśnie fizyka matematyczna naszych przodków oswoiła nas stopniowo z różnemi temi zasadami; dzięki niej to przyzwyczailiśmy się do rozpoznawania ich pod różnemi szatami, w które się przyoblekają. Porównywano je z danemi doświadczalnemi; zrozumiano o ile należy zmienić ich sformułowanie, aby je do danych tych przystosować; dzięki temu zaś rozszerzono je i umocniono. Dzięki temu również zaczęto je uważać jako prawdy doświadczalne; wówczas zaś koncepcya sił centralnych stała się zbyteczną podporą, a raczej zawadą; przelewała bowiem na zasady swój charakter hypotetyczny.

Nie pękły więc ramy, albowiem były sprężyste, — lecz rozszerzyły się tylko; przodkowie nasi, którzy je zbudowali, nie pracowali nadaremnie, a w dzisiejszej jeszcze nauce rozpoznajemy ogólne linie nakreślonego przez nich szkicu.

Rozdział Ósmy.

Obecne przesilenie fizyki matematycznej.

Nowe przesilenie. — Czy wstępujemy obecnie w trzecią już fazę? Czy żyjemy w przededniu drugiego przesilenia? Zasady owe, na których wznieśliśmy gmach cały, czyż mają zapaść się z kolei? Od niejakiego czasu można zadawać sobie podobne pytania.

Przy tych moich słowach myślicie zapewne o radzie, owym wielkim rewolucyoniście obecnych czasów, — istotnie też przedmiotu tego dotknę niebawem; chodzi mi jednak o coś innego jeszcze. Sprawa bowiem nie dotyczy samego tylko zachowania energii; wszystkie pozostałe zasady również są w niebezpieczeństwie, co zobaczymy właśnie z kolejnego ich przeglądu.

Zasada Carnota. — Rozpoczniemy od zasady Carnota. Jest to jedyna zasada, która nie przedstawia się jako bezpośredni wniosek z hypotezy sił centralnych; ba nawet, zdaje się ona — jeśli nie wprost przeczyć tej hypotezie, to przynajmniej godzić się z nią jedynie dzięki pewnym tylko wysiłkom. Gdyby zjawiska fizyczne polegały wyłącznie na ruchu atomów, których przyciąganie wzajemne od samej tylko zależałoby odległości, zdawałoby się, iż wszystkie te zjawiska powinnyby być odwracalne; gdybyśmy odwrócili wszystkie prędkości początkowe, atomy te, podlegające zawsze tym samym siłom, powinny przebiegać pierwotne swe tory w kierunku wprost przeciwnym, podobnie jak ziemia biegłaby po obecnej swej orbicie eliptycznej, lecz w kierunku wstecz-

nym, gdyby warunki początkowe jej ruchu zostały odwrócone. Z tych tedy względów, skoro możliwe jest jakieś zjawisko fizyczne, powinnoby również być możliwe zjawisko odwrotne, innemi słowy — powinnibyśmy módz cofnąć się wstecz w biegu czasu. Otóż, w naturze tak nie jest, jak to głosi właśnie zasada Carnota: ciepło może przepływać z ciała cieplejszego na zimniejsze, niemożliwem zaś jest zmusić je następnie do odbycia drogi odwrotnej i odtworzyć tym sposobem różnice temperatury, które się zatarły. Ruch może uledz całkowitemu rozproszeniu, przeistaczając się mianowicie na ciepło, przez tarcie; przekształcenie odwrotne natomiast da się zawsze tylko częściowo uskutecznić.

Dla wyrównania pozornej tej sprzeczności nie szczędzono wysiłków. Jeśli świat dąży ku jednostajności, to nie dlatego, aby ostateczne jego składniki [części], pierwotnie niepodobne do siebie, dążyły do stopniowego zatarcia swych różnic, lecz dlatego, że poruszając się na chybił — trafił, zostają nareszcie pomieszane ze sobą. Dla oka, które mogłoby odróżnić wszystkie elementy, różnorodność byłaby zawsze również wielka jak pierwotnie; każde ziarnko tego pyłu zachowuje swą oryginalność, nie wzorując się bynajmniej na swych sąsiadach; ponieważ jednak proces mieszania się coraz bardziej się usubtelnia, tępe nasze zmysły dostrzegają wreszcie samą tylko jednostajność. Oto dlaczego, naprzykład, temperatury dążą do wyrównania się, a proces ten odwrócić się nie daje.

Niechaj kropla wina spadnie do szklanki wody; jakiekolwiek miałoby być prawo ruchu wewnętrznego cieczy, zobaczymy niebawem, jak woda zabarwia się jednostajnym odcieniem czerwonawym, a od tej chwili, przy najgwałtowniejszem nawet wstrząsaniu szklanki, wino i woda wydadzą się raz na zawsze nierozdzielnemi. Typ nieodwracalnego zjawiska fizycznego byłby tedy taki oto: ukryć ziarnko jęczmienia w kupie żyta jest nietrudno, ale odnaleść je znowu i wyjąć stamtąd — jest rzeczą praktycznie niemożliwą. Wszystko to wytłumaczyli już wprawdzie Maxwell i Boltzmann,

najwyraźniej jednak pojął to Gibbs w książce bardzo mało czytanej, albowiem trudnej nieco, a mianowicie w swych Zasadach Mechaniki Statystycznej [1]).

Z tego punktu widzenia zasada Carnota jest niedoskonałą tylko zasadą, ustępstwem pewnego rodzaju względem słabości naszych zmysłów; nie odróżniamy elementów mieszaniny dlatego, że oczy nasze są zbyt słabe; nie możemy ich oddzielić od siebie dlatego, że ręce nasze są zbyt grube; urojony demon Maxwellowski, który umie wyławiać poszczególne cząsteczki, mógłby natomiast zniewolić świat do cofnięcia się wstecz. Czy może on pójść wstecz sam przez się? Nie jest to niemożliwe, lecz tylko nieskończenie mało prawdopodobne; musielibyśmy prawdopodobnie długo czekać na taki zbieg okoliczności, przy którym świat zacząłby się cofać wstecz; lecz prędzej czy później, okoliczności te urzeczywistnią się, chociażby po upływie tak wielkiej liczby lat, iż dla napisania jej trzebaby milionów cyfr. Zastrzeżenia te jednak, czysto teoretyczne, nie były zbyt niepokojące, i zasada Carnota zachowywała nadal całą swą wartość praktyczną. Lecz oto następuje zmiana widowni. Biologowie, uzbrojeni w swe mikroskopy, oddawna już zauważyli w preparatach swych pewne nieuporządkowane ruchy małych cząstek zawieszonych; nazywa się to ruchem Browna. Z początku biologowie sądzili, że jest to zjawisko życiowe, niebawem jednak przekonali się, że ciała nieożywione tańczą z również wielkim zapałem jak inne; wówczas zaś oddali sprawę tę fizykom. Niestety, fizycy przez długi czas byli obojętni dla niej; powiadali oni: dla oświetlenia preparatu mikroskopowego zwykło się koncentrować światło, któremu towarzyszy zawsze cie-

---

[1]) Jedno atoli z najbardziej zasadniczych twierdzeń Gibbsa zawartych w tem dziele, a mianowicie to, które dotyczy dążenia roju układów (niezakłócających się wzajemnie) do stanu równowagi statystycznej jest najzupełniej błędne, jak to wykazałem w pracy p. t. *»Statistica dei sistemi non perturbati«, Nuovo Cimento,* V. Vol. XI, fascicolo 1—2. Piza 1906. *(Przyp. tłumacza).*

pło; stąd zaś nierówności temperatury i prądy wewnętrzne w cieczy, które wytwarzają owe ruchy.

Gouy atoli powziął myśl bliższego przyjrzenia się sprawie i zrozumiał, we własnem przynajmniej przekonaniu, że tłumaczenie to nie wytrzymuje krytyki; spostrzegł on, że ruchy te stają się tem żywsze, im mniejsze są cząstki, lecz nie zależą bynajmniej od sposobu oświetlenia. Jeżeli tedy ruchy te nie ustają, a raczej odradzają się ustawicznie bez żadnych zasiłków ze strony jakiegoś źródła zewnętrznego, cóż mamy o tem sądzić? Zapewne, nie powinniśmy wobec tego zrzec się zasady zachowania energii, lecz w każdym razie widzimy naocznie, że bądź to ruch zamienia się przez tarcie na ciepło, bądź znowu odwrotnie ciepło przeistacza się na ruch, przyczem nic się nie zatraca, ruch bowiem trwa ustawicznie: to zaś sprzeciwia się zasadzie Carnota. W takim zaś razie, aby zobaczyć świat w ruchu wstecznym nic potrzebujemy już subtelnych oczu demona Maxwellowskiego,—wystarcza nam mikroskop nasz. Ciała zbyt wielkie, mające np. $\frac{1}{10}$ milimetra w średnicy, są wprawdzie wystawione ze wszystkich swych stron na uderzenia poruszających się atomów, nie ruszają się jednak z miejsca, albowiem zderzenia te są bardzo liczne, zaś prawo przypadku chce, aby się wzajem kompensowały; mniejsze natomiast cząstki doznają zbyt nielicznych uderzeń, aby kompensacya taka zachodzić miała napewno, to też kołyszą się nieustannie. Oto więc jedna już z naszych zasad znajduje się w niebezpieczeństwie.

Zasada względności. — Przejdźmy z kolei do zasady względności. Ta znowu nietylko znajduje potwierdzenie w codziennem doświadczeniu, nietylko jest niezbędnym wnioskiem wypływającym z hypotezy sił centralnych, lecz narzuca się naszemu zdrowemu rozsądkowi z siłą nieprzezwyciężoną; a przecież i w niej również uczyniono wyłom. Weźmy dwa ciała naelektryzowane; chociaż zdaje się nam, że są one w spoczynku, obadwa przecież poruszają się wraz z ziemią; lecz, jak nauczył nas Rowland, ładunek elektryczny w ruchu jest równoważny prądowi elektrycznemu; dwa

te ciała więc będą równoważne dwóm prądom zgodnie równoległym, prądy zaś takie powinny się przyciągać. Otóż, zmierzywszy to przyciąganie, zmierzylibyśmy tem samem prędkość ziemi, i to nie prędkość jej względem słońca lub gwiazd stałych, lecz bezwzględną jej prędkość.

Wiem dobrze, co odpowiedzą mi na to; oto, że w ten sposób nie zmierzylibyśmy prędkości bezwzględnej ziemi, lecz prędkość jej względem eteru. Lecz jakże niezadawalającą byłaby taka odpowiedź! Czyż nie pojmujemy, że z tak zrozumianej zasady nie da się już nic wysnuć? Dlatego właśnie, iż nie obawiałaby się ona żadnego zaprzeczenia, nie mogłaby już ona niczego nas nauczyć. Skoro uda się nam zmierzyć coś, będziemy zawsze mogli powiedzieć, że nie jest to prędkość bezwzględna, a jeśli nie jest prędkością względem eteru, będzie to zawsze mogło być prędkością względem jakiegoś nowego, nieznanego płynu, którym wypełnilibyśmy przestrzeń.

Doświadczenie też podjęło się zburzenia podobnej interpretacyi zasady względności; wszelkie próby zmierzenia prędkości ziemi względem eteru spełzły na niczem. Tym razem fizyka doświadczalna była bardziej wierną zasadom, niż fizyka matematyczna; teoretycy, gwoli pogodzenia innych swych poglądów ogólnych, nie wzdragaliby się poświęcić tę zasadę; doświadczenie jednak uwzięło się, aby ją potwierdzić. Zmieniano środki badania w najrozmaitsze sposoby, aż wreszcie Michelson posunął dokładność do ostatnich granic; nic to jednak nie pomogło. Dla wytłumaczenia tej właśnie uporczywości muszą obecnie matematycy rozwijać całą swą pomysłowość.

Niełatwe było ich zadanie, jeśli zaś Lorentz dał sobie z nim radę, to jedynie kosztem nagromadzenia nowych hypotez.

Najdowcipniejszym był pomysł czasu lokalnego. Wyobraźmy sobie dwóch obserwatorów chcących nastawić [uregulować] swe zegary za pomocą sygnałów optycznych; wymieniają oni między sobą sygnały, wiedząc jednak, że przeno-

szenie się światła nie jest momentalne, nie zapominają o potrzebie krzyżowania sygnałów. Gdy stacya B odbiera sygnał ze stacyi A, zegar jej nie powinien wskazywać tej samej godziny, co zegar stacyi A w chwili wysłania sygnału, lecz godzinę zwiększoną o pewną wielkość stałą wyobrażającą trwanie przesyłki. Przypuśćmy np., że stacya A wysyła swój sygnał w chwili gdy zegar jej wskazuje godzinę zero i że stacya B odbiera ten sygnał, gdy zegar jej wskazuje godzinę t. Powiadamy, że zegary są uregulowane, jeżeli opóźnienie równe t przedstawia trwanie przesyłki, aby zaś to sprawdzić, stacya B ze swej strony wysyła sygnał, gdy zegar jej wskazuje zero; wówczas stacya A powinna go odebrać w chwili gdy zegar jej wskazuje t. Wówczas zegary są wzajemnie uregulowane.

Istotnie, wskazują one tę samą godzinę w tej samej chwili fizycznej, pod jednym atoli warunkiem, a mianowicie jeżeli obie stacye są nieruchome. W przeciwnym bowiem razie trwanie przesyłki nie będzie toż same w jednym i drugim kierunku, gdyż stacya A posuwa się, naprzykład, ku zaburzeniu optycznemu wysłanemu z B, podczas gdy stacya B ucieka przed zaburzeniem wysłanem z A. Zegary więc tak uregulowane nie będą wskazywały prawdziwego czasu, lecz to, co możnaby nazwać czasem lokalnym, tak iż jeden z nich będzie się spóźniał względem drugiego. Nic nam jednak na tem nie zależy, gdyż nie mamy żadnego sposobu, aby to dostrzec. Wszystkie zjawiska zachodzące w A będą się np. spóźniały, lecz wszystkie w jednakowym stopniu, i obserwator nie dostrzeże tego, gdyż spóźnia się również jego zegar; tak więc, jak tego chce zasada względności, nie będzie on miał żadnego sposobu dowiedzenia się, czy znajduje się w spoczynku czy też w ruchu bezwzględnym.

To jednak nie wystarcza, niestety, i należy uciec się do uzupełniających jeszcze hypotez; należy przypuścić, że ciała znajdujące się w ruchu skracają się jednostajnie w kierunku swego ruchu. Jedna np. ze średnic ziemi jest, dzięki ruchowi

naszej planety, skrócona o $\frac{1}{200000000}$, podczas gdy inne[1]) jej średnice zachowują normalną swą długość. Tym to sposobem wyrównywają się ostatnie niewielkie różnice. Następnie mamy jeszcze hypotezę dotyczącą siły, według której wszelkie siły, jakiegokolwiek zresztą pochodzenia, a więc zarówno siły ciężkości jak siły sprężyste, mają być zmniejszone w pewnym stosunku w świecie obdarzonym ruchem postępowym jednostajnym, —a raczej mają być zmniejszone składowe tych sił prostopadłe do kierunku ruchu; składowe bowiem równoległe doń mają być niezmienne. Wróćmy tedy do naszego przykładu dwóch ciał naelektryzowanych; ciała te [naelektryzowane jednoimiennie] odpychają się, lecz jednocześnie, skoro obadwa są w jednostajnym ruchu postępowym, zachowują się jak dwa prądy zgodnie równoległe, a więc przyciągają się wzajemnie.

To przyciąganie elektrodynamiczne należy tedy odjąć od odpychania elektrostatycznego, tak iż całkowite odpychanie jest mniejsze, niż gdyby dwa te ciała były w spoczynku. Ponieważ jednak dla zmierzenia tego odpychania musimy je zrównoważyć przez inną jakąś siłę, wszystkie zaś inne siły są w tym samym stosunku zmniejszone, nie spostrzegamy żadnej różnicy. Wydawałoby się tedy, że sprawa jest zupełnie załatwiona. Czy jednak rozwiane są wszelkie wątpliwości? Cóżby się stało, gdyby można było porozumiewać się za pomocą sygnałów już nie optycznych i rozchodzących się z prędkością różną od prędkością światła, — gdyby więc, po uregulowaniu zegarów sposobem optycznym, chciano sprawdzić to za pomocą nowych tych sygnałów i gdyby stwierdzono na tej drodze pewne zboczenia ujawniające wspólny obydwu stacyom ruch postępowy? A sygnały podobne czyż nie dają się pomyśleć, skoro wraz z Laplacem przypuścimy, że ciążenie powszechne rozchodzi się milion razy prędzej niż światło?

---

[1]) t. j. prostopadłe do tamtej średnicy (wziętej w kierunku ruchu), a więc też prostopadłe do kierunku ruchu. *(Przyp. tłum.)*

Tak więc w ostatnich czasach broniono mężnie zasady względności, lecz sama chociażby energiczność tej obrony dowodzi, jak poważnym był napad.

Zasada Newtona. — Przejdźmy teraz do zasady Newtona, t. j. do równości działania i oddziaływania. Jest ona ściśle związana z poprzednią, i zdaje się, że upadek jednej pociągnąłby za sobą upadek drugiej. Nie powinniśmy tedy dziwić się, skoro i tu napotkamy te same trudności. Powiedziałem już wyżej, że nowe teorye poświęciłyby tę zasadę.

Zjawiska elektryczne, według teoryi Lorentza, powstają dzięki przesunięciom małych cząstek naładowanych, elektronami zwanych, a kąpiących się w środowisku, które nazywamy eterem. Ruchy tych elektronów wywołują zakłócenia w otaczającym eterze, które rozchodzą się we wszystkich kierunkach z prędkością światła, a skoro dotrą do dziedzin eteru stykających się z innemi elektronami, pierwotnie nieruchomemi, wprawiają je również w ruch. Elektrony działają więc wzajemnie na siebie; działanie to nie odbywa się jednak wprost, lecz za pośrednictwem eteru. Otóż, czy w takich warunkach może istnieć kompensacya między działaniem a oddziaływaniem, przynajmniej dla obserwatora, który uwzględniałby jedynie ruchy materyi, to jest elektronów, a nie wiedziałby zupełnie o ruchach eteru, nie mogąc ich dostrzec? Oczywiście nie. Gdyby nawet kompensacya była zupełna, nie mogłaby wszakże być jednoczesną. Zakłócenie rozchodzi się bowiem z prędkością skończoną; dosięga więc ono drugiego elektronu wówczas dopiero, gdy pierwszy oddawna już wrócił do spoczynku. Drugi przeto elektron dozna, z pewnem opóźnieniem, działania pierwszego, w chwili tej jednak z pewnością nie będzie oddziaływał na pierwszy, gdyż naokoło pierwszego elektronu wszystko jest już w spoczynku.

Na podstawie analizy faktów możemy więcej jeszcze powiedzieć. Wyobraźmy sobie naprzykład wysyłacz [ekscytator] Hertza, jakiego używa się w telegrafie bez drutu. Wy-

syła on energię we wszystkich kierunkach; możemy go jednak zaopatrzyć w zwierciadło paraboliczne, jak to czynił Hertz z mniejszemi swemi ekscytatorami, a to w celu przesyłania całej energii wytwarzanej w jedynym kierunku. Cóż stanie się wówczas, według wymagań teoryi? Oto przyrząd cofnie się, zupełnie jak gdyby był armatą, energia zaś, którą wyrzucił ze siebie,—kulą armatnią; to zaś sprzeciwia się zasadzie Newtona, gdyż pocisk w naszym wypadku nie posiada masy, nie jest on materyą lecz energią. To samo zresztą moglibyśmy powiedzieć o latarni morskiej zaopatrzonej w reflektor; światło bowiem nie jest niczem innem jak pewnem zakłóceniem pola elektromagnetycznego. Latarnia taka powinna się cofać, jak gdyby wysyłane przez nią światło było pociskiem. Jakaż jest siła mająca wywoływać to uderzenie wsteczne? Jest to tak zwane ciśnienie Maxwella — Bartoli'ego [1]); ciśnienie to jest bardzo małe, tak iż okazanie go za pomocą najczulszych radyometrów kosztowało wiele trudu; dość jednak, że istnieje.

Jeżeli całkowita energia wysłana przez nasz wysyłacz padnie na odbieracz, tenże będzie się zachowywał tak, jak gdyby doznał uderzenia mechanicznego, to zaś pod pewnym względem stanowić będzie kompensacyę doznanego przez wysyłacz uderzenia wstecznego; oddziaływanie będzie więc równe działaniu, lecz nie będą one jednoczesne: odbieracz posunie się naprzód, lecz nie w tej samej chwili, w której wysyłacz się cofnie. Jeżeli zaś energia rozchodzi się swobodnie, nie napotykając żadnego odbieracza, kompensacya nie uskuteczni się nigdy.

Mógłby ktoś na to odpowiedzieć, że przestrzeń dzieląca wysyłacz od odbieracza, którą zakłócenie przebyć musi, aby przejść od jednego do drugiego, że przestrzeń ta nie jest próżna, lecz wypełniona, nietylko eterem, lecz również powietrzem, w dziedzinach zaś międzyplanetarnych — jakimś pły-

[1]) W oryginale francuskim podano mylnie „Bartholdi".
(Przyp. tłum.).

nem lekkim wprawdzie, lecz zawsze jeszcze ważkim; że materya ta, podobnie jak ów odbieracz, doznaje uderzenia w tej samej chwili, gdy energia jej dosięga, i cofa się następnie, w chwili gdy zakłócenie ją opuszcza. Uratowałoby to zasadę Newtona, lecz nie jest to zgodne z prawdą; gdyby energia podczas swego rozchodzenia się była zawsze przykuta do jakiegoś podłoża materyalnego, natenczas poruszająca się materya unosiłaby ze sobą światło, podczas gdy Fizeau dowiódł, że — dla powietrza przynajmniej — rzecz ma się inaczej zupełnie, co też zostało następnie potwierdzone przez Michelsona i Morleya. Można też przypuścić, że ruchy materyi, właściwie tak zwanej, zostają dokładnie skompensowane przez ruchy eteru; to jednak doprowadziłoby nas do wywodów przed chwilą uczynionych. Tak pojęta zasada tłumaczyć będzie wszystko, gdyż — jakiekolwiek byłyby ruchy widzialne, zawsze będzie można wyobrazić sobie takie ruchy hypotetyczne, któreby je kompensowały. Jeżeli jednak nadaje się ona do wytłumaczenia wszystkiego, to nie pozwala nam niczego przewidzieć; nie daje nam możności wyboru z pośród różnych możliwych hypotez, gdyż z góry już wszystko tłumaczy. Staje się tedy zbyteczną.

Przypuszczenia, zresztą, które należałoby uczynić co do ruchu eteru niebardzo są zadawalające. Jeżeli ładunki elektryczne zdwajają się, byłoby naturalnem wyobrazić sobie, że w tym samym stosunku zwiększają się prędkości różnych atomów eteru, kompensacya zaś wymagałaby, iżby prędkość przeciętna eteru stawała się poczwórną.

Dlatego też sądziłem przez pewien czas, że wszystkie te wyniki teoryi, sprzeciwiające się zasadzie Newtona, będą ostatecznie porzucone; tymczasem jednak nowsze doświadczenia nad ruchem elektronów wysyłanych przez rad zdają się potwierdzać je raczej.

Zasada Lavoisiera. — Przechodzę do zasady Lavoisiera: zachowania mas. Niezawodnie jest to zasada, której nie można dotknąć nie wstrząsając podstaw mechaniki. A przecież, w czasach naszych, sądzą niektórzy, że wydaje

nam się ona prawdziwą dla tego jedynie, iż w mechanice rozważamy umiarkowane tylko prędkości, że natomiast straciłaby swą wartość dla ciał obdarzonych prędkościami porównywalnemi z prędkością światła. Otóż, obecnie uczeni sądzą, iż udało im się prędkości takie urzeczywistnić; promienie katody i radu mają składać się z drobnych bardzo cząstek, czyli elektronów, poruszających się z prędkościami, mniejszemi wprawdzie niż prędkość światła, lecz sięgającemi już do $^1/_{10}$ lub $^1/_3$ jej wartości.

Promienie te dają się odchylać bądź to przez pole elektryczne, bądź też przez magnetyczne, porównywając zaś te odchylenia można zmierzyć zarazem prędkość elektronów i ich masę (a raczej stosunek masy do ładunku elektronu). Skoro jednak przekonano się, że prędkości te zbliżają się do prędkości światła, spostrzeżono się, iż konieczną była pewna poprawka. Istotnie cząsteczki te, jako naelektryzowane, nie mogą się poruszać, nie wstrząsając eteru; aby je w ruch wprawić, należy przezwyciężyć dwojaką bezwładność: samej cząsteczki i eteru. Masa tedy całkowita czyli pozorna, którą mierzymy, składa się z dwóch części: masy rzeczywistej czyli mechanicznej samej cząsteczki i masy elektrodynamicznej, przedstawiającej bezwładność eteru.

Otóż, rachunki Abrahama i doświadczenia Kaufmanna okazały, że właściwa masa mechaniczna równa się zeru, że więc masa elektronów, a przynajmniej elektronów ujemnych jest pochodzenia wyłącznie elektrodynamicznego. To właśnie zmusza nas do zmiany określenia masy; nie możemy już odróżniać masy mechanicznej i masy elektrodynamicznej; wówczas bowiem pierwsza znikałaby; niema innej masy jak bezwładność elektrodynamiczna; w takim jednak razie masa nie może już być stałą, lecz powinna zmieniać się wraz z prędkością, a nawet zależeć od kierunku, tak iż ciało obdarzone znaczną prędkością okazywać będzie inną bezwładność wobec sił dążących do odchylenia go od jego drogi, niż wobec sił dążących do przyspieszenia lub opóźnienia jego ruchu [w kierunku stycznym do toru].

Jest jeszcze jedno wyjście: ostateczne pierwiastki ciał stanowią elektrony, jedne naładowane ujemnie, drugie — dodatnio. Elektrony ujemne, jak już wiemy, nie posiadają masy; lecz elektrony dodatnie, o ile sądzić można ze szczupłych pod tym względem danych, byłyby znacznie większe. Być może, że posiadają one, oprócz elektrodynamicznej, prawdziwą masę mechaniczną. Masa prawdziwa danego ciała byłaby w takim razie sumą mas mechanicznych elektronów dodatnich, z pominięciem elektronów ujemnych; otóż, tak określona masa mogłaby jeszcze być stałą.

Niestety jednak i to wyjście jest dla nas zamknięte. Przypomnijmy sobie, co powiedzieliśmy o zasadzie względności i o wysiłkach uczynionych dla jej ocalenia. Nie chodzi zaś tu wyłącznie o ocalenie zasady, lecz o niewątpliwe wyniki doświadczeń Michelsona. Otóż, jak widzieliśmy powyżej, aby zdać sprawę z tych wyników, Lorentz musiał założyć, że wszystkie siły, jakiegokolwiek zresztą pochodzenia, zmniejszają się w tym samym stosunku, o ile chodzi o środowisko obdarzone jednostajnym ruchem postępowym; nie dość na tem, nie wystarcza, aby zachodziło to dla rzeczywistych sił, lecz również dla sił bezwładności; masy wszystkich cząstek, powiada Lorentz, powinny tedy zmieniać się na skutek ruchu postępowego w tym samym stopniu co masy elektromagnetyczne elektronów.

Tak więc masy mechaniczne powinny zmieniać się według tych samych praw co masy elektrodynamiczne; nie mogą one tedy być stałe.

Nie mam chyba potrzeby dodawać, że upadek zasady Lavoisiera pociągnąłby za sobą upadek zasady Newtona. Według ostatniej środek ciężkości układu odosobnionego porusza się po linii prostej; skoro jednak niema już masy stałej, niema też środka ciężkości, i niewiadomo nawet, co miałby on oznaczać. Oto, dlaczego powiedziałem wyżej, iż doświadczenia nad promieniami katodowemi zdają się usprawiedliwiać wątpliwości Lorentza co do zasady Newtona.

Ze wszystkich tych wyników, o ileby je stwierdzono,

wyłoniłaby się nowa zupełnie mechanika, której cechą wybitną byłoby to przedewszystkiem, iż żadna prędkość nie mogłaby przekroczyć prędkości światła [1]), nie inaczej jak żadna temperatura nie może spaść poniżej zera bezwzględnego. Również dla obserwatora odbywającego ruch postępowy, o którym nic nie wie, żadna prędkość pozorna nie mogłaby przekraczać prędkości światła, — co zawierałoby sprzeczność, gdybyśmy nie pamiętali o tem, że obserwator ten nie posługiwałby się temi samemi zegarami co obserwator nieruchomy, lecz zegarami wskazującemi »czas lokalny«.

Stoimy tedy przed pytaniem, które wygłoszę jedynie. Jeżeli niema już masy, cóż stanie się z prawem Newtona?

Masa ma dwojakie znaczenie: jest ona spółczynnikiem bezwładności a zarazem masą przyciągającą, która wchodzi jako czynnik do przyciągania Newtonowskiego. Jeżeli spółczynnik bezwładności nie jest stały, zachodzi pytanie, czy może być niezmienną masa przyciągająca.

Zasada Meyera. — Pozostałaby nam przynajmniej jeszcze zasada zachowania energii, a ta chyba wydawała się bardziej trwałą. Czyż mam tu przypomnieć, jak i ona z kolei została zdyskredytowana? Zajście to wywołało większą wrzawę niż poprzednie, i wszyscy pamiętają je dobrze. Od pierwszych już prac Becquerela, a szczególniej gdy małżonkowie Curie odkryli rad, zrozumiano, że każde ciało promieniotwórcze stanowi niewyczerpane źródło promieniowania. Zdawało się, że czynność [aktywność] takiego ciała trwa bez zmiany w ciągu całych miesięcy i lat. To już uchybiało zasadzie; istotnie, promieniowania te były energią, a z tego samego kawałka radu wypływało ich coraz więcej i więcej. Te jednak ilości energii były zbyt małe, aby można je zmierzyć; tak przynajmniej sądzono, i dla tego też nie niepokojono się tem zbytnio.

Sprawa atoli zmieniła się, gdy Curie umieścił rad w ka-

---

[1]) Ciała bowiem przeciwstawiałyby przyczynom dążącym do przyspieszenia ich ruchu coraz większą bezwładność, a ta stałaby się nieskończenie wielką, gdy zbliżylibyśmy się do prędkości światła.

lorymetrze; wówczas przekonano się, że wytwarzane ustawicznie ilości ciepła były bardzo znaczne.

Zaproponowano mnóstwo różnych tłumaczeń tego zjawiska; w podobnym jednak wypadku nie można powiedzieć: im więcej, tem lepiej; dopóki jedno z tych wytłumaczeń nie odniesie zwycięstwa nad innemi, nie będziemy pewni, czy chociaż jedno z nich jest dobre. Od pewnego atoli czasu jedno z nich zdaje się brać górę, i możemy żywić nadzieję, że to, co osiągnięto, będzie kluczem do tej tajemnicy.

Sir W. Ramsay usiłował okazać, że rad przekształca się, że zawiera on olbrzymi wprawdzie zapas energii, lecz przecież skończony. Przekształcenie radu dałoby tedy milion razy więcej ciepła niż jakiekolwiek ze znanych przekształceń; rad wyczerpałby się w ciągu 1250 lat; niedługo to wprawdzie, lecz możemy przynajmniej w ciągu kilkuset lat jeszcze pozostawać w obecnem położeniu. Tymczasem jednak wątpliwości nasze trwają nadal.

Rozdział Dziewiąty.

Przyszłość fizyki matematycznej.

Zasady a doświadczenie. — Pośród tylu ruin cóż trwa jeszcze? Zasada najmniejszego działania jest aż dotąd nietknięta, i Larmor sądzi, jak się zdaje, że przeżyje ona znacznie inne zasady; istotnie jest ona bardziej nieokreślona i bardziej jeszcze ogólna.

Wobec tego ogólnego upadku zasad jakież stanowisko zajmie fizyka matematyczna? Zanim jednak wzruszymy się zbytnio, należałoby też zapytać, czy wszystko to jest prawdą. Wszystkie owe uchybienia zasadom napotykamy jedynie w dziedzinie wielkości nieskończenie małych; musimy uciec się do mikroskopu, aby zobaczyć ruch Brownowski; elektrony są bardzo lekkie [małe]; rad jest bardzo rzadki,

i substancyi tej mamy naraz kilka zaledwie miligramów; wobec tego zaś możnaby zapytać, czy obok nieskończenie małych, które się dostrzegło, niema innych nieskończenie małych, które się przeoczyło, a które równoważą się z tamtemi.

Zachodzi tu więc pytanie, które, jak się zdaje, doświadczenie tylko może rozstrzygnąć. Będziemy tedy musieli zwrócić się do eksperymentatorów, a czekając, dopóki sporu ostatecznie nie rozstrzygną, nie troszczyć się o te niepokojące zagadnienia i spokojnie prowadzić w dalszym ciągu pracę naszą, jak gdyby zasady były jeszcze bez zarzutu. Mamy zresztą wiele jeszcze do zrobienia, nie wychodząc po za dziedzinę, w której zasady dają się z zupełną jeszcze pewnością stosować; mamy ku czemu zwrócić czynność naszą podczas tego okresu wątpliwości.

Rola analityka. — Czyż jednak istotnie nie moglibyśmy nic uczynić, aby naukę od wątpliwości tych uwolnić? Przyznać należy, że nie sama tylko fizyka doświadczalna je wywołała, lecz że i fizyka matematyczna przyczyniła się ku temu poniekąd. Wprawdzie eksperymentatorzy spostrzegli, że rad wydziela energię, lecz teoretycy to ujawnili wszelkie trudności związane z rozchodzeniem się światła w poruszającem się środowisku; gdyby nie oni, nie domyślanoby się prawdopodobnie tych trudności. Otóż, skoro uczynili wszystko możliwe, aby nas wprowadzić w zakłopotanie, powinniby też wybawić nas zeń.

Powinni poddać krytyce wszystkie te nowe poglądy, które powyżej naszkicowałem, i nie opuszczać żadnej zasady, dopóki nie wyczerpią sumiennie wszelkich środków mogących je ocalić. Cóż jednak w tym względzie uczynić mogą? Postaram się to wyłuszczyć.

Chodzi przedewszystkiem o zbudowanie bardziej zadawalającej elektrodynamiki ciał ruchomych. Tu bowiem przeważnie, jak wykazałem powyżej, gromadzą się trudności; możemy nie wiem jak mnożyć hypotezy, a przecież nie zdołamy zadośćuczynić wszystkim naraz zasadom; aż dotąd umiano tylko ocalić jedne kosztem innych; wszelka jednak

nadzieja osiągnięcia lepszych wyników nie jest jeszcze stracona. Weźmy tedy teoryę Lorentza, obracajmy ją na wszelkie możliwe strony, przekształcając ją stopniowo, — a być może, że wszystko ułoży się jakoś.

Tak naprzykład, zamiast przypuścić, że poruszające się ciała skracają się w kierunku ruchu i że skrócenie to jest jedno i to samo niezależnie od istoty tych ciał i zresztą od działających na nie sił, czyż nie możnaby prostszej jakiejś i naturalniejszej wprowadzić hypotezy? Możnaby, naprzykład, wyobrazić sobie, że zmienia się sam eter, skoro znajduje się w ruchu względnym w stosunku do środowiska materyalnego, które go przenika, że — zmieniony w ten sposób — nie przenosi już zaburzeń z jednakową we wszystkich kierunkach prędkością. Prędkość ta mogłaby być większą w kierunku równoległym do ruchu środowiska, — czy to zgodnym z nim, czy też wprost przeciwnym, — mniejszą natomiast w kierunkach prostopadłych. Powierzchnie fal nie byłyby już kulami lecz elipsoidami, a tym sposobem możnaby się obejść bez owej nadzwyczajnej kontrakcyi wszystkich ciał.

Przytaczam to jedynie tytułem przykładu; możliwe bowiem próby modyfikacyi dałyby się oczywiście zmieniać do nieskończoności.

Aberacya a astronomia. — Być też może, że danych po temu dostarczy nam kiedyś astronomia; ona to, koniec końcem, poruszyła tę sprawę, skoro zapoznała nas ze zjawiskiem aberacyi światła. Traktując teoryę aberacyi z gruba, do nader dziwnego dochodzi się wyniku. Pozorne położenia gwiazd różnią się od ich położeń rzeczywistych, a to dzięki ruchowi ziemi; ponieważ zaś ruch ten jest zmienny, zmieniają się również owe położenia pozorne. Położenia rzeczywistego poznać nie możemy, możemy atoli obserwować zmiany położenia pozornego. Dostrzeżenia aberacyi nie wskazują nam tedy samego ruchu ziemi, lecz tylko zmiany tego ruchu, nie mogą nas przeto pouczyć co do ruchu bezwzględnego ziemi.

Tak przynajmniej jest w pierwszem przybliżeniu; byłoby

natomiast inaczej, gdybyśmy mogli mierzyć tysiączne części sekundy. Widzielibyśmy wówczas, że amplituda drgań zależy nietylko od zmiany ruchu, — zmiany dobrze znanej, gdyż chodzi tu o ruch naszego globu na jego orbicie eliptycznej,— lecz również od wartości przeciętnej tego ruchu, tak iż stała aberacyjna nie byłaby zupełnie tą samą dla wszelkich gwiazd i odpowiednie różnice pouczyłyby nas co do ruchu bezwzględnego ziemi w przestrzeni.

Stanowiłoby to więc, w innej znowu postaci, upadek zasady względności. Daleko nam wprawdzie do oceny tysiącznej części sekundy [kątowej], lecz z tem wszystkiem, jak powiadają niektórzy, całkowita prędkość bezwzględna ziemi jest może znacznie większa niż prędkość jej względem słońca; gdyby wynosiła ona np. 300 kilometrów na sekundę zamiast trzydziestu, wystarczałoby to, aby uczynić zjawisko dostrzegalnem.

Zdaje mi się, że ci, co w ten rozumują sposób, zbyt prostą przyjmują teoryę aberacyi; jak wspomniałem, Michelson okazał, że procedury fizyczne są bezsilne, o ile chodzi o ujawnienie ruchu bezwzględnego; jestem pewny, że to samo okaże się co do postępowania astronomicznego, gdyby nawet nie wiem jak daleko posunięto jego dokładność.

Bądź co bądź, dane, których w tym względzie dostarczy nam kiedyś astronomia, będą bardzo cenne dla fizyka. Tymczasem, jak sądzę, teoretycy, pomnąc doświadczenia Michelsona, mogą liczyć na wynik ujemny, i dobrzeby uczynili, gdyby teraz już zbudowali teoryę aberacyi, która z takiego wyniku ujemnego z góry zdawałaby sprawę.

Elektrony i widma. — Do dynamiki elektronów z różnych dojść można stron, lecz pośród prowadzących do niej dróg jest jedna, którą zaniedbano nieco, a która przecież jest jedną z tych, co najwięcej obiecują nam niespodzianek. Mam tu na myśli ruchy elektronów wywołujące promienie widm emisyjnych; dowodzi tego zjawisko Zeemana; to, co drga w ciele rozżarzonem, podlega działaniu magnesu, a więc jest naelektryzowane. Jest to pierwszy, nader ważny punkt,

dotychczas jednak nie poszliśmy dalej. Dlaczego promienie widma są rozmieszczone regularnie według pewnych praw? Eksperymentatorzy zbadali te prawa do najdrobniejszych szczegółów; są one bardzo ścisłe i stosunkowo proste. W pierwszem badaniu rozmieszczenia te przypominają tony harmoniczne [nadtony], które spotykamy w akustyce; różnica przecież jest znaczna: nietylko że liczby drgań nie są kolejnemi wielokrotnościami jednej i tej samej liczby, lecz nie odnajdujemy tu nawet niczego podobnego do pierwiastków owych równań przestępnych, do których prowadzi nas tyle zagadnień fizyki matematycznej: zagadnienie drgań ciała sprężystego o kształcie jakimkolwiek lub drgań Hertzowskich w dowolnym wysyłaczu, zagadnienie Fouriera dotyczące stygnięcia bryły stałej.

Prawa widmowe są wprawdzie prostsze, lecz odmiennej zupełnie natury, i — aby jedną chociażby zacytować różnicę—dla składników harmonicznych wysokiego rzędu liczby drgań, zamiast rosnąć bezgranicznie, zdążają do pewnej granicy skończonej.

Dotychczas nie zdano stąd sprawy, a zdaje mi się, że stoimy tu przed jedną z najważniejszych tajemnic przyrody. Fizyk japoński Nogaoka zaproponował niedawno pewne wytłomaczenie; według niego atomy składałyby się z większego elektronu dodatniego otoczonego pierścieniem, złożonym z bardzo wielkiej liczby małych bardzo elektronów ujemnych, — jak gdyby planeta Saturn z pierścieniem swoim. Jest to próba nader interesująca, lecz niezupełnie jeszcze zadawalająca; próby takie należałoby ponowić. Wnikniemy, że tak powiem, do wnętrza materyi. Ze względu zaś na szczególny punkt widzenia, który nas tu zajmuje, gdy dowiemy się, dlaczego drgania ciał rozżarzonych różnią się tak znacznie od zwykłych drgań sprężystych, dlaczego elektrony nie zachowują się tak jak znana nam materya, zrozumiemy też lepiej dynamikę elektronów, a wówczas będzie nam może łatwiej pogodzić ją z zasadami.

Konwencye wobec doświadczenia. — Przy-

puśćmy teraz (w co jednak, po rozważeniu całej sprawy, nie wierzę), iż wszystkie te wysiłki spełzną na niczem; cóż należałoby wówczas uczynić? Czy należałoby starać się naprawić uszkodzone zasady za pomocą tego, co my Francuzi nazywamy *un coup de pouce*? To oczywiście zawsze jest możliwe, nie cofam też bynajmniej tego, co wyżej powiedziałem. Czy nie napisał Pan —, mógłby ktoś mi zarzucić, — że zasady, aczkolwiek pochodzenia doświadczalnego, nie są już obecnie wystawione na żadne niebezpieczeństwo ze strony doświadczenia, dlatego że stały się umowami? Teraz zaś mówi nam Pan, że najnowsze zdobycze doświadczalne zagrażają tym zasadom.

Otóż, miałem słuszność poprzednio i nie mylę się też obecnie. Miałem słuszność wówczas, a to, co dzieje się obecnie, jest nowym tego dowodem. Weźmy naprzykład doświadczenie kalorymetryczne Curie z radem. Czy można je pogodzić z zasadą zachowania energii? Usiłowano to uczynić wieloma różnemi sposobami; na jeden z tych chciałbym tu zwrócić uwagę; nie jest to wytłumaczenie, które obecnie dąży do przewagi, lecz poprostu tylko jedno z tych, które zaproponowano. Przypuszczono mianowicie, że rad jest tylko pośrednikiem, że gromadzi on w sobie tylko nieznane co do istoty swej promieniowania, przeszywające przestrzeń we wszystkich kierunkach i — z wyjątkiem radu — przechodzące poprzez wszystkie ciała bez żadnej zmiany swych własności i bez żadnego na nie działania. Sam tylko rad miałby odbierać im część energii, aby zwrócić ją nam następnie pod różnemi postaciami.

Jakież korzystne i wygodne wytłumaczenie! Przedewszystkiem jest ono niesprawdzalne, tem samem zaś nie daje się obalić. Następnie można za pomocą niego zdać sprawę z nie wiem jakich uchybień względem prawa Mayera; odpiera ono z góry już nietylko zarzut Curie, lecz także wszelkie zarzuty, które przyszli eksperymentatorzy mogliby nagromadzić. Nowa ta a nieznana energia do wszystkiego służyć może.

Otóż to właśnie twierdziłem, i przez to też dowiedziono nam, iż zasada nasza drwi sobie ze wszelkiego doświadczenia.

Z tem wszystkiem jednak cóż zyskaliśmy przez owo *coup de pouce*? Zasada pozostała nietkniętą, lecz do czegóż odtąd służyć nam może?

Dawniej pozwalała nam ona przewidywać, że w tych lub owych okolicznościach można liczyć na taką a taką ilość całkowitą energii; ograniczała nas ona; obecnie jednak, skoro oddaje się nam do rozporządzenia ów nieokreślony zapas nowej energii, nic już nas nie ogranicza; otóż — jak powiedziałem w Nauce i Hypotezie—jeżeli zasada jakaś przestaje być płodną, doświadczenie, nie sprzeciwiając się jej wprost, potępi ją jednak.

Fizyka matematyczna przyszłości. — Nie to więc należałoby uczynić, powinnibyśmy raczej wszystko na nowo odbudować. Możemy zresztą pocieszyć się, chociażbyśmy do tej ostateczności byli zmuszeni. Nie należałoby stąd wnioskować, że nauka może wykonywać tylko pracę Penelopy, że może wznosić efemeryczne tylko gmachy, które niebawem własnemi rękoma znowu burzyć musi od podstaw do szczytu.

Jak powiedziałem, przeszliśmy już raz podobne przesilenie. Okazałem, że w drugiej fizyce matematycznej, we fizyce zasad, odnaleść można ślady pierwszej, t. j. fizyki sił centralnych; nieinaczej też będzie, gdy wypadnie nam poznać trzecią [fizykę]. Podobnie dzieje się ze zwierzęciem, które leni się, które zrzuca swą skórę zbyt ciasną, aby otoczyć się nową; pod nową jego osłoną rozpoznamy łatwo istotne rysy organizmu, które nadal trwają.

W jakim rozszerzymy się kierunku, tego przewidzieć nie można; być może, iż rozwinie się kinetyczna teorya gazów tak, aby innym za wzór posłużyć. Wówczas to fakty, które pierwotnie wydawałyby się nam prostemi, będą już tylko wypadkowemi bardzo wielkiej liczby faktów elementarnych, skierowanych ku jednemu celowi jedynie tylko

dzięki prawom przypadku. Prawo fizyczne przybrałoby wówczas zupełnie nowy wygląd: nie byłoby już poprostu równaniem różniczkowem, lecz miałoby cechy prawa statystycznego.

Być też może, iż wypadnie nam nową zupełnie zbudować mechanikę, której zaledwie się domyślamy, a w której — ze względu na bezwładność rosnącą wraz z prędkością ruchu — prądkość światła stałaby się nieprzekraczalną granicą. Zwykła nasza, prostsza mechanika zachowałaby nadal wartość pierwszego przybliżenia, gdyż byłaby prawdziwą dla prędkości niezbyt wielkich, — tak iż pod nową odnaleźlibyśmy jeszcze dawniejszą dynamikę. Nie wypadłoby nam tedy żałować wiary naszej w zasady, a ponieważ prędkości zbyt wielkie dla dawnych formuł zdarzałyby się wyjątkowo tylko, w praktyce byłoby nawet najlepiej jeszcze postępować tak, jak gdyby się w zasady owe nadal wierzyło. Są one tak użyteczne, iż należałoby zachować dla nich miejsce w nowej fizyce. Chcąc je wykluczyć zupełnie, pozbawilibyśmy się cennego nader oręża. Na zakończenie muszę dodać, że nie zaszliśmy jeszcze tak daleko, i że tymczasem nic jeszcze nie dowodzi, iż nie wyjdą one z walki tej zwycięsko i nietknięte [1]).

---

[1]) Rozważania te dotyczące fizyki matematycznej są zapożyczone z odczytu wygłoszonego w Saint-Louis. *(Przyp. autora).*

CZĘŚĆ TRZECIA.

WARTOŚĆ PRZEDMIOTOWA NAUKI.

Rozdział Dziesiąty.

Czy nauka jest sztuczną?

§ 1. — Filozofia p. Le Roy.

Mamy tedy wiele powodów do wątpienia. Czy należy jednak sceptycyzm ten do ostatecznych posunąć granic, czy też raczej zatrzymać się po drodze? Pójść aż do ostatecznych granic — byłoby rozwiązaniem najbardziej ponętnem i najwygodniejszem; wielu też, w rozpaczliwem przeświadczeniu, iż nic nie da się w rozbiciu tem ocalić, przyjęło to właśnie rozwiązanie sprawy.

Pośród natchnionych tem dążeniem pism należy na pierwszem postawić miejscu artykuły Le Roy. Myśliciel ten jest nietylko zasłużonym wielce filozofem i pisarzem, lecz zdobył sobie również głęboką znajomość nauk ścisłych i fizycznych, a dał nawet dowody cennych zdolności inwencyjnych w dziedzinie matematyki.

Zestawmy w kilku słowach doktrynę jego, która liczne wywołała dyskusye.

Nauka składa się z umów [konwencyj], i tej to jedynie okoliczności zawdzięcza pozorną swą pewność; fakty naukowe, a tembardziej prawa, są sztucznem dziełem uczonych; nauka tedy nie może zgoła pouczyć nas co do prawdy; może nam ona służyć jedynie jako prawidło działania [postępowania].

Daje się w tem poznać teorya filozoficzna znana pod nazwą nominalizmu; w teoryi tej nie wszystko jest błędne:

musimy zachować dla niej należną jej dziedzinę, starając się jednak, aby jej nie przekroczyła.

Nie dość na tem; doktryna Le Roy jest nietylko nominalistyczną; posiada ona inną jeszcze cechę, którą zawdzięcza niewątpliwie wpływom Bergsona: jest mianowicie anty-intelektualistyczną. Według Le Roy, inteligencya odkształca wszystko, czego się dotknie, a dotyczy to w wyższym jeszcze stopniu niezbędnego jej narzędzia: »mowy« [»le discours«]. Rzeczywistość stanowią jedynie przelotne i zmienne nasze wrażenia, a rzeczywistość ta znika, zaledwie jej się dotkniemy.

A przecież Le Roy nie jest sceptykiem; jeżeli uważa umysłowość [inteligencyę] jako nieodzownie bezsilną, to dlatego tylko, aby tem większą przypisać rolę innym źródłom poznania: sercu naprzykład, uczuciu, instynktowi lub wierze.

Nie bacząc na szacunek, jaki żywię dla talentu Le Roy, nie bacząc na pomysłowość tej tezy, nie mógłbym jej w całej przyjąć pełni. Zgadzam się z nim wprawdzie co do wielu punktów, a dla poparcia swych poglądów przytaczał on nawet różne ustępy z mych pism, których bynajmniej nie zamierzam cofnąć. Wszystko to jednak tem bardziej jeszcze zniewala mnie do wyjaśnienia, dla czego nie mogę pójść za nim aż do końca.

Le Roy skarży się często na to, iż posądzają go o sceptycyzm. Nie może też być inaczej, chociażby nawet posądzenie to prawdopodobnie miało być niesprawiedliwem. Czyż bowiem wszelkie pozory nie przemawiają przeciw niemu? Nominalista z doktryny, lecz realista z serca, zdaje się on unikać nominalizmu bezwzględnego jedynie tylko przez rozpaczliwy akt wiary.

Istotnie, filozofia anty-intelektualistyczna, odrzucając analizę i mowę, tem samem już skazuje się na niezdolność przenoszenia, jest to filozofia zasadniczo wewnętrzna; a przynajmniej, to co z niej przenosić się daje, składa się z samych tylko przeczeń. Jakże wobec tego dziwić się

można, że dla widza zewnętrznego przybiera ona postać sceptycyzmu?

To właśnie stanowi słaby punkt tej filozofii; chcąc pozostać wierną samej sobie, wyczerpuje ona siły swe w przeczeniu i w okrzyku entuzyastycznym. To przeczenie i ten okrzyk powtórzyć może każdy autor zmieniając ich postać, lecz nie dodając do nich niczego.

Czyż nie byłoby konsekwentniej milczyć? Oto napisaliście szereg długich artykułów, w tym zaś celu niewątpliwie musieliście posługiwać się wyrazami, a tem samem czyż nie staliście się już bardziej »dyskursywni«, a więc też odleglejsi od życia i prawdy, niż zwierzę, które żyje sobie poprostu bez wszelkiego filozofowania? Czyż nie wynikałoby stąd, że prawdziwym filozofem jest to zwierzę?

Jeżeli żaden dotychczas malarz nie zdołał w portrecie zupełnego oddać podobieństwa, mamyż stąd wywnioskować, że najlepszem malarstwem byłoby — nie malować wcale? Gdy zoolog kraje zwierzę, niewątpliwie je »zmienia«. Istotnie, krając je, skazuje się na to, aby nie poznać go nigdy całkowicie; lecz nie krając go wcale, nie poznałby go zgoła, a więc też nie mógłby o niem nic a nic powiedzieć.

Zapewne, oprócz rozumu człowiek inne jeszcze posiada siły [władze]; nikt nie byłby na tyle szalony, aby temu przeczyć. Pierwszy lepszy wprawia ślepe te siły w ruch, pozwala im działać; filozof jednak musi o nich m ó w i ć; aby zaś mówić o nich, musi je znać w tym chociażby słabym stopniu, w jakim poznać się dają, musi tedy p r z y p a t r z e ć się im podczas ich działania. Lecz w jakiż sposób, jakiemi oczyma, jeżeli nie swym rozumem? Serce, instynkt mogą służyć rozumowi za przewodników, lecz nie uczynić go zbytecznym; mogą kierować spojrzeniem, lecz nie mogą zastąpić oka. Można się zgodzić na to, że serce jest właściwym pracownikiem, rozum zaś tylko jego narzędziem. Przecież jednak jest to narzędzie, bez którego obejść się nie można, jeżeli nie w działaniu, to przynajmniej w filozofowaniu. Dlatego właśnie filozofia prawdziwie anty-intelektualistyczna jest

niemożliwa. Wynikałoby stąd może, iż pierwszeństwo należy oddać działaniu; lecz sam ten wniosek byłby dziełem naszego rozumu; oddając tedy pierwszeństwo działaniu, czynom, zachowa on jednak dla siebie przewagę »trzciny myślącej«[1]). Zawszeć jest to przywilej nie do pogardzenia.

Niechaj czytelnik wybaczy mi krótkie te uwagi, i to również, że uczyniłem je tak krótkiemi i że zaledwie dotknąłem całej kwestyi. Nie chodzi mi tu o sprawę intelektualizmu: chcę bowiem mówić o nauce, i za nią, niewątpliwie, chcę przemawiać; mocą określenia, że tak powiem, jest ona intelektualistyczną albo też wcale jej niema. Otóż, chciałbym właśnie wiedzieć, c z y istnieje.

§ 2. — Nauka jako prawidło działania.

Według Le Roy nauka jest tylko prawidłem działania. Niezdolni jesteśmy do poznania czegokolwiek, a przecież, rzuceni w życie, musimy działać, i w tym to celu ustanowiliśmy sobie na chybił-trafił pewne prawidła. Ogół tych to prawideł nazywa się nauką.

Podobnie też ludzie, w celu rozrywki, ustanowili sobie prawidła różnych gier, jak np. »tric-trac«, a prawidła te w wyższym jeszcze stopniu niż sama nauka mogłyby się pochwalić zgodą powszechną. Podobnież, gdy nie możemy wybierać, a okoliczności zmuszają nas do wyboru, rzucamy w górę monetę, aby decyzyę naszą oprzeć na »orle lub reszce«.

Prawidło tryk-traku niewątpliwie też jest prawidłem działania, tak samo jak nauka. Czyż jednak porównanie to jest słuszne, czy nie zachodzą tu żadne różnice? Prawidła gry są dowolnemi umowami, i możnaby z r ó w n i e ż d o b r y m

[1]) P a s c a l powiedział: »L'homme n'est quun roseau le plus faible de la nature, mais c'est un *roseau pensant*.« Miejsce to cytuje z »Pensées« Pascala, dla objaśnienia powyższych słów, W e b e r, tłumacz niemiecki Poincarégo. *(Przyp. tłum.)*

skutkiem przyjąć umowy wprost przeciwne. Nauka natomiast jest prawidłem działania, które—naogół przynajmniej—cieszy się powodzeniem, podczas gdy prawidło przeciwne nie miałoby powodzenia.

Jeżeli powiadam: dla otrzymania wodoru należy działać pewnym kwasem na cynk, — formułuję prawidło, które ma powodzenie; mógłbym też powiedzieć: działaj wodą destylowaną na złoto; i to również byłoby prawidłem, lecz nie miałoby powodzenia.

Skoro więc »recepty« naukowe posiadają dla nas pewną wartość, jako prawidła działania, to dlatego, że wiemy, iż naogół przynajmniej mają powodzenie. Lecz wiedzieć to znaczy przecież coś wiedzieć; w takim zaś razie dlaczegóż powiadają nam, iż niczego widzieć nie możemy?

Nauka przewiduje, i dlatego właśnie, że przewiduje, może być użyteczną i służyć za prawidło działania. Wprawdzie wyniki często zadają kłam tym przewidywaniom; dowodzi to niedoskonałości nauki, a skoro dodam, że na zawsze taką pozostanie, pewien jestem, że przynajmniej to przewidywanie moje nigdy nie zostanie obalone. Przecież jednak uczony myli się rzadziej niż prorok, który przepowiadałby przyszłość na los trafu. Z drugiej strony, postęp jest wprawdzie powolny, lecz ciągły, tak iż uczeni, acz coraz śmielsi, coraz mniej się mylą. Jest to niewiele, lecz — bądź co bądź — wystarcza.

Nie jest mi obcem, że Le Roy powiedział w pewnem miejscu, iż nauka myli się częściej, niż możnaby sądzić, że komety płatają czasami figle astronomom, że uczeni, którzy — oczywiście — są tylko ludźmi, nie mówią chętnie o swych niepowodzeniach, lecz, że gdyby o nich mówili, naliczyliby więcej porażek niż zwycięstw.

Tu jednak Le Roy przeszedł oczywiście swą myśl. Gdyby nauka nie miała powodzenia, nie mogłaby służyć za prawidło działania; skądże czerpałaby więc swą wartość? Czyżby stąd, że *elle est „vécue"*, to jest, że kochamy ją i wierzymy w nią? Alchemicy posiadali recepty do wytwa-

rzania złota, lubili je i wierzyli w nie, a przecież dobremi są nasze właśnie recepty, — pomimo iż wiara nasza jest mniej żywa, — a to dlatego, że mają powodzenie.

Niema sposobu uniknięcia tego dylematu: albo nauka nie daje możności przewidywania, w takim zaś razie jest — jako prawidło działania — pozbawiona wszelkiej wartości; — albo też pozwala nam przewidywać w sposób mniej lub więcej niedoskonały, a w takim razie nie jest bez wartości jako narzędzie poznania.

Nie można nawet powiedzieć, aby działanie było celem nauki; mamyż potępić badania podjęte nad Syryuszem dlatego, że nigdy prawdopodobnie nie będziemy wywierali żadnego działania na tę gwiazdę?

Zdaniem mojem jest przeciwnie: poznanie stanowi cel, działanie zaś jest środkiem. Jeżeli cieszę się z rozwoju przemysłu, to nie dlatego jedynie, że dostarcza to wygodnego argumentu rzecznikom nauki, lecz dlatego przedewszystkiem, że daje to uczonemu wiarę w siebie i że otwiera przed nim olbrzymie pole doświadczenia, gdzie spotyka on siły zbyt kolosalne, aby można się rozprawić z niemi przez owo »*coup de pouce*«. Kto wie, czy — gdyby nie ten balast — nie straciłby on gruntu pod nogami, dając się uwieść widziadłu nowej jakiejś scholastyki, lub czy nie popadłby w zwątpienie, sądząc, że śnił tylko?

§ 3. — Fakt surowy i fakt naukowy.

Najbardziej paradoksalne było twierdzenie Le Roy, jakoby uczony stwarzał fakt: stanowiło to zarazem punkt zasadniczy w jego poglądach, jeden z tych, o które najwięcej stoczono sporów.

Być może, powiada on (a sądzę oczywiście, że było to pewne ustępstwo), że uczony nie stwarza faktu surowego, lecz conajmniej fakt naukowy.

Samo to odróżnienie między faktem surowym a faktem naukowym nie uważałbym za nieuzasadnione. Mam jednak

do zarzucenia to przedewszystkiem, że nie przeprowadzono tu granicy ani w sposób dokładny, ani też w sposób ścisły, następnie zaś to, że autor sądzi, jak się zdaje, że fakt surowy, jako nienaukowy, leży po za nauką.

Nie mogę wreszcie zgodzić się na to, aby uczony tworzył fakt naukowo swobodnie, albowiem narzuca mu go fakt surowy.

Zdziwiły mnie też bardzo przykłady, które Le Roy przytacza. Pierwszy z nich jest zapożyczony od pojęcia atomu. Atom — jako przykład faktu! Wyznać muszę, że wybór ten zniechęcił mnie tak, iż wolę o nim zamilczeć. Niedobrze, widocznie, zrozumiałem myśl autora; nie umiałbym jej skutecznie rostrząsnąć.

Drugi przykład stanowi zaćmienie, gdzie zjawisko surowe stanowi gra cienia i światła, do którego jednak astronom wtrącić się nie może, nie wnosząc doń dwóch elementów obcych, a mianowicie zegaru i prawa Newtona.

Le Roy przytacza wreszcie obrót ziemi; zarzucono mu wprawdzie, że nie jest to fakt, lecz na to odrzekł, iż był to niezawodnie fakt zarówno dla Galileusza, który go głosił, jak i dla inkwizytora, który mu przeczył. Bądź co bądź, nie jest to fakt w tem samem znaczeniu wyrazu jak powyższe fakty, a obejmując je tą samą nazwą, wystawiamy się na poważne nieporozumienia.

Oto, mamy cztery różne stopnie:

1°. Jest ciemno, — powiada ignorant.

2°. Zaćmienie odbyło się o godzinie dziewiątej, — powiada astronom.

3°. Zaćmienie odbyło się w czasie, który można wyjąć z tablic zbudowanych według praw Newtona, — powiada on również.

4°. Pochodzi to stąd, że ziemia obraca się naokoło słońca, — powiada wreszcie Galileusz.

Gdzież tedy znajduje się granica między faktem surowym a naukowym? Czytając Le Roy, sądzilibyśmy, że między pierwszym a drugim stopniem; któż jednak nie pojmuje,

że większa jest odległość między drugim a trzecim, a jeszcze większa między trzecim i czwartym stopniem.

Niechaj wolno mi będzie przytoczyć dwa przykłady, które — być może — wyjaśnią sprawę tę nieco.

Postrzegam odchylenie galwanometru przy pomocy ruchomego zwierciadła, które rzuca obraz świetlny na skalę podzieloną. Faktem surowym jest to, że widzę przesuwanie się obrazu świetlnego na skali, — fakt zaś naukowy brzmi: w obwodzie płynie prąd.

Albo też: gdy wykonywam jakieś doświadczenie, muszę do wyniku pewne wprowadzić poprawki, gdyż wiem, że musiałem popełnić jakieś błędy. Błędy te są dwojakiego rodzaju: jedne są przypadkowe, a te poprawię, biorąc przeciętną; inne znowu są systematyczne, a poprawić je będę mógł jedynie po głębszem zbadaniu ich przyczyn.

Pierwotnie tedy otrzymany wynik byłby faktem surowym, faktem zaś naukowym byłby wynik ostateczny po uwzględnieniu wszystkich poprawek.

Zastanawiając się nad ostatnim przykładem, dojdziemy do wniosku, iż drugi nasz stopień należy dalej jeszcze podzielić, t. j. zamiast:

2^0. Zaćmienie odbyło się o godzinie dziewiątej — należy powiedzieć:

2a. Zaćmienie odbyło się, gdy zegar mój wskazywał godzinę dziewiątą, —

i 2b. Ponieważ zegar mój opóźnia się o dziesięć minut, zaćmienie odbyło się o godzinie dziewiątej, minut dziesięć.

Nie dość na tem: w pierwszym również stopniu należy wprowadzić poddziały, a między temi dwoma poddziałami odległość nie będzie jeszcze najmniejszą; należy też odróżnić wrażenie ciemności, które odbiera świadek zaćmienia, od twierdzenia jego, że jest ciemno. Pierwsze tylko poniekąd jest prawdziwym faktem surowym, podczas gdy drugie jest już pewnego rodzaju faktem naukowym.

Skala nasza posiadałaby już tedy aż sześć stopni, a cho-

ciaż niema żadnych powodów do zatrzymania się na tej liczbie, poprzestaniemy jednak na tem.

Otóż, uderza mnie przedewszystkiem następująca okoliczność. Na pierwszym ze sześciu naszych stopni fakt, zupełnie jeszcze surowy, jest — że tak powiem — indywidualny; wyróżnia się on najzupełniej z pośród wszelkich innych możliwych faktów. Począwszy jednak od drugiego stopnia rzecz ma się już inaczej. Wysłowienie tego faktu mogłoby również odpowiadać nieskończenie wielu innym faktom. Skoro tylko mowa w grę wchodzi, rozporządzamy jedynie pewną skończoną liczbą wyrazów dla oddania nieskończenie wielu możliwych odcieni, jakie przybierają nasze wrażenia. Skoro powiadam: jest ciemno, — wyraża to, zapewne, wrażenia, których doznaję jako świadek zaćmienia; w samej atoli ciemności możnaby sobie wyobrazić mnóstwo różnych odcieni, a gdyby zamiast tego, który istotnie się urzeczywistnił, wytworzył się inny nieco odcień, inny ten fakt również wyraziłbym słowami: jest ciemno.

Jeszcze jedna uwaga: na drugim nawet stopniu wysłowienie jakiegoś faktu może tylko być prawdziwe lub fałszywe. Inaczej rzecz miałaby się z twierdzeniem jakiemkolwiek; jeżeli mianowicie twierdzenie takie jest wysłowieniem pewnej umowy [konwencyi], nie można o niem powiedzieć, aby było prawdziwe we właściwem słowa znaczeniu, albowiem nie mogłoby ono być prawdziwe wbrew mej woli, a jest prawdziwem dlatego jedynie, że chcę, aby niem było.

Gdy powiadam, naprzykład, że jednostką długości jest metr, to jest to dekretem, który sam ustanawiam, a nie czemś stwierdzonem, co mi się narzuca. Ta sama jest sprawa, jak okazałem w innem miejscu, gdy chodzi, naprzykład, o pewnik Euklidesa.

Skoro pytają mnie: czy jest ciemno? — wiem zawsze, czy mam odpowiedzieć twierdząco, czy też przecząco.

Aczkolwiek nieskończenie wiele faktów możliwych daje się w ten sam wysłowić sposób: jest ciemno, — zawsze je-

dnak wiedzieć będę, czy zachodzący fakt należy lub nie należy do liczby tych, które wysłowieniu temu odpowiadają. Fakty są ugrupowane w kategorye, i gdy pytają mnie, czy stwierdzony przezemnie fakt należy czy też nie należy do takiej a takiej kategoryi, odpowiem na to bez wahania.

Klasyfikacya taka zawiera niewątpliwie pewne domieszki, które pozostawiają swobodzie lub kaprysowi ludzkiemu dość szerokie jeszcze pole. Jednem słowem, klasyfikacya ta jest również umowną. Godząc się jednak na pewną umowę, zawsze już będę wiedział, co mam odpowiedzieć na pytanie, czy taki a taki fakt jest prawdziwy, — a odpowiedź tę narzuci mi świadectwo moich zmysłów.

Skoro więc podczas zaćmienia zapytamy, czy jest ciemno, wszyscy odpowiedzą: tak. Niewątpliwie ci tylko odpowiedzieliby: nie, którzy mówiliby językiem, w jakim »ciemno« oznaczałoby widno, zaś »widno« — ciemno. To jednak byłoby już sprawą bez wszelkiego znaczenia.

Podobnie też, w matematyce, skoro zgodzimy się na pewne określenia i pewniki konwencyonalne twierdzenie jakieś będzie już mogło być jedynie albo prawdziwe albo fałszywe. Aby jednak odpowiedzieć na pytanie, czy dane twierdzenie jest prawdziwe, nie uciekniemy się już do świadectwa naszych zmysłów, lecz do rozumowania.

Wysłowienie jakiegoś faktu jest zawsze sprawdzalne, a dla sprawdzenia tego uciekamy się bądź to do świadectwa naszych zmysłów, bądź też do wspomnienia tego świadectwa. To właściwie charakteryzuje fakt. Skoro zapytacie mnie, czy taki a taki fakt jest prawdziwy, zażądam przedewszystkiem, abyście skreślili dokładnie odpowiednie umowy, innemi słowy, zapytam, jakim przemawiacie do mnie językiem; następnie dopiero, zaspokoiwszy się raz na zawsze pod tym względem, zwrócę się z zapytaniem do mych zmysłów i odpowiem: tak lub nie. Odpowiedź tę jednak podyktują mi zmysły moje, nie zaś ten, kto mnie pytał, i zapewne nie przez oświadczenie swe, iż przemawiał do mnie po angielsku czy po francusku.

Czy postać rzeczy zmienia się pod jakimkolwiek względem, gdy przechodzimy do następnych stopni? Gdy (jak wspomniałem wyżej) obserwuję galwanometr i zapytuję ignoranta, czy prąd przepływa, zacznie on oglądać drut, starając się zobaczyć, czy porusza się coś wzdłuż niego; gdy jednak zwrócę się z tem samem pytaniem do mego pomocnika, który język mój rozumie, będzie on wiedział, że ma to znaczyć: czy obraz świetlny się przesuwa? — i spojrzy na skalę.

Jakaż tedy zachodzi różnica między wysłowieniem faktu surowego a wysłowieniem faktu naukowego? Ta sama, co między wysłowieniem jednego i tego samego faktu surowego w języku francuskim i w języku niemieckim. Wysłowienie naukowe jest przekładem wysłowienia surowego na pewien język, który od zwykłej niemiecczyzny lub zwykłej francuszczyzny, różni się tem nadewszystko, iż włada nim znacznie mniejsza liczba osób.

Nie spieszmy się atoli. Dla pomiaru prądu mogę posłużyć się wieloma różnemi typami galwanometrów albo też elektrodynamometrem. Skoro więc powiem, że w danym obwodzie panuje prąd o natężeniu tylu a tylu amperów, będzie to znaczyło nietylko, że: jeżeli w obwód ten włączam taki a taki galwanometr, obraz świetlny zatrzymuje się na kresce *a* mej podziałki, — lecz również, że: jeżeli włączam w tenże obwód taki a taki elektrodynamometr, spostrzegę obraz świetlny na kresce *b*. Będzie to po zatem oznaczało mnóstwo innych jeszcze rzeczy, prąd bowiem objawiać się może nietylko przez skutki mechaniczne, lecz również przez chemiczne, cieplne, świetlne i t. d.

Mielibyśmy tu więc wysłowienie odpowiadające bardzo wielu różnym zupełnie faktom. Dlaczegóż to? Oto dlatego, iż przyjmujemy istnienie pewnego prawa, które orzeka, że ilekroć nastąpi taki a taki skutek mechaniczny, tylekroć zjawi się również pewien skutek chemiczny. Ponieważ z bardzo wielu dawniejszych doświadczeń żadne nie zachwiało tem prawem, doszedłem do wniosku, że jednych i tych samych

słów będę mógł użyć dla wyrażenia dwóch różnych wprawdzie, lecz tak nierozerwalnie połączonych ze sobą faktów.

Skoro zapytają mnie, czy prąd przepływa, będę mógł wziąć to w znaczeniu pytania: Czy nastąpi taki a taki skutek mechaniczny?—albo też jako pytanie: Czy nastąpi taki a taki skutek chemiczny? Postaram się tedy stwierdzić zachodzenie bądź to skutku mechanicznego, bądź też chemicznego, a wybór między niemi będzie sprawą obojętną, w jednym bowiem, czy w drugim razie odpowiedź wypaść musi tak samo.

A gdyby przekonano się kiedyś, że prawo to jest błędne? Gdyby spostrzeżono, że dwa owe zjawiska: mechaniczne i chemiczne, niezawsze sobie towarzyszą? Wówczas należałoby zmienić język naukowy, aby usunąć zeń poważną tę dwuznaczność.

Cóż stąd? Czy język zwykły, służący do wyrażania faktów życia codziennego, wolny jest od dwuznaczników?

Wywnioskujemyż stąd, że fakty życia codziennego są dziełem gramatyków?

Skoro mnie ktoś zapyta, czy jest prąd w obwodzie, szukam skutku mechanicznego, stwierdzam jego istnienia i odpowiadam: tak, prąd jest. Pytający rozumie natychmiast, o co chodzi, a mianowicie, że zachodzi skutek mechaniczny i że istnieje również skutek chemiczny, którego nie badałem. Przypuśćmy teraz, że prawo nasze nie jest prawdziwe, i że w rozważanym wypadku działania chemicznego niema. Wówczas mielibyśmy dwa różne fakty: jeden zaobserwowany bezpośrednio prawdziwy, drugi wywnioskowany — fałszywy. Ściśle rzecz biorąc, możemy powiedzieć, że drugi byłby przez nas stworzony, tak iż dziełem osobistego współpracownictwa człowieka w tworzeniu faktu naukowego byłby błąd.

Skoro jednak możemy powiedzieć o fakcie takim, iż jest fałszywy, to dlatego właśnie, że nie jest on swobodnym i dowolnym wytworem naszego umysłu, że nie jest ukrytą konwencyą; w takim bowiem razie nie mógłby być ani prawdziwym, ani fałszywym. Istotnie zaś fakt ów był spraw-

dzalny; nie wykonałem wprawdzie sprawdzenia, lecz mógłbym je był wykonać. Jeżeli dałem błędną odpowiedź, to dlatego, że chciałem odpowiedzieć zbyt pohopnie, nie zwracając się uprzednio z pytaniem do przyrody, jedynej posiadaczki tej tajemnicy.

To samo dzieje się również, gdy po wykonaniu jakiegoś doświadczenia poprawiamy błędy przypadkowe i systematyczne, aby dojść do faktu naukowego; fakt naukowy będzie zawsze tylko faktem surowym przełożonym na inny język. Skoro powiadam: jest taka a taka godzina, — będzie to skróconym tylko sposobem powiedzenia, że zachodzi taki a taki stosunek między godziną, którą wskazuje mój zegar, a tą, którą wskazywał w chwili przejścia tej lub owej gwiazdy przez południk. Skoro jednak zgodzimy się, raz na zawsze, na tę konwencyę językową, nie będzie już zależało odemnie, aby na pytanie: Czy jest ta a ta godzina? — odpowiedzieć twierdząco czy też przecząco.

Przejdźmy do stopnia przedostatniego: zaćmienie odbyło się o godzinie wskazanej przez tablice wyprowadzone z praw Newtona. I to również stanowi umowę językową, zupełnie jasną dla tych, którzy znają mechanikę niebieską lub — po prostu — dla tych, którzy posiadają tablice ułożone przez astronomów. Pyta mnie ktoś, czy zaćmienie odbyło się w czasie przepowiedzianym. Szukając w tablicach [»Connaisance de Temps«], przekonywam się, że zaćmienie było zapowiedziane na godzinę dziewiątą, i pojmuję, że pytanie to miało oznaczać: Czy zaćmienie odbyło się o godzinie dziewiątej? Powyższe więc wyniki nasze stosują się, bez żadnej zmiany, do przedostatniego również stopnia. Fakt naukowy nie jest niczem innem jak faktem surowym przełożonym na język wygodniejszy.

Prawda, że na ostatnim stopniu zmienia się postać rzeczy. Czy ziemia obraca się? Czy jest to fakt sprawdzalny? Czy Galileusz i Wielki Inkwizytor mogliby, dla porozumienia się, powołać się na świadectwo swych zmysłów? Przeciwnie, byli oni w zgodzie co do pozorów, i nie bacząc na to, jak

wypadłyby doświadczenia zgromadzone, zgadzaliby się oni zawsze co do pozorów, nie godząc się jednak nigdy co do ich interpretacyi. Dlatego to nawet zmuszeni byli uciec się do tak mało naukowych sposobów dyskusyi.

Z tej to przyczyny sądzę, iż nie byli oni w niezgodzie co do faktu; nie mamy prawa nazywać obrotu ziemi, stanowiącego przedmiot ich dyskusyi, tem samem imieniem co owe fakty surowe lub naukowe, które rozważaliśmy dotychczas.

Po uwagach powyższych zbytecznem byłoby rostrząsać pytanie, czy fakt surowy leży poza granicami nauki; nie może bowiem być nauki bez faktu naukowego, ani też faktu naukowego bez surowego, skoro pierwszy jest tylko przekładem drugiego.

Mamyż więc prawo twierdzić, że uczony stwarza fakt naukowy? Przedewszystkiem nie stwarza go *ex nihilo*, lecz w każdym razie z faktu surowego, a więc nie swobodnie i nie jak mu się podoba. Jakkolwiek wprawny byłby robotnik, swoboda jego bądź co bądź jest ograniczona przez własności surowego materyału, który obrabia.

Cóż ostatecznie chcemy powiedzieć, skoro mówimy o tem swobodnem tworzeniu faktu naukowego i przytaczamy przykład astronoma, twierdząc, iż bierze on czynny udział w zjawisku zaćmienia, o ile posługuje się chociażby swym zegarem? Chcemyż przez to powiedzieć, że zaćmienie odbyło się o godzinie dziewiątej, lecz że gdyby astronom chciał, aby odbyło się o dziesiątej, mógłby według woli swej dopiąć tego, przesuwając zegar swój naprzód o godzinę?

Lecz, pozwalając sobie na ten niemądry żart, astronom nasz nadużyłby, oczywiście, nasuwającej się tu dwuznaczności. Istotnie, skoro mówi nam on, że zaćmienie odbyło się o godz. dziewiątej, rozumiemy, że »dziewiąta« jest to godzina wyprowadzona z surowego wskazania zegara sprostowanego przez szereg zwykle używanych poprawek. Skoro więc podałby nam on czy to samo wskazanie surowe, czy też zaopatrzone w poprawki sprzeciwiające się będącym w zwyczaju

prawidłom, zmieniłby język umowny, nie uprzedzając nas o tem. Gdyby zaś nie omieszkał nas uprzedzić, nie mielibyśmy się na co skarżyć, — lecz wówczas byłby to wciąż ten sam fakt, w innym tylko wyrażony języku.

Jednem słowem, wszystko co uczony tworzy w fakcie, sprowadza się do języka, w którym go wyraża. Przepowiadając fakt jakiś, tym właśnie posługiwać się będzie językiem, a dla wszystkich tych, którzy nim władają, przepowiednia jego będzie wolna od dwuznaczności. Skoro zresztą wygłosi swą przepowiednię, nie będzie to już oczywiście zależało od niego, czy ziści się ona lub też nie.

Z tezy więc Le Roy pozostaje to jedynie: uczony bierze czynny udział w wyborze faktów zasługujących na to aby je obserwowano. Fakt odosobniony nie posiada sam przez się żadnego znaczenia; zajmuje się nim uczony wówczas tylko, gdy spodziewa się, iż będzie mógł być pomocnym w przepowiedzeniu innych, albo też, jeżeli przepowiedziano fakt ten, a sprawdzenie go mogłoby prowadzić do stwierdzenia jakiegoś prawa. Któż wybierać będzie fakty czyniące zadość tym warunkom, a tem samem zasługujące na prawo obywatelstwa w nauce? To właśnie stanowić będzie pole swobodnej działalności uczonego.

Nie dość na tem. Powiedziałem, że fakt naukowy jest przekładem faktu surowego na pewien język; powinienem był dodać, że wszelki fakt naukowy składa się z kilku faktów surowych. Dowodzą tego dostatecznie przytoczone powyżej przykłady. Tak naprzykład, zegar mój wskazywał godzinę α w chwili zaćmienia; wskazywał on po za tem godzinę β w chwili ostatniego przejścia pewnej gwiazdy przez południk, który obierzemy jako początek wzniesień prostych [rektascenzyi]; wreszcie wskazywał on godzinę γ w chwili przedostatniego przejścia [przez południk] tejże gwiazdy. Oto trzy różne fakty (możnaby jeszcze dodać, że każdy z nich jest już sam przez się zespołem dwóch jednoczesnych faktów surowych; mniejsza jednak o to). Zamiast tego powiadam:

zaćmienie miało miejsce o godzinie 24 $\frac{\alpha - \beta}{\beta - \gamma}$, — a tem samem trzy owe fakty koncentrują się w jednym, jedynym fakcie naukowym. Uważałem, iż trzy odczytania α, β, γ, poczynione na mym zegarze w trzech różnych chwilach, są pozbawione znaczenia i że interesującą jest jedynie ta ich kombinacya $\frac{\alpha - \beta}{\beta - \gamma}$. W tym to sądzie odnaleść można swobodną działalność mego umysłu.

Tem samem jednak wyczerpałem wszystko co było w mej mocy; nie mogę mianowicie uczynić, aby kombinacya ta $\frac{\alpha - \beta}{\beta - \gamma}$ miała tę a nie inną wartość, albowiem nie mogę wpłynąć ani na wartość α, ani na β, ani też na γ, które narzucają mi się jako fakty surowe.

Jednem słowem, fakty są faktami, a gdy zdarza się, że zgadzają się one z jakąś przepowiednią, to nie dzieje się to za sprawą swobodnej naszej działalności. Między faktem surowym a faktem naukowym niema ostrej granicy; można tylko powiedzieć, że pewne wysłowienie faktu jest bardziej surowe lub też przeciwnie, bardziej naukowe, niż pewne inne.

§ 4. — „Nominalizm" i „Niezmiennik powszechny".

Gdy od faktów przejdziemy do praw, rola swobodnej działalności uczonego stanie się, oczywiście, znacznie większą. Czy jednak Le Roy nie przypisuje jej zbyt wielkiego znaczenia? To właśnie pragnąłbym zbadać.

Przypomnijmy sobie nasamprzód dane przez niego przykłady. Skoro powiadam, że fosfór topi się przy 44°, zdaje mi się, iż wygłaszam prawo, tymczasem zaś jest to poprostu określenie fosforu; gdyby odkryto jakieś ciało, które — posiadając zresztą wszystkie własności fosforu—nie topiłoby się przy 44°, dalibyśmy mu poprostu inną nazwę, a prawo nasze pozostałoby prawdziwem.

Podobnie też, gdy powiadam, że ciała ciężkie w spadku

swobodnym przebiegają drogi proporcyonalne do kwadratów z czasów, daję przez to jedynie określenie spadku swobodnego. Ilekroć warunek ten nie będzie spełniony, tylekroć powiem, że spadek nie był swobodny, tak iż prawo samo nigdy nie będzie zachwiane.

Oczywista, że gdyby prawa do tego tylko się sprowadzały, nie mogłyby one służyć do przepowiadania [zjawisk]; nie mogłyby więc do niczego zgoła służyć, ani jako środek poznania, ani też jako zasada działania [postępowania].

Twierdząc, że fosfór topi się przy 44°, chcę przez to powiedzieć: wszystkie ciała, które posiadają te a te własności (t. j. wszystkie własności fosforu z wyjątkiem punktu topliwości), topią się przy 44°. W takiem zrozumieniu twierdzenie moje jest chyba prawem, a prawo to może dla nas być użyteczne; skoro bowiem napotkamy ciało posiadające owe własności, będziemy mogli przepowiedzieć, że będzie się topiło przy 44°.

Zapewne, okazać się może, iż prawo to jest fałszywe. Wówczas czytać będziemy w podręcznikach chemii: »istnieją dwa ciała, które chemicy przez długi czas jednoczyli pod nazwą fosforu; dwa te ciała różnią się od siebie jedynie pod względem punktu topliwości«. Nie po raz pierwszy to, oczywiście, zdarzyłoby się, iż chemicy zaczęliby oddzielać od siebie dwa ciała, których pierwotnie nie umieli odróżnić, jak np. neodym i praseodym, przez długi czas pomieszane ze sobą pod nazwą didymu.

Nie sądzę wprawdzie, aby chemicy mieli się obawiać, iż podobny wypadek zdarzy się kiedyś fosforowi. Gdyby się jednak zdarzył, obadwa ciała nie posiadałaby prawdopodobnie tej samej identycznie gęstości, ciepła właściwego, i t. d., tak, iż oznaczywszy starannie gęstość, naprzykład, można będzie przewidzieć jeszcze wysokość punktu topliwości.

Mniejsza zresztą o to; dość będzie zauważyć, że jest jakieś prawo, i że prawo to, prawdziwe lub nie, do tautologii jednak się nie sprowadza.

Mógłby ktoś zarzucić, że, jeżeli nie znamy na ziemi ciała, które, posiadając wszystkie inne własności fosforu, nie topi się przy 44°, to nie możemy jednak wiedzieć, czy ciało takie na innych nie istnieje planetach. Zapewne, można tak utrzymywać, a wówczas wynikałoby stąd, że rozważane prawo, które może służyć jako prawidło działania dla nas, mieszkańców ziemi, nie posiada jednak żadnej wartości ogólnej z poznawczego punktu widzenia i zawdzięcza znaczenie swe jedynie tylko wypadkowi, który rzucił nas na ten glob. Jest to możliwe; gdyby tak jednak było, prawo nasze byłoby pozbawione wartości nie dlatego, iż sprowadzałoby się do konwencyi, lecz dlatego, że byłoby fałszywe.

To samo można powiedzieć co do spadania ciał. Na nic nie przydałoby się nam samo udzielenie nazwy spadku swobodnego wszystkim tym spadkom, które odbywają się według prawa Galileusza, gdybyśmy skądinąd nie wiedzieli, że, w takich a takich okolicznościach, spadek będzie prawdopodobnie swobodnym lub w przybliżeniu swobodnym. Mamy tu więc prawo, które mogłoby być prawdziwe lub też nie, które jednak nie redukuje się już do umowy.

Przypuśćmy, że astronomowie odkryją, iż gwiazdy nie podlegają ściśle prawu Newtona. Będą wówczas mieli do wyboru dwie drogi: będą mogli powiedzieć, albo, że ciążenie nie zmienia się dokładnie w stosunku odwrotnym do kwadratu odległości, albo też, że ciążenie nie stanowi jedynej siły działającej na gwiazdy, lecz, że przyłącza się doń siła innego jeszcze rodzaju.

W ostatnim razie uważanoby prawo Newtona jako określenie ciążenia, — a byłoby to stanowiskiem nominalistycznem. Wybór atoli między jednem a drugiem stanowiskiem jest wolny, a rostrzyga się go, opierając się na względach wygody, aczkolwiek względy te najczęściej tak bywają potężne, iż praktycznie niewiele z owej wolności wyboru pozostaje.

Twierdzenie: (1) gwiazdy podlegają prawu Newtona, — możemy rozłożyć na dwa inne:

(2) ciążenie podlega prawu Newtona,

(3) ciążenie jest jedyną działającą na gwiazdy siłą.

W takim razie (2) jest już tylko określeniem i wymyka się z pod kontroli doświadczalnej; wówczas jednak twierdzenie (3) kontroli takiej podlegać będzie. Tak też być powinno, skoro twierdzenie wypadkowe [t. j. złożone] (1) daje przepowiednie faktów surowych sprawdzalnych.

Dzięki takim to właśnie fortelom uczeni, przez nominalizm bezwiedny, wznieśli po nad prawa to, co nazywają zasadami. Gdy pewne prawo zostało dostatecznie stwierdzone przez doświadczenie, możemy obrać względem niego dwojakie stanowisko: albo pozostawić je w mieszaninie, a wówczas będzie ono podlegało ustawicznej rewizyi, która koniec końcem okaże niewątpliwie, iż prawo to jest tylko przybliżone; albo też wynieść je do godności zasady, przyjmując umowy takie, iżby twierdzenie było z pewnością prawdziwe. W tym celu postępuje się zawsze w ten sam sposób.

Prawo pierwotne wyrażało pewien stosunek między dwoma faktami surowemi A i B; otóż, między dwa te fakty surowe wprowadza się człon pośredni, abstrakcyjny, C, mniej lub więcej fikcyjny (takim w poprzednim przykładzie był nieuchwytny byt ciążenia), a wówczas mamy pewien związek między A i C, który możemy uważać jako ścisły i który stanowić będzie z a s a d ę, oprócz tego zaś inny związek między C i B, który będzie p r a w e m podlegającem rewizyi.

Odtąd zasada, że tak powiem — skrystalizowana, nie podlega już kontroli doświadczalnej; nie jest ona prawdziwą, ani fałszywą, lecz wygodną.

Częstokroć postępowanie takie okazywało się bardzo korzystnem; oczywista jednak, że gdyby w s z y s t k i e prawa przekształcono na zasady, nie pozostałoby n i c z całej nauki. Każde prawo daje się rozłożyć na zasadę i prawo [właściwe]; gdybyśmy jednak nie wiem jak daleko posunęli

ten proces rozkładania, pozostaną, oczywiście, zawsze jeszcze pewne prawa.

Nominalizm posiada tedy pewne granice, a to właśnie moglibyśmy przeoczyć, gdybyśmy twierdzenia Le Roy w dosłownem ich przyjęli brzmieniu.

Pobieżny przegląd nauk pozwoli nam lepiej zrozumieć, jakie mianowicie są to granice. Nominalistyczny punkt widzenia, daje się usprawiedliwić wówczas tylko, gdy jest wygodny. Kiedyż więc j e s t wygodny?

Doświadczenie zapoznaje nas ze stosunkami, które zachodzą między ciałami; jest to fakt surowy. Otóż, stosunki te są nadzwyczaj zawiłe. Zamiast tedy rozważać bezpośrednio stosunek ciał A i B, wprowadzamy między nie człon pośredni, a mianowicie przestrzeń, i rozważamy trzy różne stosunki: stosunek ciała A do figury przestrzennej A', stosunek ciała B do figury przestrzennej B i wreszcie stosunek wzajemny dwóch figur A' i B'. Jakaż stąd korzyść? Oto, stosunek między A i B był zawiły, lecz różnił się niewiele tylko od stosunku między A' i B', a ten właśnie jest prosty tak iż ów stosunek zawiły daje się zastąpić przez stosunek prosty między A' i B' i przez dwa inne stosunki orzekające, że różnice między A i A' z jednej, oraz B i B' z drugiej strony są b a r d z o m a ł e. Jeżeli, naprzykład, A i B są dwiema naturalnemi bryłami stałemi, które przesuwają się i jednocześnie odkształcają się nieco, rozważać będziemy dwie figury [bryły geometryczne] A' i B' ruchome, lecz n i e z m i e n n e. Prawa przesunięć względnych figur tych A' i B, będą bardzo proste; będą to mianowicie prawa geometryi. Dodamy następnie, że ciało A, które zawsze różni się bardzo mało od A', rozszerza się skutkiem ciepła i zgina się dzięki swej sprężystości. Rozszerzenia te zaś i zgięcia, dlatego właśnie, iż są bardzo małe, dadzą się względnie łatwo zbadać.

Gdybyśmy natomiast chcieli ująć w jedno twierdzenie przesunięcie ciała stałego, zmianę jego objętości i odkształ-

cenie, łatwo sobie wyobrazić, do jakich doprowadziłoby to nas zawiłości językowych.

Stosunek między A i B, stanowiący prawo surowe, rozłożył się, a dzięki temu otrzymaliśmy dwa prawa wyrażające stosunki A do A' i B do B' oraz jedną zasadę, która wyraża stosunek między A' i B'. Całokształt takich właśnie zasad nazywa się geometryą.

Jeszcze dwie uwagi. Mamy pewien stosunek zachodzący między dwoma ciałami A i B, który zastąpiliśmy przez stosunek między dwiema figurami A' i B'; lecz tenże sam stosunek między temiż figurami A', B' mógłby również dobrze zastępować korzystnie stosunek między dwoma innemi ciałami A'' i B'', zupełnie różnemi od A i B, a to w wieloraki sposób. Gdyby nie wynaleziono zasad i geometryi, po zbadaniu stosunku między A i B należałoby a b o v o rozpocząć badanie stosunku między A'' i B''. Dlatego to geometrya jest tak cenna. Stosunek geometryczny może zastępować korzystnie pewien stosunek, który w stanie surowym należałoby uważać jako mechaniczny, pewien inny stosunek, który należałoby uważać jako optyczny, i t. d.

Niechaj jednak nikt nie powie, że dowodzi to, iż geometrya jest nauką doświadczalną, że oddzielając jej zasady od praw, z których je wyprowadzono, oddzielamy ją samą sztucznie od nauk, które ją zrodziły; że inne nauki również posiadają swe zasady, że to jednak nie przeszkadza nazywać je doświadczalnemi.

Przyznać należy, iż trudnoby było obejść się bez tego podziału pomawianego o sztuczność. Znaną jest rola, którą w genezie geometryi odegrała kinematyka ciał stałych. Mamyż jednak powiedzieć, że geometrya jest tylko gałęzią kinematyki doświadczalnej? Ależ prawa prostolinijnego rozchodzenia się światła również przyczyniły się do utworzenia zasad geometryi. Czyż należałoby wobec tego uważać geometryę jednocześnie jako gałęź kinematyki i jako gałęź optyki? Przypomnę tu zresztą, że naszą przestrzeń euklidesową, stanowiącą właściwy przedmiot geometryi, wybrano, ze względ-

dów wygody, z pośród pewnej liczby typów preegzystujących w naszym umyśle a nazwanych grupami.

Przechodząc do Mechaniki, napotkamy i tu wielkie zasady o analogicznem pochodzeniu, a ponieważ ich »promień działania« — że tak powiem — jest mniejszy, nie mamy powodu oddzielać ich od mechaniki właściwej i uważać naukę tę jako dedukcyjną.

We fizyce wreszcie rola zasad jest bardziej jeszcze uszczuplona. Istotnie też, wprowadzamy je wówczas tylko, gdy to jest korzystne. Otóż dają one pewną korzyść o tyle tylko, o ile właśnie są nieliczne, tak iżby każda z nich zastępowała mniej więcej znaczną liczbę praw. Nie zależy nam tedy na ich mnożeniu. Zresztą, aby dojść do celu, należy bądź co bądź rozstać się wreszcie z abstrakcyą i zetknąć się z rzeczywistością.

Oto są granice nominalizmu, a są to granice ciasne.

Le Roy nie dał jednak za wygraną i postawił kwestyę w innej jeszcze postaci.

Ponieważ sposób wysłowienia praw naszych może się zmieniać wraz z przyjmowanemi przez nas umowami, ponieważ umowy te mogą zmodyfikować same nawet stosunki naturalne tych praw, należy zapytać, czy w całokształcie praw tych istnieje coś niezależnego od owych umów, coś, co mogłoby odgrywać, że tak powiem, rolę niezmiennika powszechnego? Tak naprzykład, wprowadzono fikcyę istot, które, wychowawsy się w świecie odmiennym od naszego, stworzyły sobie geometryę nie — euklidesową. Otóż, gdyby istoty te przeniesiono nagle do naszego świata, spostrzegłyby one te same co i my prawa, lecz wyraziłyby je w sposób inny zupełnie. Właściwie dwa te sposoby wysłowienia miałyby jeszcze ze sobą coś wspólnego, ale to dlatego, że istoty te nie różnią się jeszcze dość od nas. Można atoli pomyśleć sobie dziwniejsze jeszcze istoty, a wówczas część wspólna obydwu układom, czyli sposobom wysłowienia praw będzie coraz to mniejsza. Zachodzi tedy pytanie, czy malejąca ta część wspólna będzie dążyła do zera, czy też raczej

pozostanie pewna nie dająca się zredukować reszta, która stanowiłaby wówczas ów poszukiwany niezmiennik powszechny.

Pytanie to wymaga ściślejszego określenia. Czy wspólna część owa ma się dać wyrazić słowami? W takim razie należałoby oczywiście uwzględnić, że niema słów wspólnych wszystkim językom, że więc nie możemy wymagać, aby zbudowano nie wiem jaki niezmiennik powszechny, któryby był zrozumiały zarówno dla nas, jak i dla owych fikcyjnych geometrów nie-euklidesowych, — zupełnie jak nie możemy zbudować zdania zrozumiałego zarówno dla niemców nieznających języka francuskiego, jak i dla francuzów nieznających niemieckiego. Posiadamy atoli stałe prawidła, które dają nam możność tłumaczenia zdań francuskich na język niemiecki i niemieckich na francuski. W tym to właśnie celu ułożono gramatyki i słowniki. Istnieją też stałe prawidła dla tłumaczenia języka euklidesowego na nie — euklidesowy, a gdyby ich nie było, możnaby je zbudować.

A gdyby nawet nie było tłumaczy, ani słowników, gdyby niemcy i francuzi, przeżywszy stulecia całe w światach odrębnych, nagle zetknęli się wzajem, — czyż nie byłoby nic wspólnego między nauką zawartą w książkach niemieckich a nauką zawartą we francuskich? Koniec końcem, francuzi i niemcy zrozumieliby się niezawodnie, podobnie jak indyanie amerykańscy po najściu hiszpanów, zaczęli ostatecznie rozumieć język swych zwycięzców.

Zapewne, — odpowie ktoś, — francuzi mogliby zrozumieć niemców, nie ucząc się nawet języka niemieckiego, ale to dlatego tylko, że między jednymi a drugimi zawsze jeszcze pozostaje coś wspólnego, jedni bowiem i drudzy są ludźmi; możnaby jeszcze porozumieć się nawet z owymi hypotetycznymi nie — euklidesowczykami, chociaż nie byliby już ludźmi, ale dlatego tylko, że zawsze jeszcze posiadaliby w sobie coś ludzkiego. Bądź co bądź, pewne minimum człowieczeństwa jest niezbędne.

Być może; lecz w takim razie zauważyłbym przede-

wszystkiem, że owa niewielka reszta człowieczeństwa, która pozostałaby istotom nie-euklidesowym, wystarczyłaby do przetłumaczenia nietylko pewnej małej cząstki ich języka, lecz całego ich języka.

Przyznaję tedy, że pewne minimum takie jest niezbędne.

Przypuśćmy, naprzykład, że istnieje jakiś płyn, który przenika między wszystkie cząsteczki naszej materyi, nie wywierając jednak na nią, ani też nie doznając od niej żadnego działania; przypuśćmy, dalej, że jakieś istoty są wrażliwe na wpływ tego płynu, lecz niewrażliwe na działanie naszej materyi. Wówczas oczywiście nauka tych istot różniłaby się najzupełniej od naszej, i nadaremnie szukalibyśmy wspólnego im i nam »niezmiennika«. Nieinaczej też byłoby, gdyby istoty owe odrzucały naszą logikę i nie przyjmowały np. zasady sprzeczności.

Doprawdy jednak sądzę, że podobnemi przypuszczeniami nie warto się zajmować.

Skoro jednak nie posuniemy się do pomysłów aż tak dziwacznych, skoro zadowolimy się fikcyą istot obdarzonych zmysłami podobnemi do naszych, czułych na te same wrażenia i wyznających zasady naszej logiki, będziemy mogli powiedzieć, że język ich, jakkolwiek różny od naszego, zawsze jeszcze da się przetłumaczyć.

Otóż, możliwość przekładu implikuje istnienie niezmiennika. Tłumaczyć — znaczy właśnie: wydzielić ten niezmiennik. Podobnie też odcyfrowanie dokumentu kryptograficznego nie jest niczem innem jak szukaniem tego, co w dokumencie tym pozostaje niezmienne, gdy przestawiamy jego litery.

Jaką zaś jest istota tego niezmiennika, z tego nietrudno zdać sobie teraz sprawę, i wystarczy nam w tym względzie słów kilka. Oto prawami niezmiennemi są stosunki między faktami surowemi, podczas gdy stosunki między »faktami naukowemi« są zawsze jeszcze zależne poniekąd od pewnych umów.

Rozdział Jedenasty.

Nauka a Rzeczywistość.

§ 5. — Przypadkowość i determinizm.

Nie zamierzam tu rostrząsać kwestyi przypadkowości praw przyrody, nierozwiązalnej oczywiście, a tylekroć już omawianej.

Chciałbym natomiast podnieść tylko, w ilu różnych znaczeniach używano wyrazu »przypadkowość« [contingence] i jak dobrze byłoby odróżniać je wzajemnie.

Jeżeli rozpatrujemy jakiekolwiek prawo szczególne, możemy z góry być pewni, że może ono być jedynie przybliżonem. Istotnie, wywodzi się ono ze sprawdzeń doświadczalnych, te zaś były tylko przybliżone i nie mogły być inne. Należy zawsze oczekiwać, że pomiary dokładniejsze zniewolą nas do wprowadzenia nowych wyrazów do wzorów naszych; tak naprzykład rzecz się miała z prawem Mariotte'a.

Pozatem, wysłowienie jakiegokolwiek prawa jest z konieczności niezupełne. Istotnie, powinnoby ono zawierać wszystkie warunki, przy których nastąpić może dany skutek. Należałoby przedewszystkiem opisać wszystkie warunki doświadczenia, które mamy wykonać, a wówczas prawo brzmiałoby: jeżeli wszystkie te warunki będą spełnione, zastąpi takie a takie zjawisko.

Będziemy jednak pewni, że nie zapomnielibyśmy o żadnym z tych warunków, wówczas dopiero, gdy opiszemy dla chwili t stan całego wszechświata; istotnie, wszystkie części wszechświata mogą wpływać w mniejszym lub większym stopniu na zjawisko mające nastąpić w chwili $t + dt$.

Otóż opis taki nie daje się, oczywiście, ująć w sformułowaniu prawa, a gdyby to zresztą uczyniono, prawo przestałoby być stosowane; gdyby wymagano spełnienia się tak

licznych jednocześnie warunków, byłoby mało prawdopodobnem, aby się one kiedykolwiek wszystkie społem urzeczywistniły.

Ponieważ tedy nie będziemy nigdy pewni, iż nie zapomnieliśmy jakiegoś warunku istotnego, nie będziemy mogli powiedzieć, że jeżeli takie a takie warunki urzeczywistnią się, nastąpi takie a takie zjawisko, lecz tylko: jeżeli urzeczywistnią się te a te warunki, nastąpi prawdopodobnie zjawisko mniejwięcej takie a takie.

Weźmy np. prawo ciążenia, które ze wszystkich znanych praw jest najmniej niedoskonałe. Daje nam ono możność przewidywania ruchu planet. Posługując się niem, naprzykład, w celu obliczenia orbity Saturna, zaniedbujemy działanie gwiazd, a postępując w ten sposób, jesteśmy pewni, że nie popełniamy błędu; wiemy bowiem, że gwiazdy są zbyt odległe, aby działanie ich mogło być dostrzegalne.

Twierdzimy tedy z zupełną niemal pewnością, że spółrzędne Saturna o pewnej godzinie będą zawarte między takiemi a takiemi granicami. Czyż pewność ta jednak jest bezwzględna?

Czyż nie mogłaby kędyś we wszechświecie istnieć jakaś olbrzymia masa, większa znacznie od wszelkich znanych gwiazd, a której działanie dawałoby się odczuć na wielką bardzo odległość? Masa taka mogłaby się poruszać z olbrzymią prędkością, a krążąc aż dotąd w tak odległych dziedzinach, iż wpływ jej byłby dla nas niedostrzegalny, mogłaby nagle przejść niedaleko nas. Z pewnością wywołałaby ona wówczas w naszym układzie słonecznym potężne zakłócenia, których nie moglibyśmy przewidzieć. Otóż, na to można jedynie odpowiedzieć, że ewentualność taka jest zupełnie nieprawdopodobną, a więc zamiast twierdzić, że Saturn znajdzie się w pobliżu pewnego punktu sklepienia niebieskiego, powinnibyśmy ograniczyć się do twierdzenia, że Saturn znajdzie się prawdopodobnie w pobliżu tego punktu. Aczkolwiek prawdopodobieństwo to jest praktycznie równoważne pewności, jest ono przecież tylko prawdopodobieństwem.

Ze wszystkich tych względów każde prawo będzie zawsze tylko przybliżone i prawdopodobne. Uczeni nie zapoznawali nigdy tej prawdy; sądzą oni jednakże, słusznie czy też nie, że każde prawo da się zastąpić przez inne, bardziej przybliżone i prawdopodobniejsze, że nowe to prawo będzie ze swej strony również tylko prowizoryczne, że jednak postęp ten będzie trwał nieograniczenie, tak iż nauka w miarę swego rozwoju posiadać będzie prawa coraz to prawdopodobniejsze, że przybliżenie wreszcie różnić się będzie dowolnie mało od dokładności a prawdopodobieństwo od pewności.

Jeżeli uczeni, którzy tak sądzą, mają słuszność, czyż można jeszcze twierdzić, że prawa przyrody są przypadkowe, aczkolwiek każde prawo, wzięte z osobna, zasługuje może na tę nazwę?

Czy też może należałoby, przed zawyrokowaniem przypadkowości praw przyrody, wymagać, aby postęp ów miał swój kres, aby uczony w poszukiwaniu coraz to lepszego przybliżenia został wreszcie wstrzymany kiedyś, i po za pewną granicą napotykał w przyrodzie sam tylko kaprys?

Według poglądu, o którym dopiero co mówiłem, (a który nazwałbym poglądem naukowym), każde prawo jest niedoskonałem tylko i prowizorycznem wypowiedzeniem, lecz będzie kiedyś zastąpione przez inne, wyższe prawo, którego grubym jest tylko obrazem. Nie pozostaje tedy miejsca na interwencyę wolnej woli.

Zdaje mi się, że kinetyczna teorya gazów dostarczy nam wybitnego przykładu.

Jak wiadomo, w teoryi tej tłumaczy się wszystkie własności gazów za pomocą pewnej prostej hypotezy; przypuszcza się mianowicie, że wszystkie cząsteczki gazu poruszają się we wszelkich możliwych kierunkach z wielkiemi prędkościami i biegną po torach prostolinijnych, od których zbaczają wówczas tylko, gdy zbliżają się bardzo do ścian naczynia lub też do innych cząsteczek. Skutki, które tępemi zmysłami naszemi dostrzedz możemy, są wynikami prze-

c i ę t n e m i, a w przeciętnych tych znaczne odchylenia kompensują się wzajemnie, a przynajmniej jest bardzo nieprawdopodobnem, aby się nie kompensowały, — tak iż zjawiska postrzegalne podlegają prostym prawom, jak prawo Mariotte'a lub Gay-Lussaca. Lecz owa kompensacya odchyleń jest ostatecznie tylko prawdopodobną. Cząsteczki zmieniają bezustannie swe położenia, a figury, które przy tych ustawicznych przesunięciach tworzą, przechodzą kolejno przez wszystkie możliwe kombinacye, tylko że kombinacye te są bardzo liczne i wszystkie prawie są zgodne z prawem Mariotte'a; niektóre tylko odchylają się odeń. I te również urzeczywistnią się, lecz należałoby długo na nie czekać; gdybyśmy obserwowali dany gaz w ciągu dość długiego czasu, z pewnością spostrzeglibyśmy nareszcie, jak odchyla się, na krótki bardzo odstęp czasu, od prawa Mariotte'a. Jak długo należałoby czekać? Gdybyśmy chcieli obliczyć prawdopodobną liczbę lat, okazałoby się, że jest ona tak wielka, iż dla podania tylko samej liczby jej cyfr należałoby wypisać liczbę dwunastocyfrową. Mniejsza o to; wystarcza nam to, że jest ona skończoną.

Nie zamierzam rostrząsać tu wartości tej teoryi. Jeżeli zgodzimy się na nią, prawo Mariotte'a będzie dla nas, oczywiście, przypadkowem tylko, przyjdzie bowiem czas, gdy nie będzie już ono prawdziwe. A przecież, czy zwolennicy teoryi kinetycznej są przeciwnikami determinizmu? Bynajmniej; są to najniezłomniejsi z pośród wszystkich wyznawców mechanistycznego poglądu. Cząsteczki ich biegną po torach niezmiennych, od których odchylają się jedynie tylko pod wpływem sił zmieniających się z odległością według prawa zupełnie określonego. W systemie ich niema żadnego miejsca ani dla wolności, ani dla czynnika ewolucyjnego we właściwem znaczeniu wyrazu, ani też dla czegokolwiekbądź, co możnaby nazwać przypadkowem. Aby uniknąć nieporozumienia, dodam jeszcze, iż niema tu nawet ewolucyi samego prawa Mariotte'a; po nie wiem ilu stuleciach przestaje ono być prawdziwe, lecz już po upływie małego ułamka sekundy staje

się znowu prawdziwem, i to na niezliczoną liczbę dalszych stuleci.

A skoro już wymówiłem słowo »ewolucya«, usuńmy jeszcze jedno nieporozumienie. Częstokroć mówi się: kto wie, czy prawa nie rozwijają się, i czy nie okaże się kiedyś, że w epoce węgla były innemi niż dzisiaj? Cóż mamy przez to rozumieć? To, co zdaje się nam, iż wiemy o stanie przeszłym naszego globu, wyprowadzamy z jego stanu teraźniejszego. A czynimy to za pomocą praw przypuszczalnie znanych. Prawo, jako związek między antecedensem a następstwem, pozwala nam zarówno wyprowadzić drugie z pierwszego, t. j. przewidywać przyszłość, jak też pierwszy z drugiego t. j. wnioskować z teraźniejszości o przeszłości. Astronom, znając obecne położenie ciał niebieskich, może stąd wyprowadzić za pomocą prawa Newtona ich położenie przyszłe, co też czyni istotnie, układając efemerydy; z położenia obecnego może on również wyprowadzić ich położenie przeszłe. Otóż rachunki takie nie mogą go pouczyć, że prawo Newtona przestanie być prawdziwe w przyszłości; samo to bowiem prawo stanowi właśnie jego punkt wyjścia. Z rachunków takich nie będzie on też mógł wyczytać, że prawo to nie było prawdziwe w przeszłości. Co do przyszłości przynajmniej, efemerydy ułożone przez naszego astronoma będą mogły uledz kiedyś kontroli, i potomkowie nasi przekonają się może, że były one fałszywe. Co do przeszłości jednak, przeszłości geologicznej, która nie miała świadków, wyniki jego rachunku, podobnie jak wyniki wszelkich wogóle spekulacyj, w których chodzi o wyprowadzenie przeszłości z teraźniejszości, wymykają się z samej już istoty rzeczy z pod wszelkiej kontroli. Gdyby więc prawa przyrody były inne w epoce węgla niż obecnie, nie moglibyśmy nigdy dowiedzieć się o tem, dlatego, że o epoce owej możemy wiedzieć jedynie to, co wyprowadzamy z przypuszczenia trwałości tych praw.

Mógłby ktoś odpowiedzieć na to, że przypuszczenie to mogłoby prowadzić do wyników sprzecznych i że wówczas

bylibyśmy zniewoleni do porzucenia go. Tak naprzykład, co do pochodzenia życia, można wnosić, że istniały zawsze istoty żywe, ponieważ w świecie teraźniejszym widzimy zawsze tylko, iż życie rodzi się z życia; z drugiej jednak strony można twierdzić, że nie istniały one zawsze, ponieważ z zastosowania obecnych praw fizyki do teraźniejszego stanu naszego globu wynika, iż był on niegdyś tak gorący, że życie było na nim niemożliwe. Sprzeczności tego rodzaju dają się atoli zawsze usunąć, a mianowicie w dwojaki sposób: można przypuścić, że teraźniejsze prawa przyrody nie są dokładnie takie, jakie założyliśmy, albo też że jest tak obecnie, lecz że nie zawsze tak było.

Oczywista, że aktualne prawa nie będą nigdy dość dobrze znane, abyśmy nie mogli uciec się do pierwszego z tych rozwiązań i abyśmy byli zniewoleni do przyjęcia ewolucyi praw przyrody.

Z drugiej strony, dopuśćmy na chwilę podobną ewolucyę; załóżmy, że ludzkość trwa dość długo, aby ewolucya ta mogła mieć świadków. Ten sam antecedens niechaj wytworzy np. następstwa różne w epoce węgla i w epoce czwartorzędnej. Będzie to znaczyło oczywiście, że antecedensy są w przybliżeniu tylko jednakowe: gdyby bowiem wszystkie okoliczności były identyczne, epoki te nie dałyby się wzajemnie odróżnić. Oczywiście więc nie to się przypuszcza. Sprawa redukuje się ostatecznie do tego, że ten lub ów antecedens, któremu towarzyszą takie a takie okoliczności akcesoryczne, daje takie a takie następstwo, i że ten sam antecedens przy pewnych innych okolicznościach akcesorycznych daje pewne inne następstwo. Czas sam nic tu nie stanowi.

Prawo w tej postaci, w jakiej wygłosiłaby je nauka źle poinformowana, a według którego pewien antecedens sprowadzałby zawsze pewne następstwo niezależnie od okoliczności akcesorycznych, prawo to, powiadam, które było jedynie przybliżonem i prawdopodobnem, należy zastąpić przez inne prawo, dokładniejsze i bardziej prawdopodobne, w którem

owe okoliczności akcesoryczne byłyby uwzględnione. Wracamy tedy wciąż do tegoż procesu, który zanalizowaliśmy powyżej, a gdyby ludzie odkryli coś podobnego, nie powiedzieliby, że rozwinęły się prawa, lecz że zmieniły się okoliczności.

Mamy tedy sporo różnych znaczeń wyrazu »przypadkowość«. Le Roy posługuje się wszystkiemi, nie odróżniając ich dostatecznie, nadto zaś wprowadza jeszcze jedno nowe znaczenie. Prawa doświadczalne są tylko przybliżone, a jeżeli niektóre z pośród nich wydają się nam ścisłemi, to dlatego jedynie, że przekształciliśmy je sztucznie na to, co powyżej nazwałem zasadami. Przekształcenie to wykonaliśmy dowolnie, a ponieważ kaprys, który nami przy tem powodował, jest czemś wybitnie przypadkowem, przeleliśmy tę przypadkowość na samo też prawo. W tem to znaczeniu powiedzieć można, że determinizm opiera się na założeniu swobody, gdyż dobrowolnie właśnie stajemy się deterministami. Czytelnik zgodzi się może na to, iż w rozumowaniu takiem przypisuje się zbyt wielką rolę nominalizmowi, i że wprowadzenie tego nowego znaczenia »przypadkowości« nie będzie bardzo pomocnem w rozwiązaniu wszystkich tych zagadnień, które nasuwają się same przez się, a o których powiedzieliśmy słów kilka.

Nie zamierzam tu bynajmniej badać podstaw zasady indukcyi; wiem zbyt dobrze, że nie podołałbym temu zadaniu; również trudno jest usprawiedliwić tę zasadę, jak pominąć ją. Chciałbym jedynie pokazać, jak posługują się nią uczeni i jak zmuszeni są do tego.

Ilekroć odtworzy się ten sam antecedens, musi również odtworzyć się to samo następstwo; oto zwykłe sformułowanie. W tej jednak postaci zasada ta nie mogłaby do niczego służyć. Aby można było powiedzieć, że odtworzył się ten sam antecedens, musiałyby odtworzyć się w s z y s t k i e okoliczności, gdyż żadna nie jest zupełnie obojętną, i musiałyby odtworzyć się d o k ł a d n i e. Ponieważ zaś to nie ziści się nigdy, zasada nie znajdzie żadnego zastosowania.

Należy tedy zmienić jej wysłowienie i powiedzieć raczej: jeżeli antecedens A sprowadził kiedyś następstwo B, natenczas antecedens A' nie wiele różny od A, wywoła następstwo B' niewiele różne od B. W jakiż jednak sposób poznamy, że A i A' są »niewiele różne«? Jeżeli jedna z okoliczności daje się wyrazić przez liczbę i liczba ta posiada w obydwu wypadkach wartości bardzo bliskie siebie, znaczenie wyrazów tych jest względnie jasne, a zasada wyraża wówczas, że następstwo jest funkcyą ciągłą antecedensu. Jako prawidło praktyczne wynika zaś stąd, że mamy prawo posługiwać się interpolacyą. Istotnie też uczeni czynią to na każdym kroku, i bez interpolacyi nauka byłaby zgoła niemożliwa.

Zwróćmy jednak uwagę na następującą jeszcze okoliczność. Prawo poszukiwane może wyrazić się przez pewną krzywą. Doświadczenie dało nam pewne tylko punkty tej krzywej. Otóż, na mocy powyższej zasady sądzimy, że punkty te można połączyć linią ciągłą, i linię tę rysujemy »na oko«. Przypuśćmy teraz, że nowe doświadczenia dają nam nowe punkty krzywej. Jeżeli punkty te leżą nazewnątrz linii uprzednio narysowanej, będziemy musieli zmienić naszą krzywą, nie zaś porzucić naszą zasadę. Otóż przez jakiekolwiek punkty i nie wiem jak liczne, można zawsze przeprowadzić krzywą ciągłą. Jeżeli krzywa ta będzie zbyt kapryśną, zdziwi nas to niezawodnie (a nawet wzbudzi w nas podejrzenie, że popełniono błędy doświadczalne), nie obali jednak wprost samej zasady.

Dalej, pośród okoliczności danego zjawiska uważamy pewne jako dające się zaniechać i powiadamy, że A i A mało różnią się od siebie wówczas, gdy są od siebie różne jedynie ze względu na te właśnie okoliczności akcesoryczne. Tak np. stwierdzam, że wodór i tlen łączą się pod wpływem iskry, i jestem pewny, że dwa te gazy połączą się znowu kiedyindziej, nie bacząc na to, że tymczasem zmieniła się znacznie długość Jowisza. Przypuszczamy np., że stan ciał odległych nie może mieć dostrzegalnego wpływu na zjawi-

ska ziemskie, przypuszczenie to istotnie narzuca się nam; są atoli wypadki, w których wybór takich okoliczności praktycznie obojętnych jest połączony z większym stopniem dowolności, i wymaga, że tak powiem, więcej węchu.

Jeszcze jedna uwaga: zasada indukcyi nie dałaby się stosować, gdyby w przyrodzie nie istniało wiele ciał podobnych do siebie, lub mniejwięcej podobnych, i gdyby nie można było wnioskować np. z jednego kawałka fosforu o innym kawałku fosforu.

Skoro zastanowimy się nad powyższemi uwagami, problemat determinizmu i przypadkowości przedstawi się nam w nowem oświetleniu.

Przypuśćmy, że możemy ogarnąć cały szereg zjawisk wszechświata w całej rozciągłości czasu. Moglibyśmy wówczas rozpatrywać to, co nazwałbym sekwencyami, t. j. związki między antecedensem a następstwem. Nie mam tu na myśli związków stałych czyli praw, lecz rozważam z osobna (indywidualnie) poszczególne sekwencye urzeczywistnione.

Otóż, poznalibyśmy wówczas, że między temi sekwencyami niema dwóch zupełnie jednakowych. Jeżeli jednak zasada indukcyi, w postaci powyższej, jest prawdziwa, będą istniały sekwencye mniejwięcej jednakowe i dające się obok siebie umieścić. Innemi słowy: będzie można przeprowadzić ich klasyfikacyę.

Do możliwości i prawomocności takiej właśnie klasyfikacyi sprowadza się ostatecznie determinizm. Oto wszystko, co pozostaje zeń po analizie powyższej. Być może, że w tej skromnej postaci wyda on się moralistom mniej strasznym.

Powie ktoś niezawodnie, że tym sposobem wrócilibyśmy na okólnej drodze do wniosku Le Roy, który niedawno, jak się zdawało, odrzuciliśmy, a mianowicie do wniosku, że jest się deterministą dobrowolnie. Istotnie, wszelka klasyfikacya implikuje czynną interwencyę klasyfikatora. Przyznaję, że można tak utrzymywać, zdaje mi się jednak, że ta okólna

droga nie była bez korzyści i że przyczyniła się poniekąd do wyjaśnienia nam sprawy.

§ 6. — Przedmiotowość nauki.

Jaka jest wartość przedmiotowa nauki? Przedewszystkiem zaś; co mamy rozumieć przez przedmiotowość?

Poręką przedmiotowości świata, w którym żyjemy, jest dla nas to, że świat ten jest wspólny nam i innym istotom myślącym. Dzięki styczności naszej z innymi ludźmi otrzymujemy od nich pewne gotowe zupełnie rozumowania, o których wiemy wprawdzie, że nie pochodzą od nas, w których jednak poznajemy dzieło istot podobnie jak my rozumnych. A ponieważ rozumowania te zdają się dotyczyć świata naszych własnych czuć, sądzimy, że można stąd wnosić, iż rozumne te jestestwa widziały to samo co my; dzięki temu jedynie wiemy, że nie śniliśmy tylko.

Taki jest tedy pierwszy warunek przedmiotowości: co jest przedmiotowe, musi być wspólne wielu umysłom, a więc takie, iżby jeden mógł je udzielić drugiemu, a ponieważ to daje się uskutecznić jedynie za pomocą »mowy« [»discours«], która napawa Le Roy taką nieufnością, przeto zmuszeni jesteśmy do wniosku, że bez mowy niema przedmiotowości.

Czucia innych są dla nas światem raz na zawsze zamkniętym. Czy czucie, które nazywam »czerwonem«, jest to samo co czucie, które mój bliźni temże imieniem nazywa? Nie posiadam żadnego środka, aby to sprawdzić.

Przypuśćmy, że wiśnia i mak polny wywołują we mnie czucie A, w bliźnim zaś moim czucie B, że natomiast liść wywołuje we mnie czucie B, w nim zaś czucie A. O tem nigdy oczywiście nie dowiemy się niczego, albowiem ja będę nazywał »czerwonem« czucie A, »zielonem« zaś B, podczas gdy on nazywać będzie pierwsze »zielonem«, drugie zaś »czerwonem«. Za to jednak będziemy mogli skonstatować, że zarówno we mnie jak i w nim wiśnia i mak wywołują to samo czucie, ponieważ czuciom swym daje on tę samą nazwę i ja to samo czynię.

Same więc czucia nie dają się komunikować [sont intransmissibles], a raczej wszystko to, co jest w nich czystą jakością, jest nieprzenośne i nie daje się nigdy przeniknąć. To jednak nie dotyczy stosunków między czuciami.

Z tego punktu widzenia wszystko, co jest przedmiotowe, jest pozbawione wszelkiej zgoła jakości i sprowadza się do czystego stosunku. Nie poszedłbym wprawdzie aż tak daleko, aby powiedzieć, że przedmiotowość nie jest niczem innem jak czystą ilością (co równałoby się zbytniemu zacieśnieniu istoty rozważanych stosunków); pojmujemy jednak, jak — nie pamiętam już kto mógł posunąć się do twierdzenia, że świat jest tylko równaniem różniczkowem.

Przy wszelkich zastrzeżeniach co do tego paradoksalnego twierdzenia, musimy bądź co bądź przyznać, że nic nie jest przedmiotowem, co nie byłoby przenośnem, że więc wartość przedmiotową mogą posiadać jedynie stosunki między czuciami.

Zarzuci mi ktoś może, iż wzruszenie estetyczne, wspólne wszystkim ludziom, jest przecież dowodem, że również strony jakościowe naszych czuć są u wszystkich ludzi te same, a więc też przedmiotowe. Po pewnem jednak zastanowieniu, zrozumiemy, że nie jest to żadnym dowodem; właściwie dowiedzionem jest to tylko, że wzruszenie to powstaje zarówno u Piotra jak u Pawła dzięki czuciom, które obaj nazywają tem samem imieniem, albo też dzięki odpowiednim kombinacyom tych czuć, — bądź to, że emocya ta kojarzy się u Piotra z czuciem *A*, które Piotr nazywa »czerwonem«, podczas gdy równolegle kojarzy się ona u Pawła z czuciem *B*, które Paweł nazywa »czerwonem«, bądź też raczej dlatego, że emocya ta zostaje wywołana nie przez same własności [strony jakościowe] czuć, lecz przez harmonijne zestawienie ich stosunków, które wywiera na nas nieświadome wrażenie [1]).

---

[1]) Koniec tego ustępu brzmi dosłownie: »l'harmonieuse combinaison de leurs relations dont nous subissons l'impression inconsciente«.

Czucie jakieś jest piękne nie dlatego, że posiada taką a taką własność [jakość], lecz dlatego, że zajmuje pewne miejsce w wątku naszych asocyacyj, tak iż nie można go wywołać nie wprawiając w ruch »odbieracza« [»receptora«], który znajduje się na drugim końcu nici i odpowiada wzruszeniu artystycznemu.

Czy zajmiemy stanowisko moralne, czy też estetyczne lub naukowe, jest to zawsze ta sama sprawa. Tylko to jest przedmiotowe, co jest identyczne dla wszystkich; otóż, o identyczności takiej wówczas jedynie może być mowa, gdy możliwe jest porównanie i gdy to daje się przetłumaczyć na »monetę wymienną«, czyli przenieść od jednego umysłu do drugiego. Wartość przedmiotową posiadać więc będzie to tylko, co daje się przenosić za pomocą »mowy«, a więc to, co jest zrozumiałe.

Jest to atoli jedna dopiero strona sprawy. Zbiorowisko zupełnie nieuporządkowane nie miałoby żadnej wartości przedmiotowej, albowiem byłoby niezrozumiałe, lecz zbiór dobrze uporządkowany może również być pozbawiony wartości, skoro nie odpowiada czuciom rzeczywiście doznanym. Uważałbym za zbyteczne przypomnienie tego warunku i nie myślałbym nawet o nim, gdyby nie to, że w ostatnich czasach utrzymywano, iż fizyka nie jest nauką doświadczalną. Aczkolwiek pogląd ten nie posiada żadnych widoków na powodzenie ani u fizyków, ani też u filozofów, dobrze jest przecież być ostrzeżonym, aby nie stoczyć się po pochyłości, która mogłaby doń doprowadzić. Mamy tedy dwa warunki do spełnienia, a jeżeli pierwszy z nich dzieli rzeczywistość [1]) od sennych marzeń, drugi pozwala ją odróżnić od powieści.

Czemże tedy jest nauka? Wyłuszczyłem to w poprzednim paragrafie: przedewszystkiem jest to klasyfikacya, pe-

[1]) Używam tu wyrazu »rzeczywisty« jako synonimu »przedmiotowego«, stosując się tym sposobem do powszechnego zwyczaju; niesłusznie, być może, albowiem sny nasze są rzeczywiste, lecz nie są przedmiotowe.

(Przyp. autora).

wien sposób zestawiania faktów, które dzieliły pozory, nie bacząc na to, że były one związane ze sobą pewnem ukrytem pokrewieństwem naturalnem. Innemi słowy, nauka jest układem stosunków. Powiedzieliśmy już, że jedynie w stosunkach należy szukać przedmiotowości; nadaremnie szukalibyśmy jej w samych rzeczach uważanych jako wzajemnie odosobnione.

Jeżeli ktoś powiada, że nauka nie może posiadać wartości przedmiotowej, dlatego że zapoznaje nas jedynie ze stosunkami, rozumuje na wspak, albowiem same tylko stosunki właśnie można uważać za przedmiotowe.

Przedmioty zewnętrzne, naprzykład, dla których wynaleziono wyraz przedmiot, są przedmiotami, a nie pozorami przemijającemi i nieuchwytnemi, dlatego właśnie, że nie są poprostu tylko grupami czuć, lecz grupami spojonemi stałym węzłem. On to właśnie, i on jedynie stanowi ich przedmiotowość; a węzłem tym jest stosunek.

Gdy więc zapytujemy, jaką jest wartość przedmiotowa nauki, nie ma to znaczyć »czy nauka zapoznaje nas z prawdziwą istotą rzeczy?« — lecz »czy zapoznaje nas ona z prawdziwemi stosunkami rzeczy?«

Na pierwsze pytanie wszyscy bez wahania odpowiedzą przecząco. Sądzę zresztą, że można iść dalej jeszcze: nietylko nauka nie może zapoznać nas z istotą rzeczy, lecz nic wogóle nie zdoła zapoznać nas z nią, i gdyby jakiś bóg znał istotę rzeczy, nie znalazłby słów dla jej wyrażenia. Nietylko nie możemy odgadnąć odpowiedzi, lecz gdyby jej nam udzielono, nie moglibyśmy jej zgoła zrozumieć: wątpię nawet, czy rozumiemy samo chociażby pytanie.

Jeżeli więc jakaś teorya naukowa chce nam powiedzieć, co to jest ciepło, lub elektryczność, lub też życie, będzie ona z góry skazaną na zagładę; wszystko bowiem, co nam dać może, będzie grubym tylko obrazem; jest tedy prowizoryczną i znikomą.

Skoro więc pierwsze pytanie nie wchodzi w rachubę, pozostaje drugie: Czy nauka może nas zapoznać z prawdzi-

wemi stosunkami rzeczy? Czy też może to, co ona zestawia lub łączy, powinno być rozdzielone, a to co rozdziela, połączone?

Aby zrozumieć znaczenie tego pytania, należy uprzytomnić sobie to, co powiedziano wyżej o warunkach przedmiotowości. »Czy stosunki te posiadają wartość przedmiotową?« znaczy tyle co pytanie, czy są one te same dla wszystkich i czy będą te same również dla przyszłych pokoleń.

Otóż, nie są one — oczywiście — te same dla uczonego i dla nieuka. Mniejsza jednak o to; jeżeli bowiem nieuk nie dostrzega ich odrazu, uczony może utorować mu do nich drogę przez szereg doświadczeń i rozumowań. Ważnem jest to, że istnieją punkty, co do których wszyscy ci, co znają doświadczenia uczynione, mogą się zgodnie porozumieć.

Zachodzi pytanie, czy zgodność ta będzie trwała i czy utrzyma się w przyszłych pokoleniach, czy zestawienia dokonywane przez naukę dzisiejszą będą potwierdzone przez naukę jutrzejszą. Dla poparcia twierdzenia, iż tak będzie, nie można uciec się do żadnych względów apriorycznych; jest to jednak pytanie faktyczne, a nauka żyła już dość długo, aby zwracając się do jej historyi można było przekonać się, czy wznoszone przez nią budowy wytrzymują próbę czasu, czy też są tylko konstrukcyami efemerycznemi.

Otóż, co się okazuje? Na pierwszy rzut oka zdaje nam się, że teorye trwają dzień tylko i że gromadzą się ruiny na ruinach, że teorye rodzą się dziś, aby jutro stać się modnemi, pojutrze klasycznemi, popojutrze przestarzałemi, i aby wreszcie popaść w zapomnienie. Przy bliższem atoli rozejrzeniu się widzimy, że upadają w ten sposób jedynie teorye właściwie tak zwane, a więc te, które chciały nas pouczyć co do istoty rzeczy. Częstokroć jednak zawierają one coś, co trwa nadal. Jeżeli mianowicie pewna teorya zapoznała nas z prawdziwym jakimś stosunkiem, sam ten stosunek będzie raz na zawsze zdobyty i odnajdziemy go, acz pod osłoną nowej szaty w innych teoryach, które kolejno zamiast tamtej panować będą.

Weźmy jeden chociażby przykład. Teorya falowań eteru mówiła nam, że światło jest ruchem; obecnie moda popiera

teoryę elektromagnetyczną, według której światło jest prądem. Nie zajmiemy się tu pytaniem, czy możnaby teorye te pogodzić ze sobą i powiedzieć, że światło jest prądem, a prąd ten ruchem. Ponieważ w każdym razie ruch ten nie byłby prawdopodobnie identycznym z ruchem, który przyjmowali zwolennicy dawniejszej teoryi, możnaby twierdzić, że teorya ta jest zdetronizowana. Przecież jednak pozostało z niej coś; albowiem między prądami hypotetycznemi Maxwella zachodzą te same stosunki co między ruchami hypotetycznemi, jakie przyjął Fresnel. W upadku więc tej teoryi ostało się coś przecież, i to coś istotnego. Dlatego też fizycy nowocześni przechodzą tak łatwo od języka Fresnelowskiego do Maxwellowskiego.

Nie brak wprawdzie zestawień naukowych, które uważano niegdyś jako dobrze ugruntowane, a które porzucano następnie; większość ich przetrwała jednak i, jak się zdaje, trwać będzie nadal. Dla tych zaś, które się ostały, jakaż będzie miara przedmiotowości?

Otóż, zupełnie ta sama co dla wiary naszej w przedmioty zewnętrzne. Te są rzeczywiste o tyle, że odpowiadające im czucia nasze wydają nam się spojonemi nie przez grę znikomego przypadku, lecz jakimś łącznikiem niezniszczalnym. Podobnie też nauka odsłania nam między zjawiskami inne nici łączne, subtelniejsze może, lecz nie mniej trwałe. Nici te są tak cieńkie, iż długo pozostawały niewidoczne, lecz odkąd je spostrzeżono, nie można już wcale nie widzieć ich; nie są więc one mniej rzeczywiste od tych, które nadają swą rzeczywistość przedmiotom zewnętrznym. Nic to nie stanowi, że poznano je nie tak dawno; jedne bowiem zginą niewcześniej niż drugie.

Można powiedzieć, naprzykład, że eter jest niemniej rzeczywisty niż pierwsze lepsze ciało zewnętrzne. Jeżeli powiadamy, że ciało takie istnieje, rozumiemy przez to, że między jego barwą, smakiem i zapachem istnieje trwałe i głębokie połączenie; jeżeli twierdzimy, że istnieje eter, chcemy przez to powiedzieć, że zachodzi pewne naturalne pokrewieństwo

między wszystkiemi zjawiskami optycznemi, a jedno z tych twierdzeń nie posiada oczywiście ani mniejszej ani większej wartości niż drugie.

Syntezy naukowe posiadają nawet więcej poniekąd rzeczywistości niż syntezy powszednie, obejmują bowiem więcej i dążą do pochłonięcia syntez szczegółowych.

Powie ktoś, że nauka jest tylko klasyfikacyą, a jako taka nie może być prawdziwą, lecz tylko wygodną? Ależ jest ona istotnie wygodną, i to nietylko dla mnie, lecz dla wszystkich ludzi, i będzie wygodną dla naszych potomków, a wszystko to wreszcie nie może być zrządzeniem przypadku.

Jednem słowem, jedyną rzeczywistość przedmiotową stanowią stosunki rzeczy, skąd też wynika harmonia powszechna. Prawda, że stosunki te, że ta harmonia nie dają się pomyśleć poza umysłem, który je ujmuje lub który je czuje. Pomimo to są one jednak przedmiotowe, ponieważ są, staną się lub pozostaną wspólnemi dla wszystkich istot myślących.

Naprowadza nas to znowu na sprawę obrotu ziemi, której rozważenie nastręczy nam jednocześnie sposobność objaśnienia powyższych myśli na przykładzie.

§ 7. — Obrót ziemi.

»Twierdzenie, że ziemia się obraca, — powiedziałem w Nauce i Hypotezie (str. 100) — nie ma żadnego sensu... albo raczej, dwa te twierdzenia: »ziemia się obraca« i »dogodniej jest przypuścić, że ziemia się obraca« — posiadają jeden i ten sam sens«.

Słowa te dały początek najdziwniejszym interpretacyom. Chciano widzieć w nich rehabilitacyę systematu Ptolemeusza a może nawet i usprawiedliwienie wyroku skazującego Galileusza.

Ci atoli, którzy przeczytali uważnie cały ów tom, nie mogli się w tej sprawie pomylić. Prawdę tę, że »ziemia się obraca«, umieściłem tam wszakże na jednej stopie z postulatem Euklidesa, naprzykład; czyż znaczy to, iż ją odrzuciłem?

Nie dość na tem. Używając tego samego sposobu wyrażania się, można bardzo dobrze powiedzieć:

Dwa twierdzenia: 1) że świat zewnętrzny istnieje, i 2) że wygodniej jest przypuścić jego istnienie, posiadają jedno i to samo, jedyne tylko znaczenie. — Wobec tego zaś hypoteza obracania się ziemi posiadałaby tenże stopień pewności co i samo istnienie przedmiotów zewnętrznych.

Po tem jednak, co wyłuszczyliśmy w części czwartej [p. Nauka i Hypoteza], możemy pójść dalej. Teorya fizyczna, — powiedzieliśmy tam, — jest tem prawdziwsza, im więcej odsłania prawdziwych stosunków. Rozważmy tedy zajmującą nas tu sprawę w świetle nowej tej zasady.

Istotnie, przestrzeni bezwzględnej niema; z dwojga więc sprzecznych [napozór] twierdzeń: »ziemia się obraca« i »ziemia nie obraca się« jedno nie jest kinematycznie prawdziwsze od drugiego. Gdybyśmy przyjęli jedno z nich i zaprzeczyli drugiemu w znaczeniu kinematycznem, równałoby się to przyjęciu istnienia przestrzeni bezwzględnej.

Lecz jeżeli jedno z nich odsłania nam stosunki prawdziwe, które drugie przykrywa, będziemy je przecież mogli uważać jako fizycznie prawdziwsze od drugiego, skoro posiada treść bogatszą. Pod tym zaś względem nie może być żadnej wątpliwości.

Oto dzienny ruch pozorny gwiazd i dzienny ruch innych ciał niebieskich, z drugiej zaś strony spłaszczenie ziemi, obrót wahadła [1]) Foucaulta, wirowanie cyklonów, wiatry zwrotnikowe, i t. d. Dla zwolenników systematu Ptolemeusza wszystkie te zjawiska nie mają żadnego ze sobą związku, podczas gdy dla zwolenników Kopernika powstają one z jednej i tej samej przyczyny. Mówiąc, że ziemia się obraca, twierdzę więc właściwie, że między wszystkiemi temi zjawiskami zachodzi ścisły stosunek; to zaś jest prawdą i pozostanie nią, chociaż nie istniałaby i nie mogła istnieć przestrzeń bezwzględna.

---

[1]) t. j. obrót płaszczyzny wahań *(przyp. tłum.)*.

Tyle co do obrotu ziemi naokoło własnej jej osi. Co się zaś tyczy obrotu jej naokoło słońca, mamy również trzy zjawiska, które dla Ptolemejczyka są zupełnie niezależne od siebie a dla Kopernikańczyka sprowadzają się do tego samego źródła; są to mianowicie przesunięcia pozorne planet na sklepieniu niebieskiem, aberacya gwiazd stałych i paralaksa tychże gwiazd. Jestże to czysty przypadek, że wszystkie planety posiadają nierówności o okresie rocznym, że ten sam właśnie okres przysługuje zarówno aberacyi jak i paralaksie? Kto przyjmuje układ Ptolemeusza, odpowiada tem samem twierdząco, kto zaś przyjmuje system Kopernika, odpowiada przecząco na to pytanie i twierdzi, że między trzema temi zjawiskami zachodzi pewien związek, a to znowu jest prawdą pomimo iż nie istnieje przestrzeń bezwzględna.

W systemacie Ptolemeusza ruchy ciał niebieskich nie dają się wytłumaczyć przez działanie sił centralnych, mechanika niebieska jest tu niemożliwą. Otóż, ścisłe stosunki, które mechanika niebieska odsłania między wszystkiemi zjawiskami nieba, są istotnie stosunkami prawdziwemi; twierdzić, iż ziemia jest nieruchoma, byłoby to samo, co przeczyć tym stosunkom, a więc to samo, co mylić się.

Prawda, za którą cierpiał Galileusz, pozostaje więc prawdą, chociaż nie posiada tego samego zupełnie znaczenia, co dla gminu, i chociaż właściwa jej treść jest znacznie subtelniejsza, głębsza i bogatsza.

§ 8. — Nauka dla nauki.

Nie przeciw Le Roy zamierzam tu bronić nauki dla nauki; stanowi ona może to, co on potępia, lecz zarazem to, co uprawia, albowiem kocha on prawdę, szuka jej i nie mógłby żyć bez niej. Pragnę atoli dodać tu kilka jeszcze uwag.

Nie możemy poznać wszystkich faktów i musimy wybrać te, które są godne poznania. Gdybyśmy mieli wierzyć Tołstojowi, uczeni wybieraliby na chybił-trafił, zamiast mieć

przytem na względzie zastosowania praktyczne. Uczeni, tymczasem, uważają pewne fakty jako bardziej interesujące od innych, dlatego że uzupełniają one harmonię niedokończoną lub też pozwalają przewidzieć wiele innych faktów. Jeżeli się mylą, jeżeli owa hierarchia faktów, którą postulują domyślnie, jest czczem tylko złudzeniem, natenczas nie mogłaby istnieć nauka dla nauki, a więc też nie byłoby wcale nauki. Co do mnie, sądzę, że mają oni słuszność; pokazałem też — naprzykład — wyżej, jak wielką wartość posiadają fakty astronomiczne, nie dlatego, aby nadawały się do zastosowań praktycznych, lecz dlatego że są najbardziej pouczające ze wszystkich faktów.

Jeżeli cywilizacya posiada wartość, to jedynie dzięki nauce i sztuce. Dziwiono się formule: Nauka dla nauki; a przecież jest ona tyleż przynajmniej warta co »życie dla życia«, skoro życie jest tylko nędzą, a nawet tyleż, co »szczęście dla szczęścia«, skoro nie sądzimy, aby wszystkie przyjemności były jednakie, skoro nie zgodzimy się na to, aby cywilizacya miała na celu dostarczanie alkoholu tym, którzy lubią pić.

Każda czynność musi mieć swój cel. Musimy cierpieć, musimy pracować, musimy płacić za miejsce na widowisku; lecz czynimy to wszystko, aby widzieć, — a przynajmniej, aby inni widzieli kiedyś.

Co tylko nie jest myślą, jest czystą nicością, gdyż myśl jedynie pomyśleć możemy i wszystkie wyrazy, za pomocą których mówimy o rzeczach, nie mogą wyrażać niczego, oprócz myśli; jeżeli ktoś powiada, że poza myślą jest jeszcze coś innego, wygłasza więc twierdzenie, które nie może mieć sensu.

A przecież — dziwna sprzeczność dla tych, co wierzą w czas — historya geologiczna uczy nas, że życie jest tylko krótkim epizodem między dwiema wiecznościami śmierci i że w samym tym epizodzie myśl świadoma trwała i trwać będzie krótką tylko chwilę. Myśl jest tylko błyskiem na tle długiej nocy.

Lecz błysk ten właśnie jest wszystkiem.

SPIS RZECZY.

Str.

Wstęp . . . . . .

Część pierwsza: **Nauki matematyczne.**

Rozdział I.: Intuicya i logika w matematyce. . . 7
Rozdział II.: Miara czasu 22
Rozdział III.: Pojęcie przestrzeni 36
Rozdział IV.: Przestrzeń i jej trzy wymiary . . . 60

Część druga: **Nauki fizyczne.**

Rozdział V.: Analiza i fizyka 88
Rozdział VI.: Astronomia 100
Rozdział VII.: Historya fizyki matematycznej . . . 109
Rozdział VIII.: Obecne przesilenie fizyki matematycznej . 115
Rozdział IX.: Przyszłość fizyki matematycznej . . . 128

Część trzecia: **Wartość przedmiotowa nauki.**

Rozdział X.: Czy nauka jest sztuczną? 136
Rozdział XI.: Nauka a Rzeczywistość 160

KSIĘGARNIA
ANTYKWARIAT
DOM KSIĄŻKI
DOM
№ 186297

Biblioteka
AP
P. 14
29479/2