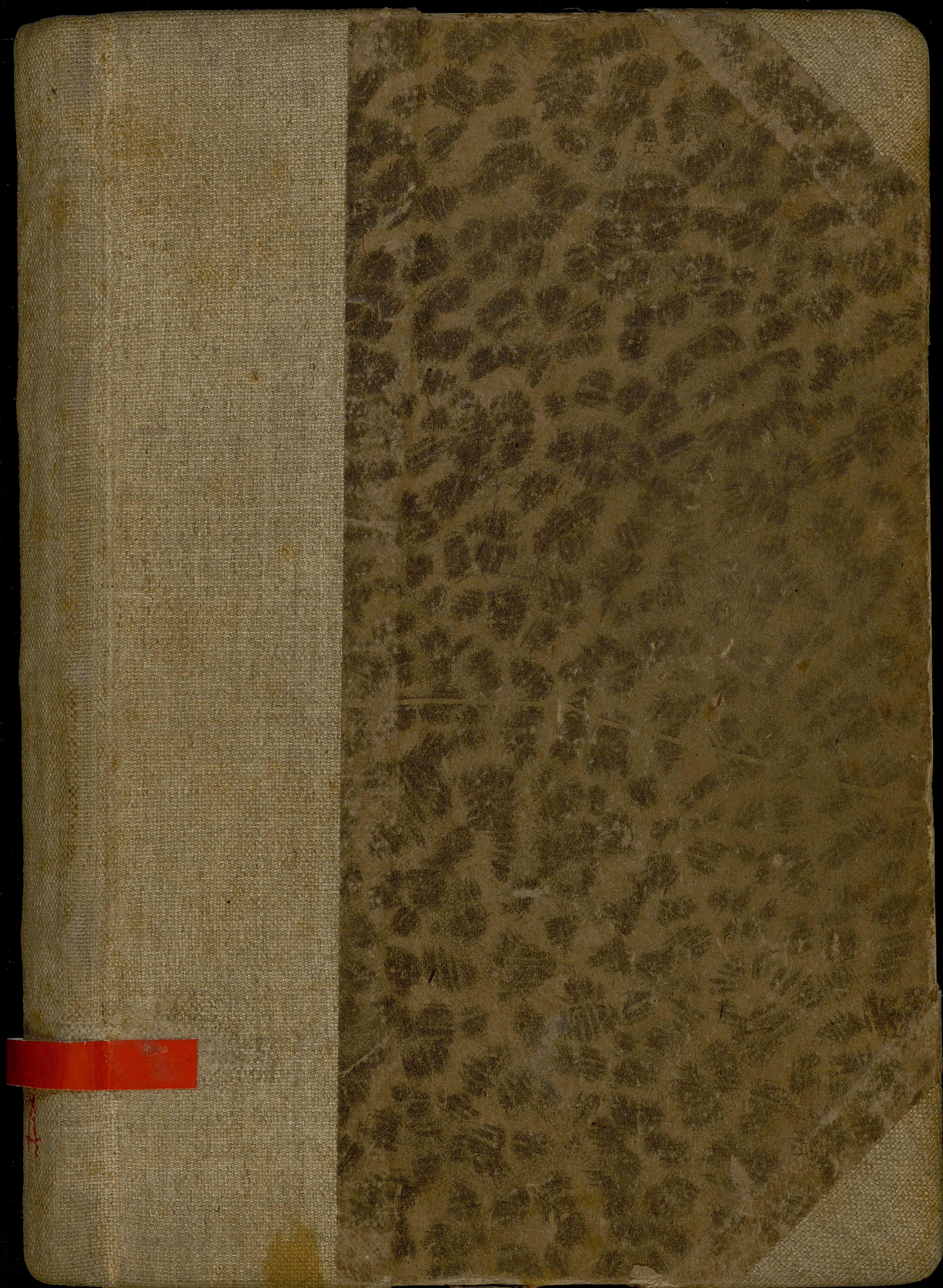




52.

+

NOWY ŚWIAT
FIZYKI

BIBLIOTEKA WIEDZY

TOM I

CLARENCE AUGUST CHANT

Profesor Astrofizyki Uniwersytetu w Toronto, Kanada

CUDA WSZECHŚWIATA

łatwy wstęp do poznania nieba, ze 132 ilustracjami, z oryginału angielskiego przełożył Inż. Zygmunt Chelmoński.

TOM II

LASSAR-COHN

CHEMJA W ŻYCIU CODZIENNEM

z 28 rysunkami, z wydania dwunastego, opracowanego przez Dra M. Mechlinga, przełożył Dr. Mieczysław Dominikiewicz

TOM III

SIR JAMES JEANS

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

NOWY ŚWIAT FIZYKI

przełożył z oryginału Dr. A. Dmochowski

TOM IV

PAWEŁ DE KRUIF

ŁOWCY MIKROBÓW

z 18 ilustracjami przełożył St. Miklaszewski

TOM V

WILLIAM BEEBE, Sc. D.

Dyrektor Departamentu Badań Podzwrotnikowych Tow. Zoologicznego w New York'u

W GŁĘBINACH OCEANU

ŻYCIE WÓD POŁUDNIOWYCH

z 51 ilustracjami

przełożył z oryginału Inż. Zygmunt Chelmoński

TOM VI

SIR WILLIAM BRAGG

DYR. INSTYTUTU KRÓLEWSKIEGO

TAJEMNICE ATOMU

(O ISTOCIE MATERJI)

z 57 figurami i 32 tablicami zawierającymi
74 rycin przełożył Dr. fil. Karol Szlenkier

Dalsze tomy w druku

BIBLIOTEKA WIEDZY TOM III

SIR JAMES JEANS

NOWY ŚWIAT FIZYKI

z 7 ilustracjami

Z ORYGINAŁU ANGIELSKIEGO
PRZEŁOŻYŁ
DR. A. DMOCHOWSKI

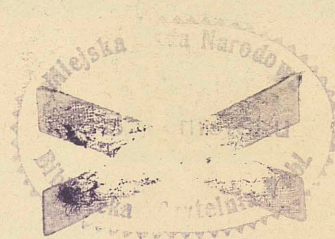


Sir J. H. Jeans

TRZASKA, EVERT i MICHALSKI S. A.
WARSZAWA, KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE 13
GMACH HOTELU EUROPEJSKIEGO

TYTUŁ ORYGINAŁU:
THE MYSTERIOUS UNIVERSE

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE



3509
DRUKARNIA NARODOWA W KRAKOWIE

TABLICA I



Gromada mgławic w Warkocz Bereniki.

Fotografia drobnej części nieba, zdjęta przy pomocy największego istniejącego teleskopu (Mount Wilson, 100-calowy). Większość plamek stanowią mgławice, odległe od nas o 50 milionów lat światła. Każda mgławica zawiera tysiące milionów gwiazd lub też materiał dla ich powstania. Możemy sfotografować około dwóch milionów takich mgławic, miliony milionów zaś istnieje prawdopodobnie poza zasięgiem teleskopu.

PRZEDMOWA

Rozpowszechniło się szeroko przeświadczenie, iż nowe wskazania astronomji i fizyki są powołane do spowodowania olbrzymiego przewrotu w zapatrywaniach naszych, zarówno na wszechświat, jako całość, jak i na znaczenie życia ludzkiego. Ostateczny wynik zagadnienia należy oczywiście przedewszystkiem do dziedziny filozofji, lecz, zanim filozofowie osiągną prawo zabrania głosu, powinniśmy zwrócić się do nauki, prosząc ją o wypowiedzenie swego zdania, zarówno co do faktów stwierdzonych, jak i tymczasowych hipotez; wtedy dopiero będziemy mogli przenieść dyskusję na teren filozoficzny.

Z takimi to myślami przystąpiłem do napisania niniejszej książki; nawiedzały mnie przytem częste wątpliwości co do znaczenia takiego dodatku do olbrzymiej ilości dzieł, napisanych już na ten temat. Nie mogę powołać się na żadne specjalne kwalifikacje poza zwykłym stanowiskiem prostego widza; filozofem nie jestem ani z upodobania, ani z wykszolenia, naukowa zaś praca moja leżała przez długie lata poza areną spornych teoryj fizycznych.

Cztery pierwsze rozdziały, tworzące główną część książki, zawierają krótkie rozważania, omawiające w szerokich zarysach te zagadnienia naukowe, o których sądziłem, iż mogą stanowić pożyteczny przyczynek do rozwikłania ostatecznego zagadnienia filozoficznego.

Ostatni rozdział natomiast stoi na wręcz odmiennej płaszczyźnie. Każdemu przysługuje prawo wyciągania własnych wniosków ze zjawisk objawionych przez nowoczesną naukę; rozdział ten zawiera poprostu komentarze, które ja sam, aczkolwiek obcy jestem w krainie myśli filozoficznej, wysnułem z naukowych faktów i hipotez, rozpatrywanych w głównej części książki. Wiem zgóry, iż wielu nie zgodzi się ze mną — i w tym też celu pisałem.

J. H. JEANS

Sokrates. — Następnie przyrodzone nasze zdolności ze względu na zdatność i niezdatność nabycia wiedzy przyrównaj do takiego oto stanu. Wystaw sobie tedy ludzi jakoby w podziemnem, do skały podobnem mieszkaniu, mającem rozwarłe ku światłu wejście, ciągnące się bez przerwy wzdłuż całej jaskini; tutaj przebywają oni od swego dzieciństwa z więzami na nogach i szyjach tak, iż się z miejsca nie ruszają i tylko przed siebie patrzą, a z powodu więzów niezdolni głowy obrócić; światło zaś przybywa im od ognia, gorejącego z góry daleko poza nimi, a pomiędzy tym ogniem, a spętanymi wiedzie droga na wysokości; wzdłuż tejże wyobraź sobie murek, wybudowany na wzór parapetu, który kuglarze ustawiają przed widzami a ponad którym pokazują swe dziwy.

Glaukon. — Wystawiam sobie.

Sokrates. — Więc wystaw sobie ludzi, niosących ponad tym parapetem rozmaite sprzęty, wystające ponad niego, posagi kamienne, drewniane, różne dzieła sztuki, przedstawiające ludzi i inne stworzenia.

Glaukon. — O dziwnem mówisz podobieństwie i o dziwnych więźniach.

Sokrates. — Do nas podobnych. Bo czy sądzisz, że oni, w ten sposób skuci, kiedykolwiek co innego widzą z siebie i z drugich, jak cienie, które od ognia padają na przeciwległą ścianę jaskini.

Glaukon. — Jakżeby mogli, skoro zmuszeni są nieporuszone trzymać głowy przez całe życie?

Sokrates. — Więc gdyby oni z sobą rozmawiać mogli, czy myślisz, że słusznieby przesuujące się przed nimi cienie nazwali tak samo, jak przenoszone przedmioty.

Glaukon. — Słusznie.

Sokrates. — Więc ci ludzie wogóle nie uważaliby za rzeczywistość, jak owe cienie wyrobionych przedmiotów.

Platon: *Rzeczpospolita*, Księga VII.
Przekład Stanisława Lisieckiego.

R O Z D Z I A Ł P I E R W S Z Y

GASNĄCE SŁOŃCE

Bardzo niewiele znamy gwiazd, nieznacznie tylko większych od ziemi, przeważnie zaś są one tak olbrzymie, iż setki tysięcy kul ziemskich mogłoby się w każdej z nich swobodnie pomieścić, nie wypełniwszy jej ogromu; gdzieś tam nawet natrafiamy na gwiazdę-olbrzyma, mogącą pomieścić miliony milionów globów. Suma zaś gwiazd we wszechświecie jest niby suma ziarenek piasku na wszystkich wybrzeżach świata. Takim to drobiazgiem jest miejsce, które zajmujemy w przestrzeni, gdy je zestawimy z całkowitą zawartością wszechświata.

Olbrzymie to mnóstwo gwiazd odbywa bezustanną wędrówkę po przestworzach. Niektóre układają się w grupy, podróżujące razem, ale większość — to samotni wędrowcy. A obracają się one we wszechświecie tak wielkim, iż zbliżenie się dwu gwiazd do siebie wydaje się być zdarzeniem wprost nie do pomyślenia. To też przeważnie płynie gwiazda w zupełnej samotności, jak okręt przez pustkę oceanu, jeśli zaś przyjmiemy porównanie gwiazdy do okrętu, to możemy powiedzieć, iż każdy taki okręt znajduje się o dobrych milion mł od swego najbliższego sąsiada. Wskutek tego z łatwością zrozumiemy, jak rzadkiem wydarzeniem jest jakiegokolwiek zetknięcie się dwu gwiazd ze sobą.

Niemniej jednakże jesteśmy przekonani, iż to niestychane zdarzenie zaszło i że jakaś gwiazda, wędrująca ślepo przez przestworza, zbliżyła się bezpośrednio do słońca. Podobnie jak słońce i księżyc powodują przypływ i odpływ na powierzchni ziemi, tak i owa gwiazda wywołała je na powierzchni słońca. Były one wszelako zupełnie inne, aniżeli fale, które drobna masa księżyca wywołuje na naszych oceanach. Przeogromna fala musiała przejść po powierzchni słońca, tworząc wreszcie niezmiernie wysoką górę, która rosła coraz to bardziej w miarę zbliżania się do niej powodu tego zaburzenia, wreszcie, zanim owa gwiazda poczęła się oddalać, jej siła przyciągająca stała się tak potężną, iż góra uległa rozerwaniu i rozsypała się dookoła w drobne cząsteczki, podobnie jak grzbiet fali morskiej rozbryzguje dookoła kropelki piany. Od tego czasu owe drobne odłamki krążą dookoła słońca — są to planety, większe i mniejsze, a jedną z nich jest nasza ziemia.

Zarówno słońce, jak i inne gwiazdy, które widzimy na niebie, posiadają temperaturę niezmiernie wysoką, o wiele za wysoką na to, aby życie mogło na nich powstać i rozwinąć się. Równie gorące musiały być też owe odłamki słońca, natychmiast po oderwaniu się od niego, stopniowo jednakże stygły one tak, iż obecnie posiadają tylko niewiele wewnętrznego ciepła, a ogrzewane są prawie wyłącznie przez promieniowanie słoneczne. Z biegiem czasu, nie wiemy kiedy, jak, ani dlaczego, na jednym z tych stygnących odłamków powstało życie. Rozpoczęło się ono od ustrojów zupełnie prostych, których zdolności życiowe ograniczały się do objawów rozmnażania się i śmierci,

ale z tych skromnych zaczątków wytrysnął strumień życia, który w miarę postępowania naprzód, komplikował się coraz to bardziej, aż wreszcie dotarł do kulminacyjnego punktu w stworzeniu istot, podlegających różnorodnym wzruszeniom i pełnych aspiracji, obdarzonych poczuciem estetycznym, a zwłaszcza religijnem, w którym, jak w skarbcu, złożone leżą najwznioślejsze ich nadzieje i najszlachetniejsze dążenia.

Chociaż nie posiadamy żadnych pewnych danych, to jednakże według wszelkiego prawdopodobieństwa przypuszczać należy, iż właśnie w taki sposób powstało życie.

Stojąc na naszym mikroskopijnym ułamku ziarnka piasku, staramy się zbadać naturę i przeznaczenie wszechświata; pierwszym wrażeniem naszym jest nieomal przerażenie. Wszechświat wydaje się nam przerażającym ze względu na swoje niezmierzone i niewytłumaczone przestworza, przerażającym z powodu niepojętych w swej rozciągłości okresów czasu, którymi operuje, a przy których historia ludzkości jest tylko mgnieniem oka, przerażającym na widok naszego zupełnego osamotnienia oraz nikłości miejsca, jakie zajmujemy w przestrzeni — jednej miljonowej części ziarnka piasku, zgubionego wśród wszystkich wybrzeży świata.

Ale ponad tem wszystkim góruje przerażenie na widok zupełnej obojętności tego wszechświata wobec życia. Wzruszenia, ambicje i wyczyny wszelkie, sztuka i religja wydają się być jednako obce jego planom; moglibyśmy rzec nawet, iż odnosi się on wprost wrogo do życia takiego, jak nasze. Puste przestworza są przeważnie tak chłodne, iż życie zamarzłoby w nich, większość materji

w przestworzu zaś tak gorąca, iż powstanie życia jest tu uniemożliwione. Ponadto przestrzeń jest przenikliwa i ciała niebieskie są stale bombardowane przez różnorodne promieniowanie, które przeważnie nietylko nie sprzyja rozwojowi życia, ale je wprost niweczy.

Do takiego to wszechświata wpadliśmy, jeśli nie wprost przez pomyłkę, to jednakże wskutek czegoś, co możnaby śmiało nazwać przypadkiem. Użycie tego wyrazu nie wyraża jednak bynajmniej zdziwienia z tego, że nasza ziemia istnieje. Przypadki zdarzają się często i należy przypuszczać, iż wszelkie dające się pomyśleć przypadki zdarzą się prędzej czy później, jeśli świat nasz potrwa dostatecznie długo. Zdaje mi się, iż to Huxley powiedział, że sześć małp, uderzających bezmyślnie w klawisze maszyny do pisania przez miliony milionów lat, napisałoby z konieczności wszystkie dzieła znajdujące się w British Museum. Gdybyśmy, spojrzawszy na ostatnią stronę, napisaną przez jedną z tych małp, stwierdzili, iż zawiera ona sonet Shakespeare'a, tobyśmy słusznie mogli uważać to zdarzenie za wyjątkowy wprost przypadek, gdybyśmy natomiast przejrzeni wszystkie miliony stron, zapisanych przez owe małpy w ciągu niezliczonych milionów lat, tobyśmy mogli być niemal pewni, iż znajdziemy wśród nich sonet Shakespeare'a, jako wynik ślepej gry przypadku. Według tychże prawideł miliony milionów gwiazd, wędrujących ślepo po przestworzu przez miliony milionów lat, musi z konieczności spotkać się zarówno ze wszelkimi możliwymi przypadkami, jak i utworzyć pewną ilość systemów planetarnych, jednakże liczba tych musi być minimalną w porównaniu z całkowitą sumą gwiazd na

niebie. Ta nieliczność systemów planetarnych jest niezmiernie ważna, ponieważ, wnosząc z tego, co widzimy, życie takie, jak nasze na ziemi, powstać mogło jedynie na planetach do niej podobnych. Powstanie tego życia wymaga odpowiednich warunków fizycznych; z pośród nich najważniejszym jest temperatura, przy której ciała mogłyby istnieć w stanie płynnym.

Gwiazdy są wyłączone tutaj już przez sam fakt, iż są one o wiele za gorące. Możemy je sobie wyobrazić, jako wielkie zbiorowiska ognia, rozrzuconych w przestworzach, a dostarczających ciepła w klimacie, wynoszącym conajwyżej cztery stopnie ponad absolutne zero — coś około 268 stopni zimna na skali Celsiusza; temperatura ta jest jeszcze niższa w rozległych strefach, leżących poza Drogą Mleczną.

Poza obrębem tych ognia panuje niedający się opisać mróz, sięgający setek stopni, a tuż obok znów temperatura sięgająca tysięcy stopni, przy której wszystkie ciała stałe topnieją, wszystkie płyny wrą. Życie może się wyłącznie utrzymać w ograniczonej strefie umiarkowanej, otaczającej każdy z tych ognia, w ściśle określonym oddaleniu; po jednej stronie tej strefy życie musiałoby zamarznąć — po drugiej ulec spopieleniu. Strefy, w obrębie których życie jest możliwe, stanowią w sumie mniej, niżeli jedną tysięczno-miljonową miljonowej części przestrzeni, a nawet w ich obrębie życie musi być nader rzadkiem wydarzeniem; jest to bowiem przypadek tak osobliwy, aby słońce miało zrzucać z siebie planety, jak to uczyniło nasze słońce, iż wątpliwe jest, aby więcej, niżeli jedna gwiazda wśród 100.000 posiadała w promieniu swego działania planetę,

znajdującą się właśnie w owej umiarkowanej strefie, posiadającej warunki dla życia odpowiednie.

Z powyższych powodów wydaje się nam mało prawdopodobnem, aby wszechświat został stworzony, celem stanowienia podłoża, na któremby mogło powstać życie, gdyby tak bowiem było, toby należało się spodziewać lepszej proporcji między ogromem mechanizmu a sumą wyników. Toteż na pierwszy rzut oka życie zdaje się być zupełnie nic nie znaczącym, ubocznym produktem, my zaś, stworzenia żyjące, jesteśmy pozornie zupełnie wyłączeni z głównego planu.

Nie wiemy nic o tem, czy odpowiednie warunki fizyczne są wystarczające same przez się dla wytworzenia życia. Jedna szkoła twierdzi, iż było to zjawiskiem naturalnem, niemal nieuniknionem, aby w miarę jak ziemia stopniowo ostygła, życie miało pojawić się na niej, inna znów szkoła jest zdania, iż zarówno jak przypadek był powodem powstania ziemi, tak i przypadek był konieczny dla wywołania życia. Materjalnemi składnikami żyjącego ciała są zwykłe atomy chemiczne: węgiel, taki sam, jak w sadzach, wodór i tlen, te same co w wodzie, oraz azot, stanowiący również główny składnik powietrza i t. d. Wszelki atom, potrzebny do życia, musiał istnieć na nowopowstałej ziemi; być może, iż z czasem ułożyły się one w sposób, tworzący układ komórki żywej. Gdyby rozporządzały dostateczną ilością czasu, uczyniłyby to z całą pewnością, podobnie, jak owe mały przy dostatecznej ilości czasu napisałyby sonet Shakespeare'a. Ale czy stanowiłyby one wówczas komórkę żywą? Innemi słowy, azali komórka żywa jest tylko grupą zwykłych atomów, zestawionych ze

sobą w niezwykle sposób, czy też jest ona czemś więcej? Czy są to tylko wyłącznie atomy, czy też atomy plus życie? Lub też (aby wyrazić się jeszcze inaczej), czy dostatecznie wprawny chemik mógłby z niezbędnych atomów stworzyć życie, tak jak dziecko buduje sobie maszynę, a potem „puścić je w ruch“.

Nie mamy na to odpowiedzi, lecz gdy przyjdzie ona kiedyś, to da nam wreszcie jakieś takie pojęcie, czy też i inne światy są zamieszkałe jak nasz, a przez to musi wywrzeć niesłychany wpływ na nasze tłumaczenie sobie celu i znaczenia życia, zapewne zaś wywoła jeszcze większą rewolucję myślową, aniżeli astronomja Galileusza lub biologja Darwina.

Wiadomo nam, iż w materji żywej, składającej się ze zwykłych atomów, przeważają atomy, posiadające szczególną skłonność do układania się w olbrzymie grona, czyli „cząsteczki“.

Większość atomów nie posiada tej właściwości. Np. atomy wodoru i tlenu mogą się połączyć, tworząc cząsteczki wodoru (H_2 lub H_3), tlenu lub ozonu (O_2 lub O_3), wody (H_2O), lub dwutlenku wodoru (H_2O_2), lecz żaden z tych związków nie zawiera więcej, niż cztery atomy. Dodanie azotu nie wiele zmienia stan rzeczy; połączenia wodoru, tlenu i azotu zawierają stosunkowo małą liczbę atomów, natomiast dodanie węgla całkowicie zmienia ów obraz: atomy wodoru, tlenu, azotu i węgla, łącząc się, tworzą cząsteczki, zawierające setki, tysiące, a nawet setki tysięcy atomów. Z takich to przeważnie cząsteczek składają się ciała żyjące.

Jeszcze sto lat temu powszechnie przypuszczano, iż

jakaś „siła żywotna“ była potrzebna dla wytworzenia tych lub innych substancyj, wchodzących do składu żywego ciała. Wówczas to, Wöhler wytworzył w swej pracowni mocznik ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), produkt typowo zwierzęcy, zapomocą zwykłego procesu syntezy chemicznej; po moczniku nastąpiła kolej na inne składniki żywego ustroju, obecnie zaś wszystkie zjawiska, przypisywane dawniej działaniu „siły żywotnej“, są, jedno po drugim, tłumaczone zapomocą zwykłych procesów fizycznych i chemicznych.

Aczkolwiek zagadnienie jest jeszcze bardzo dalekie od rozwiązania, wydaje się corazto bardziej prawdopodobnem, iż to, co cechuje ciała żyjące, nie jest bynajmniej żadną „siłą żywotną“, ale poprostu pierwiastkiem węglem w połączeniu z corazto innymi atomami, z którymi tworzy cząsteczki niezwyklej wielkości.

Jeśli tak jest istotnie, znaczyłoby to, iż życie powstało na świecie dzięki pewnym wyjątkowym właściwościom atomu węgla. Być może, iż węgiel posiada szczególne znaczenie chemiczne, ponieważ stanowi przejście od metali do metaloidów, natomiast w fizycznej budowie węgla nie wykryto dotychczas nic takiego, coby mogło wytłumaczyć szczególną jego zdolność łączenia ze sobą innych atomów.

Atom węgla składa się z sześciu elektronów, obracających się dookoła właściwego centralnego jądra, niby sześć planet, obracających się dookoła słońca. Różni się on od swych dwóch najbliższych sąsiadów na tablicy pierwiastków chemicznych, atomów boru i azotu, tylko tem, iż posiada o jeden elektron więcej, niż pierwszy

i o jeden mniej, niż drugi, wszelako drobna ta różnica ponosi całkowitą odpowiedzialność za różnicę między życiem, a brakiem życia. Nie ulega wątpliwości, iż przyczyna tych zadziwiających właściwości sześcieelektronowego atomu leży gdzieś utajona w najwyższych prawach natury, ale fizyka matematyczna nie zdołała zgłębić jej jeszcze.

Inne podobne wypadki znane są w chemji. Zjawisko trwałego magnetyzmu występuje w najwyższym stopniu w żelazie, w mniejszym stopniu natomiast w jego sąsiadach, niklu i kobaltcie; atomy tych pierwiastków posiadają odpowiednio po 26, 27 i 28 elektronów. Właściwości magnetyczne innych atomów w porównaniu z nimi prawie że nie zasługują na wzmiankę; jednakowoż, aczkkolwiek fizyka matematyczna nie wytłumaczyła nam jeszcze, w jaki sposób się to dzieje, — magnetyzm niewątpliwie zależy od swoistych własności tych właśnie atomów, posiadających po 26, 27 i 28 elektronów, a zwłaszcza od pierwszego z nich. Promieniotwórczość, ograniczona, z nielicznymi wyjątkami, do atomów posiadających od 83 do 92 elektronów, stanowi trzeci przykład tego rodzaju. Z tego widzimy, iż chemja potrafi jedynie zaliczyć życie do tej samej kategorii, co magnetyzm i promieniotwórczość; wszechświat jest tak stworzony, iż podlega on ściśle określonym prawom; wskutek tych praw atomy, posiadające pewną określoną liczbę elektronów, mianowicie: 6, 26 do 28 i 83 do 92, posiadają pewne szczególne właściwości, objawiające się odpowiednio w zjawiskach życia, magnetyzmu i promieniotwórczości. Wszechwładny Stwórca, nie podlegający żadnym ogra-

niczeniom, nie mógł być skrepowany prawami, rządzącymi obecnym wszechświatem; mógł On zbudować ów wszechświat według niezliczonej ilości innych praw, gdyby zaś został wybrany inny zespół praw, toby inne atomy posiadały inne swoiste własności, z tych praw wypływające. Nie możemy oczywiście wyobrazić sobie, jakby się to przedstawiało, *a priori* wydaje się nam jednakże raczej nieprawdopodobnem, aby promieniotwórczość, magnetyzm lub życie miały figurować między niemi. Chemja wyraża przypuszczenie, iż życie zarówno jak promieniotwórczość lub magnetyzm jest poprostu tylko przypadkowym wynikiem szczególnego zespołu praw, rządzących wszechświatem.

Niektórzy mogliby czynić zarzuty pojęciu „przypadkowy”. A cóż bowiem, powiadają, jeśli Stwórca wszechświata wybrał ten szczególny zespół praw dlatego właśnie, iż prowadził on do zjawienia się życia? A jeśli to właśnie był Jego sposób stworzenia życia? Dopóki ktoś wyobraża sobie Stwórcę, jako wyolbrzymioną istotę ludzką, ożywioną uczuciami i dążeniami, podobnemi do naszych, zarzuty powyższe niczem odparte być nie mogą; co najwyżej możnaby uczynić uwagę, że gdy podobne pojęcie o Stwórcy zostało przyjęte za pewnik, to nie pozostaje już miejsca na żadne argumenty.

Z chwilą jednakże, gdy uwolnimy myśl naszą od wszelkich śladów antropomorfizmu, nie mamy najmniejszego powodu do przypuszczania, iż obecny zespół praw został specjalnie wybrany, w celu wywołania życia; z jednakowem powodzeniem twierdziłby można, iż zostały one wybrane dla stworzenia magnetyzmu, lub promieniotwórczości;

miałoby to nawet większe widoki prawdopodobieństwa, jako że fizyka odgrywa przypuszczalnie o wiele większą rolę we wszechświecie, aniżeli biologja. Gdy spojrzymy z czysto materialnego punktu widzenia na zupełną znikomość znaczenia życia, to mimowoli musimy odrzucić przypuszczenie, aby to życie miało stanowić szczególne dążenie Wielkiego Budowniczego wszechświata.

Proste porównanie może nam oświekli jasnziej położenie: oto pozbawiony wyobraźni marynarz, przez całe życie przyzwyczajony do wiązania węzłów, mógłby sądzić, iż niepodobna bez nich przepłynąć przez ocean. Możliwość zawiązywania węzłów jest ograniczona do przestrzeni trójwymiarowej, żadnego węzła nie można zawiązać w przestrzeni o 1, 2, 4, 5 lub innej liczbie wymiarów. Otóż z tego to faktu mógłby nasz pozbawiony wyobraźni marynarz łąčno wywnioskować, iż dobroczynny Stwórca musiał mieć marynarzy pod swą szczególniejszą opieką, co Go skłoniło do stworzenia przestrzeni trójwymiarowej, celem umożliwienia wiązania węzłów i przepływania przez ocean na stworzonym przezeń wszechświecie; innemi słowy, przestrzeń trójwymiarowa istnieje poto, by mogli istnieć marynarze.

Przykład ten i argument przytoczony powyżej stoją mniej więcej na tej samej płaszczyźnie, jako że całość życia i wiązanie węzłów dadzą się porównać ze sobą jako dwa znikome ułamki całkowitej działalności materialnego wszechświata.

Oto wszystko, co, zgodnie z dotychczasowym dorobkiem nauki, dotyczy przedziwnego sposobu, w jaki zostaliśmy stworzeni; lecz przerażenie nasze wzmaga się je-

szcze bardziej, gdy przejdziemy od rozpatrywania naszego pochodzenia do zbadania celu istnienia oraz przeznaczeń, które los gotuje naszemu rodzajowi.

Znane nam przejawy życia mogą istnieć wyłącznie przy odpowiednich warunkach ciepła i światła, my zaś istniejemy jedynie dzięki temu, iż otrzymujemy ściśle potrzebną ilość promieni słonecznych; w razie zakłócenia równowagi w jakimkolwiek kierunku, czyto zmniejszenia, czyto wzmożenia tego promieniowania, życie musiałoby zniknąć z powierzchni ziemi. Sedno zaś sprawy leży w tem, iż owo zakłócenie równowagi może niezmiernie łatwo nastąpić.

Pierwotny człowiek, zamieszkujący strefę umiarkowaną, musiał zapewne z przerażeniem śledzić postępy okresu lodowego, ogarniającego jego domostwo. Lodowce zstępowały z każdym rokiem niżej w dolinę, z każdym rokiem słońce zdawało się tracić coraz bardziej zdolność udzielania swego życiodajnego ciepła; zarówno jemu, jak i nam wszechświat musiał się zapewne wydawać wrogim dla życia.

A my, ludzie doby obecnej, żyjący w wąziutkiej strefie umiarkowanej, otaczającej słońce, gdy zapuścimy wzrok w daleką przyszłość, to widzimy, że i nam również zagraża innego rodzaju okres lodowy. Bo zarówno jak tragedją Tantala, pogrążonego w jeziorze tak głęboko, iż moment tylko dzielił go od utonięcia, było umierać z pragnienia, tak jest tragedją rodzaju naszego, iż zagraża mu prawdopodobnie śmierć z zimna, gdy tymczasem większa część substancji wszechświata pozostaje nadal za gorącą na to, aby życie mogło w niej powstać. Słońce,

nie mając skąd czerpać z zewnątrz zapasów ciepła, musi z konieczności wydzielać coraz mniej swego życiodajnego promieniowania, a wskutek tego owa umiarkowana strefa, w której jedynie życie ostać się może, musi zaniknąć.

Aby móc pozostać odpowiedniemi podłożem dla życia, ziemia musiałaby się zbliżać coraz to bardziej do gasnącego słońca, tymczasem nauka mówi nam, iż nie tylko że się tak nie dzieje, ale przeciwnie, nieubłagane prawa dynamiczne odpychają ziemię wciąż dalej od słońca, w krainę mrozów i ciemności.

O ile możemy przewidzieć, nie ustaną one w swem działaniu, aż wreszcie życie wymarźnie na ziemi, jeśli mu przedtem nie zgotują wcześniejszej i szybszej śmierci jakieś nowe kolizje lub kataklizmy niebieskie. Takie prognozy śmierci nie dotyczą wyłącznie tylko naszej ziemi; i inne słońca muszą zamrzeć jak nasze, a wszelkie postaci życia, mogące istnieć na innych planetach, spotka niechybnie ten sam smutny koniec.

Wnioski astronomji potwierdza fizyka, gdyż, niezależnie od wszelkich rozważań astronomicznych, ogólne prawo fizyczne, znane pod nazwą drugiego prawa termodynamiki, przepowiada, iż może nastąpić jeden tylko koniec wszechświata, a mianowicie „skon ciepła“, przy którym zaszłoby równomierne rozłożenie całkowitej energii we wszechświecie oraz wyrównanie temperatury zawartej w nim materji; temperatura ta byłaby tak niska, iż uniemożliwiłaby życie. Lecz cóż ostatecznie znaczy droga, którą dojdziemy do tego ostatecznego końca; wszak wszystkie drogi prowadzą do Rzymu, a kresem wędrówki naszej może być tylko śmierć ogólna.

Nowy świat fizyki



Azaliż taką tylko ma być wartość i znaczenie życia? Wpaść niemal przez pomyłkę do świata, który najoczywiściej dlań nie był przeznaczony i który, z pozorów sądząc, jest mu albo zupełnie obojętny, albo wprost wrogi? Trwać na drobnym ułamku ziarnka piasku w oczekiwaniu śmierci lodowej? Odgrywać króciutkie role na malutkiej scenie w tem przeświadczeniu, iż wszystkie aspiracje nasze są skazane na ostateczną zagładę, że wszystko, czegośmy dokonali, musi zaginać wraz z nami, pozostawiając wszechświat takim, jakimby był również, gdybyśmy nigdy na nim nie istnieli?

Astronomja podsuwa nam te zapytania, ale — mojem zdaniem — należałoby po odpowiedź zwrócić się do fizyki. Astronomja może wprawdzie powiedzieć nam coś-niecoś o obecnym układzie wszechświata, o ogromie i pustce przestworzy i o znikomości naszej roli, a nawet o zmianach, spowodowanych biegiem czasu; wszelako należy wniknąć głęboko w zasadniczą istotę rzeczy, zanim zdołamy otrzymać odpowiedź; a tu się kończy dziedzina astronomji i widzimy, że poszukiwania nasze prowadzą nas do głębi tajników fizyki nowoczesnej.

R O Z D Z I A Ł D R U G I

NOWY ŚWIAT FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ

Człowiekowi pierwotnemu natura musiała wydawać się dziwnie zawiłą i niezrozumiałą. Najprostsze zjawiska powtarzały się niezmiennie jednakowo: niepodtrzymane ciało musiało spaść, kamień, rzucony do wody, szedł na dno, natomiast kawałek drzewa utrzymywał się na powierzchni, inne zaś, bardziej złożone zjawiska, nie podlegały tej jednostajności: np. piorun trafiał jedno drzewo w gaiku, gdy tymczasem drugie wychodziło bez uszczerbku, pomimo jednakowego wzrostu i rozmiarów; w jednym miesiącu nów powodował pogodę, w drugim miesiącu zaś niepogodę.

Postawiony w obliczu przyrody, która, sądząc z pozorów, zdawała się być równie kapryśną, jak i on sam, człowiek wyobraził ją sobie na obraz i podobieństwo swoje; począł on przypisywać błędny pozornie i nieskoordynowany porządek wszechświata wybrykom i namiętnościom bogów, lub dobroczynnych, bądź złośliwych duchów. Dopiero po wielu badaniach wyłoniła się wielka zasada przyczynowości, a czasem odkryto, iż panuje ona nad całą martwą przyrodą. Stwierdzono, iż przyczyna, odosobniona w swem działaniu, wywoływała niechybnie zawsze ten sam skutek; cokolwiek się zdarzyło, nie zależało bynajmniej

od zachcianek istot nadprzyrodzonych, lecz wypływało poprostu, skutkiem nieugiętych praw, z poprzedniego stanu rzeczy, ten stan rzeczy znów musiał niechybnie być wywołany przez jakiś stan poprzedni i tak dalej wstecz aż do nieskończoności, tak, iż cały bieg wypadków był zgóry określony przez stan, w jakim się świat znajdował w pierwszej chwili swego istnienia. Z chwilą, gdy to zostało ustalone, natura mogła kroczyć jedynie wytkniętą zgóry drogą do przeznaczonego celu; innemi słowy, akt stworzenia nie tylko powołał wszechświat do życia, ale i zarysował w dodatku całą jego przyszłą historję. Człowiek nie przestawał wprawdzie wierzyć w swą zdolność wpływania na bieg wypadków aktami własnej woli, lecz tu kierował nim instynkt raczej, niż logika, nauka lub doświadczenie. Od tej pory wszelkie wypadki, przypisywane dawniej poczynaniom istot nadprzyrodzonych, zostały złożone na karb prawa przyczynowości. Ostateczne uznanie tego prawa za kierowniczą zasadę natury było triumfem XVII wieku, wielkiego wieku Galileusza i Newtona. Stwierdzono, iż zjawiska niebieskie stanowiły wynik ogólnych praw optyki, że komety, uważane dotychczas za zwiastunki upadku mocarstw lub śmierci królów, poruszały się poprostu według wzorów ogólnego prawa ciężenia; a Newton wyrażał życzenie: „oby pozostałe zjawiska przyrody mogły być wyprowadzone z niezmiennych zasad zapomocą podobnego sposobu rozumowania“.

Z tych pojęć wywiązało się dążenie do wyobrażania sobie całego świata materialnego w postaci maszyny. Kierunek ten wzmacniał się stale, aż wreszcie osiągnął

najwyższego punktu w drugiej połowie XIX wieku, kiedy to Helmholtz oświadczył, iż ostatecznem dążeniem wszelkich nauk przyrodniczych powinna być przemiana ich w mechanikę, a Lord Kelvin wyznawał, iż nie potrafi zrozumieć czegokolwiek, coby się nie dało wyrazić przy pomocy modelu mechanicznego. Był on przecież, zarówno jak wielu zresztą wielkich uczonych XIX wieku, wysoce wykształconym inżynierem, był to bowiem wiek naukowców-inżynierów, których najwyższą ambicją było móc zbudować mechaniczny model przyrody. Waterston, Maxwell i inni potrafili wytłumaczyć z wielkim powodzeniem właściwości gazu, biorąc za wzór właściwości maszyny, a maszyna ta polegała na wielkiej ilości malutkich, okrągłych, gładkich kuleczek, twardszych od najtwardszej stali, pędzących tu i tam, jak grad kul po polu bitwy. Ciśnienie gazu np. było spowodowane naporem szybko pędzących kulek i miało być czemś w rodzaju nacisku, wywieranego przez grad, spadający na dach namiotu; przy przewodzeniu dźwięku przez gaz kulki owe grały rolę przenośników. Podobne próby, podjęte celem wyjaśnienia własności płynów i ciał stałych, jako własności maszyn, osiągnęły mniejsze powodzenie, z zupełnem zaś niepowodzeniem spotkały się próby wytłumaczenia w ten sposób zjawisk światła i ciężenia.

Jednakże ten brak powodzenia nie zdołał naruszyć przekonania, iż świat musi się dać ostatecznie wytłumaczyć w sposób czysto mechaniczny; zdawało się jedynie, iż potrzeba tylko jeszcze większych wysiłków, a całość

przyrody martwej objawi się nam jako nienagannie działająca maszyna.

Wszystko to musiało oczywiście wyrzucić znaczny wpływ na tłumaczenie sobie znaczenia życia ludzkiego. Każde rozszerzenie prawa przyczynowości, każde zwycięstwo mechanistycznej interpretacji przyrody, utrudniały corazto bardziej wiarę w wolność woli, bo, jeśli cała przyroda podlegała prawu przyczynowości, dlaczegożby życie miało stanowić wyjątek? Z pojęć tych wzięły swój początek mechanistyczne układy filozoficzne XVII i XVIII stulecia, oraz idealistyczne teorie, które, jako naturalna reakcja, nastąpiły po nich, jednakowoż aż do początków XIX wieku życie mogło być uważane za coś zupełnie odrębnego od natury martwej. Wówczas to odkryto, iż żywe komórki składają się ściśle z tych samych atomów, co i materja martwa, co prowadziło do wniosku, iż są one zapewne rządzone temi samymi prawami naturalnymi; nasuwało się pytanie, dlaczego atomy, wchodzące do składu naszych ciał i mózgów, miałyby nie być podległe prawom przyczynowości. Poczęto nie tylko wnioskować, lecz wprost bezwzględnie twierdzić, iż życie musi się wreszcie okazać czysto mechanicznem w swej naturze. Twierdzono, iż umysły takiego np. Bacha, Newtona lub Michała Anioła różniły się tylko w stopniu złożoności od prasy drukarskiej, gwizdka lub tartaka; funkcją ich było wyłącznie ściśle reagowanie na bodźce zewnętrzne.

Ponieważ podobne wierzenia nie pozostawiały żadnego pola działaniom wyboru lub wolnej woli, usuwały one tem samem wszelkie podstawy etyki; św. Paweł nie stał się do-

browolnie innym od Szawła, stał się poprostu innym samą siłą rzeczy, pod wpływem odmiennego zespołu bodźców zewnętrznych.

Kalejdoskopowe wprost przestawienie pojęć naukowych nastąpiło jednocześnie ze zmianą stulecia. Wiek XIX dostarczył nauce czasu dla przekonania się, iż niektóre zjawiska, zwłaszcza promieniowanie i ciężenie, wychodzą zwycięsko ze wszelkich prób tłumaczenia ich w sposób mechanistyczny. Gdy tymczasem teoretycy nie przestawali rozprawiać o możliwości zbudowania maszyny, mogącej oddać wzruszenia Bacha, myśli Newtona lub natchnienia Michała Anioła — przeciętny badacz dochodził szybko do przekonania, iż niepodobieństwem jest zbudować maszynę, mogącą oddać światło świecy lub spadek jabłka. W ostatnich miesiącach ubiegłego stulecia prof. Max Planck wysunął pewną próbę wytłumaczenia tych zjawisk promieniowania, które do tego czasu wymykały się wszelkim interpretacjom.

Wytłumaczenie to było nietylko niemechaniczne w swojej istocie, lecz zdawało się wprost niemożliwem połączyć je z jakimkolwiek mechanistycznym sposobem myślenia, to też głównie z tego powodu zostało ono zaatakowane, skrytykowane i nawet ośmieszone, jednakże zostało ono ostatecznie uwieńczone ogromnem powodzeniem i rozwinęło się w nowoczesną „teorię kwantów“, która stanowi jedną z wielkich panujących zasad obecnej fizyki. Jednocześnie — aczkolwiek naonczas niewidocznie — zaznaczyła ona kres mechanistycznego wieku nauki oraz początek nowej ery.

Pierwotna teoria Plancka zaledwie nastroczała przy-

puszczenie, iż przyroda postępuje małymi skokami i wahaniami, podobnie do wskazówek zegara. Wszelako zegar, aczkolwiek nie postępuje stale naprzód, jest ostatecznie natury czysto mechanicznej i bezwzględnie podległy prawu przyczynowości. Dopiero jednak w roku 1917 dowiódł Einstein, iż teoria, założona przez Plancka, pociąga za sobą konsekwencje, o wiele bardziej wywrotowe, niżeli zwykły brak ciągłości. Okazało się, iż teoria ta poprostu straciła prawo przyczynowości z zajmowanego przezeń dotychczas stanowiska, kierującego biegiem świata przyrodniczego. Dawna nauka dufnie obwieszczała, iż natura może iść jednym tylko szlakiem, wytkniętym od początku wieków aż do ich końca, przez nieprzerwany łańcuch przyczyn i skutków: po stanie A następował nieunikniony stan B. Nowa zaś nauka potrafiła nam, jak dotychczas, jedynie powiedzieć, iż po stanie A może nastąpić stan B, ale również dobrze i stan C, D lub niezliczona ilość innych stanów, może ona wprawdzie powiedzieć, iż bardziej prawdopodobnym jest, iż nastąpi stan B, niż C, C niż D, może nam nawet określić względne prawdopodobieństwo stanów B, C i D, ale właśnie dlatego, iż operuje ona kategoriami prawdopodobieństwa, nie potrafi przepowiedzieć z całą pewnością, jaki stan nastąpi po drugim. Sprawa ta leży w rękach bogów.

Konkretny przykład wytłumaczy to jeszcze jaśniej. Znane nam jest, iż atomy radu oraz innych promieniotwórczych substancyj rozpadają się poprostu z biegiem czasu na atomy ołowiu i helu, tak, iż masa radu stale się zmniejsza, ustępując miejsca masie ołowiu i helu. Prawo, wyrażające stopień szybkości tego zanikania, jest

nad wyraz godne uwagi: ilość radu zmniejsza się dokładnie w ten sam sposób, w jaki zmniejszałaby się ludność, nie zasilana nowymi urodzinami, a w której stopień śmiertelności byłby jednakowy dla wszystkich, niezależnie od wieku osobnika, lub, mówiąc inaczej, zmniejszałby się on w taki sam sposób, jak liczba żołnierzy w oddziale, wystawionym na ślepy ogień karabinowy. Z tego widzimy, że dla każdego z osobna atomu radu wiek nie ma żadnego znaczenia: nie umiera on dlatego, iż przeżył już swoje, lecz raczej dlatego, iż w jakiś tajemniczy sposób przeznaczenie puka do wrót jego istnienia.

Chcąc sobie uprzytomnić to w sposób konkretny, przypuśćmy, iż pokój nasz zawiera 2000 atomów radu. Nauka nie zdoła orzec, jak wiele po roku pozostanie przy życiu, może nam tylko powiedzieć, jakie względne szanse przemawiają na korzyść liczby 2000, 1999, 1998 i t. d. Faktycznie najprawdopodobniejszym jest, iż ową liczbą będzie 1999. Szanse rozpadnięcia się w ciągu następnego roku przemawiają za jednym i tylko jednym z 2000 atomów.

Nie wiemy, dlaczego ten jeden właśnie atom zostaje wybrany z pośród 2000: moglibyśmy skłaniać się do wniosku, iż będzie wybrany ten atom, który jest najczęściej przerzucany z miejsca na miejsce, lub ten, który się znajduje pod wpływem większego ciepła, lub cokolwiek w tym rodzaju, wszelako tak być nie może, bo gdyby uderzenia lub ciepło były w stanie spowodować rozpad jednego atomu, mogłyby one równie dobrze uczynić to samo z pozostałymi 1999, moglibyśmy zatem dokonać przyspieszenia rozpadania się radu zapomocą ści-

skania lub ogrzewania go. Każdy fizyk uważa to za nie-
możliwe; przypuszcza on raczej, iż rok rocznie przezna-
czenie puka do drzwi jednego atomu radu z pomiędzy
2000, zmuszając go do rozpadnięcia się; jest to tak zwana
hipoteza „samorzutnego rozpadu“, wysunięta przez Ru-
therforda i Soddyego w 1903 r.

Oczywiście, historia może się powtarzać i może znów
kiedyś, w świetle głębszej wiedzy odkrywamy, iż ta pozorna
kapryśność natury wyłania się z nieugiętego prawa przy-
czyny i skutku. Gdy w życiu codziennym mówimy ka-
tegorjami prawdopodobieństwa, to dowodzimy tem po-
prostu niedokładnej znajomości rzeczy. Możemy mówić,
iż wydaje się nam prawdopodobnem, że jutro będzie padał
deszcz, gdy tymczasem doświadczony meteorolog, widząc
głęboką depresję, idącą od Atlantyku ku wschodowi, może
z całą pewnością powiedzieć, że tak będzie istotnie. Mo-
żemy mówić o szansach konia, gdy tymczasem jego właści-
ciel wie z całą pewnością, iż złamał on nogę. W ten sam
sposób, być może, iż ucieczka nowoczesnej fizyki w dzie-
dzinę prawdopodobieństwa jest tylko szatą, pokrywającą
całkowitą jej nieznamość prawdziwego mechanizmu na-
tury. Możemy obrazowo wystawić sobie, jak się to przed-
stawia.

W początkach bieżącego stulecia Mc Lennan, Ru-
therford i inni odkryli w atmosferze ziemskiej nowy ro-
dzaj promieniowania, odznaczający się niezmiernie wy-
ską zdolnością przenikania ciał stałych. Zwykle światło
przenika tylko na ułamek cala przez nieprzezroczystą sub-
stancję; możemy zasłonić nasze twarze od promieni sło-
necznych kawałkiem papieru lub jeszcze cieńszą zasłoną

z metalu, promienie X natomiast posiadają o wiele wyż-
szą przenikliwość; możemy przepuścić je przez nasze
ręce lub nawet przez całe ciało i dzięki temu chirurg
może sfotografować nasze kości, ale metal grubości mo-
nety zatrzymuje je w zupełności, natomiast promienie
wykryte przez Mc Lennana i Rutherforda mogły prze-
niknąć przez wiele metrów ołowiu lub innego ścisłego
metal.

Wiemy obecnie, iż wielka część tych promieni, zwa-
nych powszechnie promieniami kosmicznymi, bierze swój
początek w zewnętrznej przestrzeni; spadają one na zie-
mię w wielkich ilościach, a ich potęga destrukcyjna jest
ogromna; w ciągu jednej sekundy niszczą one około dwu-
dziestu atomów w każdym sześciennym calu naszej atmo-
sfery oraz miliony atomów w naszym ciele. Wysunięto
przypuszczenie, iż owe promienie, padając na plazmę za-
rodkową, mogłyby wywołać owe spazmatyczne zmiany
biologiczne, których wymaga nowoczesna teoria rozwoju;
kto wie, czy to nie promienie kosmiczne zamieniły swego
czasu małpy w ludzi.

W tenże sam sposób wnioskowano w swoim czasie, iż
działanie promieni kosmicznych na atomy promienio-
twórcze powoduje ich rozpad.

Oto promienie padały, jak przeznaczenie, rażąc to ten,
to tamten atom, wskutek czego atomy padały, jak żół-
nierze, wystawieni na ślepy ogień, a prawo, rządzące stop-
niem ich zanikania, zdawało się być tem samem wy-
tłumaczone. Hipoteza ta została obalona, gdy zniesiono
materję promieniotwórczą do głębin kopalni węgla; zu-
pełnie oddzielona w ten sposób od promieni kosmicznych

rozpadała się ona w dalszym ciągu w tym samym stopniu, co i poprzednio. Pomimo upadku tej hipotezy istnieje niezawodnie jeszcze wielu fizyków, mniemających, iż da się odkryć inny czynnik fizyczny, odgrywający rolę przeznaczenia w procesie rozpadu materii promieniotwórczej; stopień śmiertelności atomów byłby wówczas oczywiście proporcjonalny do siły tego czynnika. Inne podobne zjawiska przedstawiają o wiele większe trudności; znajduje się między nimi powszechnie znane zjawisko emisji światła przez zwykłą żarówkę elektryczną. Istota rzeczy polega na tem, że rozżarzony drut otrzymuje energję z dynamomaszyny i wyładowuje ją w postaci promieniowania; wewnątrz samego drutu elektrony milionów atomów wirują w swych orbitach, przeskakując z jednej do drugiej w sposób nagły i niepodlegający żadnej ciągłości, wydzielając, to znów absorbując promieniowanie w ciągu tego procesu. W 1917 r. Einstein zbadał to, co moglibyśmy nazwać statystyką tych skoków; niektóre z nich są oczywiście wywołane samem promieniowaniem oraz ciepłem drutu, lecz nie są one na tyle liczne, aby mogły stanowić całkowitą przyczynę promieniowania, wydzielanego przez drut. Einstein wykrył, iż muszą zachodzić inne jeszcze skoki, występujące spontanicznie podobnie jak rozpad atomu radu; krótko mówiąc, zdawałoby się, iż w tym wypadku należy powołać się na przeznaczenie.

Gdyby jakiś zwykły czynnik fizyczny odgrywał w tym wypadku rolę przeznaczenia, siła jego powinna by wpływać na intensywność emisji promieniowania drutu, tymczasem, o ile wiemy, natężenie promieniowania zależy wi-
docznie od znanych nam stałych natury, identycznych na

ziemi i w najbardziej oddalonych gwiazdach, nie pozostawiając miejsca dla interwencji zewnętrznych czynników.

Moglibyśmy zobrazować naturę tych spontanicznych rozpadów i skoków przez porównanie atomu z partją czterech graczy, godzących się zgóry na przerwanie gry z chwilą, gdy po rozdaniu kart okaże się, iż każdy z graczy ma w ręku całkowity komplet jednego koloru; masę zaś substancji promieniotwórczej możnaby przyrównać do pokoju, w którymby się rozgrywały miliony takich partyj, okaże się wtedy, iż liczba partyj będzie się zmniejszała dokładnie według prawa rozpadu promieniotwórczego, jednakże pod warunkiem, aby karty przed każdym rozdaniem zostały gruntownie przetasowane. Przy dokładnem tasowaniu kart przebieg czasu i przeszłość nie będą miały żadnego znaczenia dla graczy, jako że po każdorazowym przetasowaniu sytuacja jest stworzona na nowo; w tym wypadku, podobnie jak przy atomach radu, śmiertelność na tysiąc będzie stała, jeśli natomiast karty zostaną po każdej grze wzięte znów do ręki bez tasowania, to każda partja wynika niechybnie z poprzedniej i oto mamy analogję do dawnego prawa przyczynowości; stopień zmniejszania się liczby graczy różniłby się w tym wypadku od faktycznie zaobserwowanego w rozpadzie promieniotwórczym; ostatni możemy odtworzyć jedynie, zakładając, iż karty są nieustannie tasowane, a rolę tasującego obejmuje t. zw. przeznaczenie.

Aczkolwiek dalecy jesteśmy od stanowczej znajomości rzeczy, wydaje się możliwem istnienie jakiegoś czynnika, neutralizującego w naturze żelazną konieczność sta-

rego prawa przyczynowości, a dla którego nie znaleźliśmy, jak dotychczas, odpowiedniejszej nazwy nad przeznaczenie; być może, iż przyszłość nie jest tak niezmiennie wyznaczona przez przeszłość, jak się nam to zdawało dotychczas; może ona przynajmniej częściowo spoczywać w rękach bogów.

Wiele innych rozważań prowadzi nas w tym samym kierunku; na przykład prof. Heisenberg wykazał, iż koncepcje nowoczesnej teorii kwantów zawierają tak zwaną przez niego „zasadę niewyznaczalności“. Przez długi czas wyobrażaliśmy sobie działanie przyrody, jako wzór idealnej precyzji; maszyny, zbudowane ręką ludzką, są, jak wiemy, niedokładne i nieściśle, łudziliśmy się wiarą, iż najistotniejszy mechanizm atomu okaże się wzorem idealnej dokładności i precyzji, tymczasem Heisenberg wykazuje, iż przed tem właśnie natura wzdyga się najbardziej.

Według dawnej nauki stan takiej cząstki, jak elektron, był zupełnie wyznaczony z chwilą, gdy znaleźliśmy miejsce, zajmowane przezeń w przestrzeni w pewnym określonym momencie oraz szybkość jego ruchu w tymże momencie; dane te, w połączeniu ze znajomością sił, mogących wpływać nań z zewnątrz, określały zgóry całą przyszłość elektronu; posiadając owe dane co do każdej cząstki wszechświata, możnaby zgóry przepowiedzieć całą jego przyszłość.

Nowa wiedza w ujęciu Heisenberga zapewnia nas, iż dane te są z natury rzeczy nieosiągalne; gdy wiemy, iż elektron znajduje się w pewnym punkcie przestrzeni, nie możemy dokładnie określić szybkości jego ruchu — natura pozostawia pewien „margines błędu“, a przy wszel-

kich próbach wkroczenia doń nie udziela nam ona żadnej pomocy — zdawałoby się, iż nie uznaje ona zupełnie wszelkich ścisłych pomiarów; gdy znamy znów dokładnie szybkość ruchu elektronu, natura nie dopuszcza nas do odkrycia istotnego miejsca, zajmowanego przezeń w przestrzeni. Wygląda to zupełnie, jakgdyby położenie i ruch elektronu były naznaczone po obu stronach przezrocza; gdy włożymy przezrocze do niedokładnej latarni projekcyjnej, to możemy nastawić na ostrość w pół drogi między jedną stroną a drugą i zobaczymy względnie jasno zarówno położenie, jak i ruch elektronu, natomiast z dokładnym aparatem nie moglibyśmy tego uczynić: im bardziej nastawialibyśmy jedną stronę na ostro, tem bardziej zamgloną stawałaby się druga.

Niedokładną latarnią była dawna nauka; łudziła nas ona mniemaniem, iż gdybyśmy mogli rozporządzać doskonałym przyrządem, tobyśmy byli w stanie określić jednocześnie położenie i ruch cząstki w danym momencie z najwyższą dokładnością — złudzenie to wprowadziło determinizm do nauki; wszelako obecnie, gdyśmy w postaci nowej nauki otrzymali tę ulepszoną latarnię, wykazuje nam ona, iż określenie ruchu i położenia leżą na dwu odmiennych płaszczyznach rzeczywistości, nie dających się jednocześnie nastawić na absolutną ostrość; tem samem usuwa ona podstawę, na której opierał się dawny determinizm.

Wygląda to, przyjmując znowu inne porównanie, jakgdyby spojenia wszechświata rozluźniły się, jakgdyby mechanizm jego był „rozklekotany“, podobnie jak w zużytej maszynie; jednakże analogja ta szwankuje, jeśli nasuwa

nam przypuszczenie, iż świat jest w jakikolwiek sposób zużyty lub niedoskonały. W starej lub zepsutej maszynie stopień rozklekotania lub rozluźnienia spójń zmienia się z miejsca na miejsce, w świecie natury zaś mierzy się tajemniczą wielkością, znaną jako „stała h Plancka“, absolutnie jednostajną dla całego wszechświata; wartość jej może być zmierzona zarówno w laboratorium, jak i na gwiazdach niezliczoną ilością sposobów, a okazuje się zawsze jednaką. Sam fakt, iż „rozluźnienie spójń“ jakiegokolwiek bądź typu przenika wszechświat nawskróś, obala możliwość istnienia ścisłej przyczynowości, pojmując ostatnią jako cechę nienagannie działającej maszyny.

Te i inne rozważania, do których powrócimy poniżej, doprowadziły wielu fizyków do mniemania, iż determinizm nie ma zastosowania w przypadkach, gdzie atomy i elektrony występują pojedynczo, a że pozorny determinizm wydarzeń w skali makroskopowej jest jedynie natury statystycznej. Gdy mamy do czynienia z atomami i elektronami w dużych masach, to matematyczne prawo średnich wartości narzuca nam determinizm, którego prawa fizyczne nie mogły stwierdzić.

Pojęcie to możemy zobrazować zapomocą analogicznej sytuacji w świecie makroskopowym, Gdy podrzucimy pięciogroszówkę, nie możemy być nigdy pewni, czy wypadnie „orzeł“ czy „reszka“, rzuciwszy jednak miljon tonn pięciogroszówek wiemy, iż 500.000 tonn upadnie na jedną a 500.000 na drugą stronę. Możemy doświadczenie to powtarzać do nieskończoności, zawsze z jednakowym skutkiem, moglibyśmy uważać je za dowód jednostajności natury i przypisywać to działaniu prawa przyczynowości,

w rzeczywistości jednak jest to tylko wynik matematycznych praw przypadku.

Liczba pięciogroszówek w milionie tonn jest jednakże niczem w porównaniu z liczbą atomów w najmniejszej nawet cząstce materji, na której fizycy doby ubiegłej mogli przeprowadzać swe badania, jasne jest więc obecnie, w jaki sposób złudzenie determinizmu — o ile ono jest rzeczywiście iluzją — wtargnęło do nauki.

Nasze wiadomości co do tych zagadnień są jak dotychczas bardzo nieokreślone. Prawdopodobnie większość fizyków oczekuje chwili, gdy prawo przyczynowości zostanie w taki, czy inny sposób przywrócone na swe dawne miejsce. Jak dotychczas przynajmniej, nie zostało ono jednak przywrócone; wynika z tego, iż, w przeciwieństwie do dawnych mechanistycznych koncepcyj, obraz wszechświata, przedstawiany nam przez obecną fizykę, pozostawia w swym zakresie więcej miejsca dla istnienia życia i świadomości wraz z atrybutami, które zwykliśmy łączyć z niemi, jako to wolną wolą oraz zdolnością wpływania samą naszą obecnością na bieg i istotę wszechświata. Albowiem być może niezależnie od tego, co wiemy, oraz niezależnie od zaprzeczeń nowoczesnej nauki, bogami, grającymi rolę przeznaczenia w stosunku do atomów, wchodzących w skład naszych mózgów, jest własna nasza wola. Być może, iż za pośrednictwem tych atomów wpływa ona na ruchy naszych ciał, a przez to i na stan otaczającego nas świata. Dzisiejsza nauka nie może już dłużej zamykać drogi tej możliwości, nie rozporządza ona już żadnymi niezbitymi argumentami, któremi mogłaby zwalczać nasze wrodzone przeświadczenie o istnieniu wolnej

woli, z drugiej strony nie daje nam ona żadnych wskazówek co do doniosłości braku determinizmu i przyczynowości. Jeśli zarówno my, jak i natura wogóle, nie reagujemy w jednolity sposób na bodźce zewnętrzne, to cóż wobec tego określa bieg wypadków? Jeżeli jakakolwiek przyczyna istnieje, powracamy znów do determinizmu i przyczynowości; jeśli jej nie ma, to jakże wogóle cośkolwiek dziać się może?

Mojem zdaniem, niepodobna jest dojść w tych sprawach do określonego wniosku, dopóki nie osiągniemy dokładniejszego zrozumienia istoty czasu. Podstawowe prawa natury, przynajmniej w obecnie znanym nam zakresie, nie dają żadnego powodu do myślenia, iż czas posuwa się stale naprzód: są one równie dobrze nastawione na możliwość istnienia czasu, stojącego w miejscu, jak i płynącego wstecz. Stałe posuwanie się czasu naprzód — istotna podstawa stosunku przyczyny i skutku — jest czemś, co nakładamy na zauważone prawa natury z własnego doświadczenia; nie jest nam wiadomo, azali stanowi ono istotną cechę czasu, aczkolwiek teoria względności, jak się wkrótce o tem przekonamy, skłania się bądź co bądź w dużej mierze do naznaczenia posuwania się naprzód czasu oraz związku przyczyny i skutku cechą czystego złudzenia; pojmując ona czas poprostu jako czwarty wymiar, który należy dodać do trzech wymiarów przestrzeni, wskutek czego zasada *post hoc ergo propter hoc* stosuje się równie mało do kolejności zdarzeń w czasie, jak do kolejności słupów telegraficznych wzdłuż linii kolejowej.

Zagadka istoty czasu była zawsze hamulcem dla na-

szych myśli, jeśli zaś pojęcie czasu jest czemś głębokiem, iż zrozumienie jego istoty pozostanie dla nas na zawsze nieosiągalnem, to wówczas, wedle wszelkiego prawdopodobieństwa, odwieczny spór między determinizmem i wolą wola nie doczeka się nigdy rozstrzygającego wyroku.

Możliwość usunięcia determinizmu i zasady przyczynowości z fizyki stanowi stosunkowo świeży etap w historii teorii kwantów. Pierwotnym celem tej teorii było usiłowanie wytłumaczenia pewnych zjawisk promieniowania; dla należytego zrozumienia ostatecznego zagadnienia należy jednak cofnąć się aż do Newtona i XVII wieku.

Najbardziej oczywistą cechę promienia świetlnego stanowi — przynajmniej przy powierzchniowej obserwacji — jego dążenie do posuwania się po linii prostej; wszak każdemu dobrze są znane proste zarysy smugi światła słonecznego w pokoju pełnym kurzu. Szybko mknąca cząstka materji również dąży do poruszania się wzdłuż linii prostej, nie więc dziwnego, iż dawni badacze uważali światło za strumień cząstek, wytryskających ze świetlnego źródła, jak strzał z lufy broni palnej. Newton przyłączył się do tego poglądu, precyzując go w swej „korpuskularnej teorii światła“.

Codzienna obserwacja dowodzi nam jednak, iż promień światła niezawsze biegnie po linii prostej. Może on zostać gwałtownie odwróconym, co zdarza się wówczas, gdy pada na powierzchnię zwierciadła, albo ulec załamaniu, jak się to dzieje, gdy przenika do wody, lub jakiegokolwiek innego płynnego ośrodka; załamanie to jest przyczyną pozornego złamania wiosła w miejscu zetknięcia

się z powierzchnią wody oraz złudzenia płytkości rzeki rozwiewającego się z chwilą, gdy wstąpimy do wody.

Nawet za czasów Newtona prawa, rządzące temi zjawiskami, były należycie znane. W przypadku odbicia się, kąta padania promienia światła na zwierciadło był ściśle równy kątowi odbicia, innemi słowy, światło odbijało się od zwierciadła podobnie, jak piłka tenisowa odbija się od idealnie ubitego kortu. W przypadku załamania istniał stały stosunek między sinusem kąta padania i sinusem kąta załamania. Newton nie bez trudu starał się wykazać, iż jego cząstki świetlne poruszałyby się zgodnie z temi prawami, gdyby były poddane działaniu pewnych określonych sił na powierzchni zwierciadła, lub załamującego płynu; oto twierdzenie XCIV oraz XCVI z jego Principia:

Twierdzenie XCIV

Jeżeli dwa podobne ośrodki są oddzielone od siebie przestrzenią, ograniczoną po obu stronach równoległymi płaszczyznami, a ciało, przechodząc przez tę przestrzeń, jest przyciągane lub odpychane prostopadle w kierunku któregośkolwiek z tych ośrodków bez poruszania lub przeszkód ze strony innej siły, a siła przyciągania będzie jednakowa w równym oddaleniu od każdej płaszczyzny, wówczas twierdzą, iż sinus padania na jedną z płaszczyzn będzie w stałym stosunku do sinusa wynurzania się z drugiej.

Twierdzenie XCVI

Zakładając to samo, oraz, że ruch przed padaniem jest szybszy, niż następnie, twierdzą, iż, gdy linja padania będzie stale obniżana, ciało zostanie wreszcie odbite, a kąt odbicia będzie równy kątowi padania.

Korpuskularna teoria Newtona natrafiła na szkopał w fakcie częściowego jedynie załamania promienia światła,

padającego na powierzchnię wody; pozostałość światła ulega odbiciu i ta właśnie część powoduje zwykłe odbijanie się przedmiotów w jeziorze, lub drgania światła księżycowego na morzu. Uczyniono teorii Newtona zarzut, iż nie jest ona w stanie wytłumaczyć tego odbicia, gdyby bowiem światło składało się z drobnych cząstek, to siły na powierzchni wody powinny wpływać jednakowo na wszystkie cząstki; gdyby zaś jedna z nich uległa załamaniu — wszystkie powinnyby mu ulec również, a woda byłaby pozbawiona możliwości odbijania słońca, gwiazd i księżyca. Newton starał się odeprzeć ten zarzut, przypisując powierzchni wody „zmienną skłonność do przepuszczania i odbicia“; cząstka, padająca na powierzchnię w pewnej chwili była przyjęta, w następnej chwili jednakże wrota były już zamknięte, wskutek czego towarzysząca jej musiała zawrócić z drogi, tworząc odbite światło. To pojęcie przez swoje odstępianie od zasady jednostajności w naturze, z jednoczesnem zastąpieniem determinizmu przez kategorie prawdopodobieństwa, w uderzający wprost sposób wyprzedziło nowoczesną teorię kwantów; w owym czasie jednakże nie znalazło należytego posłuchu.

Niezależnie od poprzedniego teorii korpuskularna natrafiła na inne, ważniejsze jeszcze trudności. Okazało się bowiem przy dostatecznie drobiazgowem badaniu, iż światło nie biegnie tak ściśle prosto, jakby tego wymagał ruch cząstek. Wielki obiekt, jak dom, lub góra, rzuca określony cień, udzielając równie dobrej zasłony od skwaru słońca, jak i od gradu kul, nikły natomiast przedmiot, jak np. cienutki drut, włos lub włókno nie daje takiego cienia; gdy trzymamy go przed ekranem, żadna cząstka tego

nie zostaje zaciemniona całkowicie. W jakiś sposób udaje się światłu okrążyć ten przedmiot i miast określonego cienia widzimy zmienną grę jasnych i stosunkowo ciemnych równoległych prążków, znanych pod nazwą „pierścieni interferencyjnych“. Weźmy inny przykład: oto duży okrągły otwór w diafragmie przepuszcza okrągłą plamę światła, skoro jednak ten otwór będzie tak mały, jak najmniejsze ucho igielne, wówczas wzorem, odbijającym się na ekranie, będzie bynajmniej nie mała okrągła plamka świetlna, lecz daleko większy układ pierścieni, naprzemian jasnych i ciemnych — „pierścieni dyfrakcyjnych“. Rys. I tablicy II ukazuje obraz, otrzymany na kliszy fotograficznej, po przepuszczeniu wiązki światła przez maleńki otvorek; światło każdego pierścienia o promieniu, większym od promienia otworku, musiało w jakiś sposób ugiąć się na jego brzegach.

Newton uważał to zjawisko za dowód, iż jego „ciałka świetlne“ podlegały przyciąganiu ciał stałych. Pisał on, co następuje:

„Promienie światła, znajdujące się w powietrzu, przechodząc w sąsiedztwie kątów ciał przezroczystych lub nieprzezroczystych, (jako to okrągłe i prostokątne brzegi monet, noży lub odłamków kamienia i szkła) okrążają te ciała lub odginają się dookoła nich, jak gdyby ulegając ich przyciąganiu, te zaś promienie, które przechodzą najbliżej owych ciał, podlegają największemu zagięciu, jakby pod wpływem mocniejszej siły przyciągania“.

Tu znów Newton w uderzający sposób wyprzedził nowoczesną wiedzę, albowiem owe siły, o których wspomina, przedstawiają duże podobieństwo do „sił kwantowych“ nowoczesnej mechaniki falowej. Nie zdołały one jednakże

wytłumaczyć dostatecznie zjawisk dyfrakcji i wskutek tego nie osiągnęły większego uznania.

Zczasem wszystkie te i podobne zjawiska zostały należycie wytłumaczone przez przyjęcie założenia, iż światło składa się z fal, podobnych do tych, które wiatr podnosi na powierzchni morza, z tą jednak różnicą, iż podczas gdy fale morskie są wielometrowej długości, tutaj tysiące fal mieści się w jednym centymetrze. Fale światła okrążają nieznaczną przeszkodę dokładnie w ten sam sposób, w jaki fale morskie okrążają niewielką skałę. Skalista rafa milowej długości stanowi doskonałą osłonę od morza, natomiast mała skała nie udziela podobnej ochrony, albowiem fale morskie okrążają ją ze stron obu, aby się znów połączyć poza nią, podobnie jak fale światła łączą się zpowrotem, okrążywszy cienki włos lub włókno. W tenże sposób fale, uderzające przy wejściu do portu, nie biegną w prostej linii poprzez przystań, ale, okrążywszy łamacz fal, wzbudzają całą powierzchnię basenu portowego. Rys. I, tab. II ukazuje „zaburzenie“, wywołane poza otworkiem, a spowodowane falami światła, okrążającymi jego brzegi, podobnie jak fale morskie okrążają groble. Wiek XVII uważał światło za grad cząstek, w. XVIII natomiast, uważając, iż pogląd ten nie tłumaczy dostatecznie zjawisk, zachodzących w świecie mikroskopowym, jak zjawiska opisane powyżej, zastąpił grad cząstek przez szereg fal.

Zamiana ta jednakże pociągnęła za sobą znów inne trudności. Światło słoneczne, przepuszczone przez pryzmat, rozszczepia się w tęczowe „widmo“ barw: czerwonej, pomarańczowej, żółtej, zielonej, błękitnej, niebieskiej i fioł-

kowej. Gdyby światło składało się z fal, podobnych do fal morskich, z łatwością możnaby wykazać, iż całe światło analizowanego promienia słonecznego winno znajdować się przy fioletowym krańcu widma. Ponadto, ponieważ fale krańcowego fioletu posiadają nieograniczoną możliwość wchłaniania w siebie energii, całkowita energia wszechświata powinna w krótkim czasie przyjąć formę fioletowego i pozafioletowego promieniowania, wędrującego przez przestworza. „Teoria kwantów” powstała z wysiłków, podjętych celem wyleczenia falowej teorii światła z tych niedokładności, i została uwieńczona najzupełniejszym powodzeniem. Wykazała ona, iż Newton, przyjmując korpuskularną naturę światła nie był całkowicie w błędzie, gdyż istotnie promień światła, może być pojmowany, jako rozbitý na drobne ułamki, zwane „kwantami światła” lub „fotonami”, z tą samą dokładnością, z jaką deszcz rozpada się na krople wody, grad kul na oddzielne kawałki ołowiu lub gaz na oddzielne cząsteczki. Jednocześnie światło nie traci swego falowego charakteru. Każda cząstka światła posiada przyporządkowaną sobie określoną wielkość wymiaru długości; zwiemy ją długością jej fali, gdyż, jeśli powyższe światło przepuścimy przez pryzmat, zachowuje się ono dokładnie tak, jakby to czyniły fale o tej właśnie długości. Światło o znacznej długości fali składa się z drobnych cząstek i *vice versa*, a ilość energii w każdej cząstce jest odwrotnie proporcjonalna do tej długości fali, tak iż możemy zawsze obliczyć energję fotonu na podstawie długości fal i *vice versa*.

Niepodobna jest zliczyć wielkiej ilości dowodów, na których opierają się te koncepcje. Wszystkie one bez naj-

mniejzych wyjątków wskazują na to, iż światło przechodzi przez aparaty laboratoryjne w postaci nienaruszonych fotonów.

Żadne dotychczasowe obserwacje nie zdołały odkryć istnienia ułamka fotonu, ani też nasunąć podejrzenia, iż coś podobnego wogóle istnieje.

Dwa typowe przykłady wystarczą nam najzupełniej.

Promieniowanie jest zdolne przy odpowiednich warunkach wywołać rozkład atomów, na które pada. Zbadanie rozbitych atomów ujawnia nam dokładną ilość energii, wyładowanej nad każdym z nich dla dokonania jego rozpadu. Okazuje się zawsze i niezmiennie, iż jest to energia, równa energii całkowitego fotonu, obliczonej na podstawie znanej długości jego fali. Wygląda to zupełnie, jakgdyby armja światła zetknęła się z armją materji.

Od dawna wiadomo było, iż ostatnia składa się z pojedynczych żołnierzy-atomów, obecnie zaś okazuje się, iż pierwsza również składa się z pojedynczych żołnierzy-fotonów, zbadanie zaś pola bitwy prowadzi nas do wniosku, iż walka polegała na spotkaniach się w pojedynkę.

A oto drugi przykład. Prof. Compton z Chicago zbadał ostatnio wynik działania promieni X na elektrony i znalazł, iż promieniowanie to rozprasza się dokładnie w ten sposób, jakgdyby składało się ono z materialnych cząstek światła czyli fotonów, pędzących w postaci oddzielnych jednostek, podobnych tym razem do kul na polu bitwy, godzących we wszystkie elektrony, stojące na ich drodze.

Zasięg indywidualnych fotonów, zepchniętych ze swego biegu przy tych zderzeniach, umożliwia nam wyliczenie

ich energii i tu znów wartości znalezione zgadzają się dokładnie z wyliczonemi na podstawie długości ich fali.

To pojęcie niepodzielnych fotonów prowadzi nas zpowrotem do niewyznaczalności. Istnieją różnorodne metody rozszczepiania wiązki światła na dwie części, idące odmienną drogą. Gdy wiązka ogranicza się do jednego fotonu, musi on obrać sobie tylko jedną drogę; nie może on rozdzielić się na obie, ponieważ foton jest niepodzielny, wybór zaś drogi jest sprawą prawdopodobieństwa, a bynajmniej nie pewności.

Wskutek tego dochodzimy do wniosku, iż wiek XVII, uważający, iż światło składa się tylko z cząstek, oraz wiek XIX, który uważał, iż składa się ono tylko z fal, były oba w błędzie, lub — jeśli kto woli — oba miały słuszność. Albowiem zarówno światło, jak i wszelkiego rodzaju promieniowanie, składają się jednocześnie z cząstek i z fal.

W doświadczeniach prof. Comptona promieniowanie X pada na pojedyncze elektrony, zachowując się, jak grad oddzielnych cząstek; w doświadczeniach zaś Lauego, Bragga i innych dokładnie te same promienie, padając na kryształ, zachowują się pod każdym względem, jak kolejny szereg fal. To samo powtarza się w całej przyrodzie: to samo promieniowanie ukazuje się nam jednocześnie w postaci cząstek i fal. Niekiedy zachowuje się jak cząstki, niekiedy jak fale, a żadna z dotychczas znanych ogólnych zasad nie zdoła przepowiedzieć nam, w której z tych postaci wystąpi ono w takich lub innych okolicznościach.

Wynika z tego, iż, jeśli pragniemy zachować wiarę

w jednolitość natury, to należałoby przypuszczać, że cząstki i fale są w istocie rzeczy jednym i tem samem. To doprowadza nas do drugiej, o wiele ciekawszej, części naszego rozważania. Pierwsza część, podana przed chwilą, dotyczyła występowania światła naprzemian w postaci cząstek i fal, drugą część stanowi twierdzenie, iż elektrony i protony, owe zasadnicze jednostki, z których się składa wszelka materja, występują również już to w postaci fal, już to w postaci cząstek. Świeżo odkrytą została dwoistość w naturze elektronów i protonów podobna do tej, którą w naturze promieniowania stwierdzono już dawniej; obecnie już i elektrony wydają się być także jednocześnie cząstkami i falami.

Kiedy Newtonowska korpuskularna teoria światła ustąpiła miejsca teorii undulacyjnej, nasunęła się konieczność wytłumaczenia, w jaki sposób grad cząstek może naśladować zachowanie się szeregu fal i poruszać się prostolinijnie z wyjątkiem przypadku zawrócenia z drogi przez odbicie lub załamania. Jeśli promień słońca, przedzierający się przez szparę w okiennicy, składał się z fal, to należało oczekiwać, iż rozproszy się on po całym pokoju, podobnie, jak koła fal rozbiegają się po całej powierzchni jeziora, lub jak wąziutka wiązka rozprasza się po przejściu przez małeńki otworek, jak to widzimy na rys. I, tablicy II. Jednakże Young i Fresnel wykazali, iż niezakłócony niczem układ szeregu następujących po sobie fal poruszałby się w postaci wiązki, bez wyraźnych zboczeń — podobnie jak grad swobodnie poruszających się cząstek — i uległby odbiciu od zwierciadła w taki sam sposób, w jaki pocisk odbija się od idealnie twardej i gładkiej powierzchni. Wykazano rów-

niez, iż taki układ fal uległby załamaniu, zgodnie z prawami załamania światła. Gdyby taki układ fal przechodził przez ośrodek, którego zdolność załamania stałaby się zmieniała, to droga jego byłaby ostatecznie podobna do drogi cząstki, zmuszonej do zboczenia z prostego kierunku pod wpływem nieustannie działających nań sił i rzeczywiście obie te drogi stałyby się identyczne, zakładając proporcjonalność siły, działającej do zmiany kwadratu współczynnika załamania. To tłumaczyło powodzenie XCIV oraz XCVI twierdzenia Newtona, podanego na str. 36. Czegokolwiek przeto mogłyby dokonać cząstki z korpuskularnej teorii Newtona, zespół fal uczyniłby to samo, ale dzięki swej złożoności mógł on dokonać czegoś więcej i znaleziono, iż w każdym przypadku, w którym cząstki nie były w stanie oddać jakiejś własności światła, układ fal czynił to w zupełności. W ten sposób hipotetyczne cząstki Newtona rozplynęły się w układ fal.

W ostatnich latach byliśmy świadkami, jak w podobny sposób podstawowe składniki materji, t. j. elektrony i protony, rozplynęły się również w pewne układy fal.

W wielu okolicznościach zachowanie się elektronu lub protonu okazało się zbyt złożonem, aby mogło być wytłumaczonem ruchem zwykłej cząstki. Louis de Broglie, Schrödinger i inni usiłowali zgodnie interpretować je jako zachowanie się grupy fal, kładąc w ten sposób podstawy nowej gałęzi fizyki matematycznej, znanej pod nazwą mechaniki falowej (undulacyjnej). Śledząc oczyma piłkę tenisową, skaczącą po powierzchni nienagannie ubitego kortu, dojdziemy do przekonania, iż ruch jej odpowiada

zupełnie ruchowi promienia świetlnego, odbijającego się od powierzchni zwierciadła, tak iż możemy mówić o odbiciu piłki przez powierzchnię kortu. Nie wiele jednak zyskujemy na tem odkryciu; pozwoliłoby to nam wprowadzić, gdybyśmy tego chcieli, na ujmowanie piłki, jako układu fal, nie uczynimy tego jednak, gdyż widzimy, lub przynajmniej tak nam się wydaje, iż piłka nie jest układem fal.

Sprawa przedstawiałaby się inaczej, gdyby przedmiotem poruszającym się była nie piłka, ale elektron. Gdyby ruch elektronu, skaczącego po jakiejś powierzchni, okazał się takim samym, jak ruch układu fal, nie możnaby wówczas wyłączyć možnosti ujęcia elektronu jako takiego układu fal. Nikt nie może obecnie powiedzieć: „to mnie bynajmniej nie interesuje, widzę elektron i mogę stwierdzić, iż nie jest on rzeczywiście układem fal“, jako, że nikt nigdy nie widział elektronu i nie ma najsłabszego pojęcia o tem, jak on wygląda. *A priori* wolno nam równie dobrze uważać elektron, jak i ciałka światła Newtona, za układ fal. Aby się móc przekonać, czy też elektron jest faktycznie układem fal, należy zwrócić się do zjawisk, w których cząstka i układ fal zachowywałyby się odmiennie. Zjawiska, w których elektron nie zachowywał się tak, jak się tego spodziewano, gdy uważano go za cząstkę pewnego rodzaju, stanowią właśnie tę grupę zjawisk, których nam potrzeba, i okazuje się, iż elektron zachowuje się w każdym takim przypadku tak, jakby to czynił układ fal. Jednym z tego rodzaju szczególnych zjawisk jest grad elektronów, odbijających się od płytki metalowej: nie odbijają się one na wzór kulek gra-

dowych lub piłek tenisowych, lecz wytwarzają obraz dyfrakcyjny, jakby to uczynił układ fal (Tabl. II, rys. 3).

Ten sam przypadek zachodzi, gdy grad elektronów mknie poprzez wąski otworek: rozpraszają się one, dając obraz dyfrakcyjny, niezmiernie podobny do obrazu, wytwarzanego przez fale świetlne (Tabl. II, fig. 1 i 2). Nie dowodzi to oczywiście, aby elektron miał się faktycznie składać z fal, ale nasuwa się pytanie, czy też układ fal nie byłby wierniejszym obrazem elektronu, niżeli twarda elastyczna cząstka.

Istotnie układ fal dostarcza nam obrazu, który nie zawiódł nigdy w przewidywaniu zachowania się elektronu, jak się to zdarza w niezliczonej ilości przypadków z odpowiednim obrazem elektronu jako cząsteczki. Współczesna mechanika falowa wykazuje, iż elektron lub proton w ruchu powinien zachowywać się jak układ fal o ściśle określonej długości fali. Ostatnia zależy jedynie od masy poruszającej się cząstki i jej szybkości ruchu — od niczego więcej. Długość fal, wyznaczona przez tę mechanikę elektronom i protonom, poruszającym się w zwykłych warunkach laboratoryjnych, może być łatwo zmierzona za pomocą zwykłej aparatury. Doświadczenia nad zjawiskami, które możnaby określić, jako odbicie i załamanie elektronów zostały dokonane przez Davissona i Germera w Ameryce, przez prof. G. P. Thomsona w Aberdeen, Ruppą w Niemczech, Kikuchiego w Japonji, Dauvillier we Francji (Szczeniowskiego w Polsce, przyp. tłumacza). Równoległa wiązka pędzących elektronów została skierowana na powierzchnię metaliczną lub nawskróś przez nią. W każdym przypadku wynik, zanotowany na odpowied-

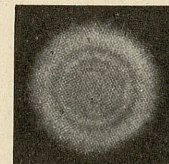
nio umieszczonej kliszy fotograficznej, zupełnie nie odpowiadał założeniu, iż elektrony zachowują się jak grad drobnego śrutu, lub innych twardych cząstek. Otrzymywano stale obraz dyfrakcji, składający się z układu kół współśrodkowych, naprzemian jasnych i ciemnych, a otrzymany obraz jest tego rodzaju, jakgdyby był wywołany przez fale o pewnej określonej długości, padające na metal. Gdy zmierzono długość tych fal okazało się, iż są one w zupełności zgodne z przewidzianiami przez wspomniane już wzory mechaniki falowej. Ostatnio prof. Dempster z Chicago osiągnął podobny wynik pomyślny z poruszającymi się protonami.

Te i inne doświadczenia dowiodły, iż fale i długości fal, przyporządkowane pędzącym elektronom i protonom, są conajmniej czemś więcej, niż zwykłym mitem. Coś z falowej natury tkwi bezwzględnie w tem wszystkim, a obraz, przedstawiający pędzące elektrony i protony, jako pewne układy fal, tłumaczy ich zachowanie się zarówno wewnątrz, jak i zewnątrz atomu o wiele lepiej, niżeli dawne ujęcie, przyjmujące je wyłącznie za naładowane cząstki.

Moglibyśmy streścić to wszystko, cośmy powiedzieli powyżej, stwierdzając, iż zarówno podstawowe składniki materji — elektrony i protony, — jak i promieniowanie wykazują dwoistą naturę. Dopóki nauka rozpatruje zjawiska w skali makroskopowej, otrzymamy dokładny obraz rzeczy przez przypisanie im obu natury cząstek, lecz z chwilą, gdy nauka przystępuje do bliższego i ściślejzego kontaktu z istotą rzeczy, przechodząc do zjawisk w skali mikroskopowej, to okazuje się, iż zarówno materja, jak i promieniowanie rozplývają się poprostu w fale.

Chcąc zrozumieć istotę rzeczy, należy przedewszystkiem zwrócić naszą uwagę na te zjawiska w skali mikroskopowej. Tu leży ukryta najistotniejsza natura wszechrzeczy, a napotykamy tu tylko fale i fale, wskutek czego powstaje w nas przypuszczenie, iż żyjemy we wszechświecie, składającym się wyłącznie z fal. O naturze tych fal pomówimy niebawem, obecnie wystarczy nam stwierdzenie, iż nowoczesna nauka niezmiernie daleko odbiegła od dawnych pojęć, uważających wszechświat wyłącznie za zbiór twardych ułamków materji, pośród których fale promieniowania stanowiły wydarzenie, zjawiające się przypadkowo, od czasu do czasu.

Rozdział następny zaprowadzi nas dalej tym samym szlakiem myśli.



Rys. 1. Pierścienie dyfrakcyjne, wywołane przez światło, przechodzące przez małeńki otworek w ekranie. (N. R. Fowler.)

R O Z D Z I A Ł T R Z E C I

MATERJA I PROMIENIOWANIE

Bezsporne przyjęcie w zaraniu nauki prawa przyczynowości za zasadę kierującą światem naturalnym, doprowadziło do odkrycia i sformułowania praw ogólnego typu: „określona przyczyna A prowadzi do znanego skutku B“. Np. doprowadzenie ciepła do lodu powoduje jego topnienie lub, wyrażając się szczegółowiej, ciepło zmniejsza na świecie ilość lodu, a zwiększa ilość wody.

Człowiek pierwotny mógł z łatwością zapoznać się z tem prawem. Wystarczało mu śledzić działanie słońca na szron lub wpływ długich dni letnich na górskie lodowce; w zimie mógł on zauważyć, iż mróz zamienia zpowrotem wodę w lód. W dalszem stadjum obserwacji można było odkryć, iż lód, zamarznięty powtórnie, równał się w swej ilości bryle lodu przed stopnieniem; stąd naturalny wniosek, iż coś, należącego do ogólniejszej kategorii, niżeli woda i lód, nie uległo zmianie ilościowej podczas przemiany:

Lód→Woda→Lód

Nowoczesna fizyka obeznana jest z prawami tego rodzaju i określa je jako „prawa zachowania“. Odkrycie, przypisywane powyżej pierwotnemu człowiekowi, stanowi specjalny wypadek prawa zachowania materji. Prawo „zachowania X“ niezależnie od tego, czym jest owo X znaczy, iż całkowita suma X we wszechświecie pozostaje stale

jednakowa, a żadna siła nie jest w stanie zamienić X na coś, co nie jest X.

Każde prawo tego rodzaju jest z konieczności hipotetyczne: znaczy ono faktycznie, iż nic z tego, co uczyniono dotychczas, nie zdołało zmienić całkowitej ilości X. Jeśli zaś wypróbowaliśmy dostateczną ilość sposobów, a każdy z nich zawiódł, to czujemy się upoważnieni do postawienia prawa zachowania X conajmniej, jako hipotezy roboczej.

Przy końcu zeszłego stulecia fizyka rozpoznawała trzy główne prawa zachowania:

- A) Prawo zachowania materji
- B) „ „ masy
- C) „ „ energii

Inne pomniejsze prawa, jako to prawo zachowania momentów linjowych i kątowych, nie potrzebują wchodzić w zakres naszej dyskusji, ponieważ są one poprostu dedukcjami z trzech głównych praw, wymienionych powyżej. Z tych trzech praw prawo zachowania materji było najbardziej sędziwe: było ono zawarte w atomistycznej filozofji Demokryta i Lukrecjusza, przypuszczającej, iż wszelka materja składa się z niestwarzalnych, niezmiennych i niezniszczalnych atomów. Dowodziło ono, iż materjalna zawartość wszechświata pozostaje zawsze ta sama, zawartość materjalna zaś każdej cząstki świata i każdego miejsca w przestrzeni pozostaje również ta sama, z wyjątkiem zmian, zachodzących wskutek wtargnięcia lub wymknienia się atomów.

Wszechświat był sceną, na której stale ci sami akto-

rzy — atomy — odgrywali swe role, zmieniając tylko strój i ugrupowanie osób, wszelako bez jakiegokolwiek zmiany swej tożsamości; aktorzy ci byli ponadto obdarzeni nieśmiertelnością.

Drugie prawo, prawo zachowania masy, jest bardziej nowoczesnego pochodzenia. Newton przypuszczał, iż każde ciało lub kawałek substancji posiada przyporządkowaną sobie niezmienną wielkość, swoją masę, będącą miarą jego „inercji“, lub oporu zmiany jego ruchu. Jeśli jeden samochód wymaga dwa razy silniejszego motoru, niżeli drugi, aby móc nam dać jednakową możność kierowania jego ruchem, to mówimy, iż posiada on masę dwa razy większą od ostatniego. Prawo ciężenia głosi, iż ciśnienie grawitacyjne, wywierane na dwa ciała, znajduje się w ściśłym stosunku do ich mas, wskutek czego, jeśli siła przyciągania ziemi jest ta sama względem dwóch ciał, to i masy ich muszą być takie same; z tego wypływa, iż najprostszym sposobem zmierzenia masy jakiegokolwiek ciała jest zważenie go.

Z biegiem czasu chemja wykazała, iż „atomy“ Lukrecjusza nie miały prawa do swej nazwy („atomy“ = „niedziałki“). Okazało się bowiem, iż nie są one bynajmniej „niepodzielne“ i dlatego otrzymały od tej pory nazwę „cząsteczek“, zaś nazwa „atomu“ została wyłączną własnością mniejszych jednostek, na które cząsteczki mogły być rozdrabniane. Istnieje wiele sposobów rozrywania cząsteczek i przedstawiania ich atomów: zwykłe zetknięcie z innymi cząsteczkami wystarcza w zupełności, tak, jak się to dzieje np. przy rdzewieniu żelaza, lub kiedy kwas zostaje wylany na metal; cząsteczki mogą

równie dobrze ulec rozerwaniu przez spalenie, wybuch, ogrzewanie lub przez działanie światła. Np. jeżeli postawimy na świetle butelkę dwutlenku wodoru, to samo przejście światła przez płyn rozбивa każdą cząsteczkę dwutlenku wodoru na cząsteczkę wody i atom tlenu. Odkorkowując naszą butelkę, usłyszymy pyknięcie, spowodowane wymknięciem się gazu, tlenu — i znajdziemy, iż część dwutlenku wodoru zamieniła się w wodę. Cząsteczki bromku srebra podlegają również zmianie pod wpływem światła, co stanowi podstawę fotografii.

Ku końcowi osiemnastego wieku Lavoisier żywił przekonanie, iż odkrył on, że całkowity ciężar materji po przejściu przez wszystkie zmiany chemiczne, stojące do jego rozporządzenia, pozostawał bez zmiany; wynikiem tego było, iż prawo zachowania materji zostało przyjęte za nieodłączną część nauki. Wiemy obecnie, iż nie jest to zupełnie ścisłe; waga tlenu, który wymknął się z naszej butelki z dwutlenkiem, dodana do wagi pozostałego płynu, przewyższa nieco wagę pierwotnego dwutlenku, a płyta fotograficzna zyskuje na wadze po wystawieniu jej na działanie światła; ujrzymy wkrótce, iż prawo to jest dlatego nieścisłe, że pomija wagę światła, wchłoniętego przez cząsteczki dwutlenku wodoru lub bromku srebra.

Trzecia zasada, zasada zachowania energii jest najświeższa ze wszystkich.

Energja występuje w najróżnorodniejszych formach; z których najzwyczajniejsza jest energja ruchu — ruchu pociągu wzdłuż szyn lub kuli bilardowej po stole. Newton wykazał, iż owa czysto mechaniczna energja, zostaje „zachowana“. Np. jeśli dwie kule bilardowe zderzą się ze

sobą, energja każdej z nich podlega zmianie, natomiast całkowita energja obydwu pozostaje niezmienną: jedna udziela energii drugiej, niema jednak ani straty, ani zysku energii przy tej zamianie. Zachodzi to jedynie tylko wówczas, gdy obie kule są „doskonale elastyczne“ — okoliczność idealna, w której piłki odskakują od siebie z tą samą szybkością, z jaką się zderzyły. W zwykłych warunkach, zachodzących w naturze, okazuje się, iż mechaniczna energja niezmiennie się zatracą: pocisk traci na szybkości przy przejściu przez powietrze, a pociąg zatrzymuje się po wyłączeniu motoru. We wszystkich przypadkach tego rodzaju wytwarza się ciepło i dźwięk ale długotrwałe badania wykazały, iż ciepło i dźwięk są równie formami energii. W klasycznej serii doświadczeń, robionych w 1840—50 r., Joule zmierzył energję ciepła i usiłował zmierzyć energję dźwięku zapomocą struny wiolonczeli; badania te, aczkolwiek niedostateczne, doprowadziły do uznania „zachowania energii“ za zasadę, rządzącą wszystkimi znanymi przemianami energii mechanicznej, ciepła, dźwięku i energii elektrycznej. Innemi słowy, wykazały one, iż energja nie zatracą się, lecz przeistacza, i że pozorna strata energii ruchu zostaje skompensowana przez zjawienie się dokładnie równoznacznej energii ciepła i dźwięku: energja ruchu pędzącego pociągu zostaje zastąpioną przez równoważną energję hałasu zgrzytających hamulców oraz rozgrzanie kół i szyn.

Przez całą drugą połowę dziewiętnastego wieku te trzy prawa pozostały niewzruszone. Zachowanie masy było uważane za to samo, co zachowanie materji, ponieważ masa każdego ciała była uważana za sumę mas jego

atomów. Wszystko to tłumaczyło w sposób prosty — o wiele za prosty, jak to obecnie widzimy — dlaczego całkowita masa nie ulegała zmianie wskutek działań chemicznych, natomiast nowoodkryte prawo zachowania energii stanowiło całość, stojącą oddzielnie poza nawiasem dwóch starszych praw. Uważano w dalszym ciągu wszechświat za scenę, na której aktorami były atomy, zachowujące niezmienną tożsamość i masę przez wszystkie czasy. Dla uzupełnienia obrazu pewna wielkość, znana pod nazwą energii, była przerzucana od jednego aktora do drugiego, będąc, podobnie jak i sami aktorzy, niestwarzalną i niezniszczalną.

Należało oczywiście traktować te trzy prawa wyłącznie jako hipotezy robocze, poddawać jej wszelkim możliwym próbom oraz odrzucić z chwilą, gdy wykażą znamiona niemocy i upadku. Wszelako zdawało się, iż są one tak niezbieżnie ugruntowane, że traktowano je jako bezsprzeczne ogólne prawa natury. Fizycy dziewiętnastego wieku zwykli byli pisać o nich, jako o prawach, kierujących całym światem, i na tej podstawie uczeni wygłaszali dogmatyczne teorie, dotyczące zasadniczej natury wszechświata. Była to jednak cisza przed burzą. Pierwszym grzmiotem zbliżającej się burzy było teoretyczne badanie J. J. Thomsona, wykazujące, iż masa naelektryzowanego ciała mogła ulec zmianie skutkiem puszczenia go w ruch; im szybciej się owo ciało poruszało, tem większą stawała się jego masa, w przeciwieństwie do teorii Newtona o stałej i niezmienniej masie. Zdawało się chwilowo, iż zasada zachowania masy została usunięta z nauki. Przez pewien czas wniosek ten pozostawał przedmiotem czysto akade-

mickiego zainteresowania: nie mógł on być sprawdzony przy pomocy obserwacji ze względu na to, iż niepodobna było zwykłych ciał naładować dostateczną ilością elektryczności, ani też puścić ich w ruch z dostateczną szybkością, tak, aby zmiany masy, przewidywane teoretycznie, mogły wzrósć do uchwytnej ilości. Lecz oto u schyłku dziewiętnastego wieku J. J. Thomson i jego następcy rozpoczęli rozbijać atom, który okazał się wówczas równie mało niepodzielnym i godnym nazwy „atomu“, jak cząsteczka, do której ta nazwa była poprzednio stosowana.

Zdołano wówczas oddzielić tylko drobne ułamki, a zupełny rozkład atomu na jego ostateczne składniki nie został nawet dzisiaj jeszcze całkowicie osiągnięty. Stwierdzono, iż owe ułamki były ściśle jednakowe i naładowane elektrycznością ujemną; zostały one nazwane elektronami. Elektrony te są bezporównania silniej naelektryzowane, niżeli byłoby to możliwe do osiągnięcia w przypadku zwykłego ciała. Gram złota, rozklepany w najcieńszy listek, o powierzchni jednego metra kwadratowego, może zostać z powodzeniem naładowany ładunkiem około 60.000 jednostek elektrostatycznych, natomiast gram elektronów nosi stały ładunek około dziewięciu milionów milionów razy większy. Z tego powodu, a także ponieważ elektron może być zapomocą elektrycznych środków wprowadzony w ruch z szybkością, przewyższającą znacznie sto pięćdziesiąt tysięcy kilometrów na sekundę, można z łatwością sprawdzić, iż masa elektronu zmienia się z jego szybkością. Ścisłe pomiary wykazały, iż zmiany te są w zupełnej zgodzie z teorią.

Ustalono obecnie, zawdzięczając głównie badaniom Sir

Ernesta Rutherforda, iż każdy atom jest całkowicie zbudowany z ujemnie naładowanych elektronów i dodatnio naładowanych cząstek, zwanych „protonami“. Okazało się, iż materja jest poprostu zbiorowiskiem cząstek, naładowanych elektrycznością. Za jednym obrotem kalendarza wszystkie nauki, zajmujące się własnościami i budową materji, stały się odgałęzieniami nauki o elektryczności; uprzednio jeszcze Faraday i Maxwell stwierdzili, iż wszelkie promieniowanie jest natury elektrycznej, wskutek czego całość fizyki jest obecnie zawarta w nauce o elektryczności.

Ponieważ każde ciało jest zbiorem elektrycznie naładowanych cząstek, wyżej wspomniane rozważania teoretyczne wykazują, iż masa każdego poruszającego się ciała musi zmieniać się, zależnie od szybkości jego ruchu. Masa takiego poruszającego się ciała może być uważana za składającą się z dwóch części: jednej niezmiennej, którą ciało zachowuje nawet w stanie spoczynku, a znanej nam pod nazwą „masy spoczynkowej“, oraz części zmiennej, zależnej od szybkości jego ruchu. Zarówno obserwacja, jak i teoria wykazały, iż ta druga część jest ściśle proporcjonalna do energii ruchu ciała. Masy dwóch elektronów lub jakichkolwiek innych dwóch jednakowych ciał różnią się między sobą o tyle tylko, o ile ich energje są różne. W 1905 r. Einstein uogólnił tę zasadę w nadzwyczajny sposób; wykazał on, iż nie tylko energia ruchu, ale wszelki możliwy rodzaj energii musi posiadać własną masę; gdyby tak nie było, to teoria względności nie mogłaby być prawdziwą. W ten sposób wszelkie doświadczalne sprawdzenie teorii względności świadczyło o prawdziwości hipotezy,

twierdzącej, iż energia posiada masę. Badania Einsteina dowiodły, iż masa jakiegokolwiek rodzaju energii zależy jedynie od ilości tej energii, do której to ilości jest ściśle proporcjonalna; jest ona ponadto niesłychanie mała. „Mauretania“ przy pełnym ładunku waży około 50.000 ton, gdy płynie z szybkością 25 węzłów, to ruch jej zwiększa jej wagę jedynie o jakąś miljonową część grama. Energia ciężkiej pracy ręcznej, wykonanej przez człowieka w ciągu długiego życia, waży około jednej 60.000 części grama. Odkrycie to umożliwiło przywrócenie zasady zachowania masy. Skoro masa jest zespoleniem masy spoczynkowej i masy energii, a każda z nich zachowana jest oddzielnie — pierwsza wskutek zachowania materji, druga wskutek zachowania energii — to musi zachodzić zachowanie całkowitej masy. Fizyka XIX wieku uważała zachowanie masy wyłącznie za wynik zachowania materji, fizyka zaś XX wieku odkryła, iż zachowanie energii jest w tem również pojęte. Widzimy więc teraz, iż masa jest zachowana dlatego tylko, że materja i energia zachowane są oddzielnie.

Dopóki uważano atomy za stałe i niezniszczalne — „nieśmiertelne podwaliny wszechświata“, aby użyć słów Maxwella — było zupełnie naturalne, iż uważano je za podstawowe jego składniki. Krótko mówiąc, uważano wszechświat za świat atomów, przypisując promieniowaniu znaczenie najzupełniej drugorzędne. Przypuszczano, iż co pewien czas jakiś atom zaczyna drgać, jak uderzony dzwon, wydzielając promieniowanie, tak jak dzwon wydaje dźwięk, poczem zapada zpowrotem w pierwotny stan spoczynku, lecz zarówno jak dźwięk nie jest uważany za

główny składnik bicia w dzwony, tak i promieniowania nie uważano za główny składnik materji. Wypadkowo tłumaczy to nam, dlaczego niepodobna było wyobrazić sobie, w jaki sposób słońce nie przestaje promieniować przez tysiące milionów i więcej lat; wierzono, iż światło słoneczne jest wywołane drganiem atomów, ale nikt nie umiał sobie wytłumaczyć przyczyny, utrzymującej to nieustanne drganie.

Zmiany w tym obrazie poczęły zachodzić z chwilą odkrycia, iż atom składa się z elektrycznie naładowanych cząstek, niezależnie bowiem od tego, jak daleko odsuniemy się od naładowanej cząstki, nie możemy wymknąć się z zasięgu jej przyciągania i odpychania, co dowodzi, iż elektron musi — przynajmniej w pewnym znaczeniu — zajmować całość przestrzeni.

Faraday i Maxwell wyjaśnili to jeszcze szczegółowiej, przedstawiając elektrycznie naładowaną cząstkę, jako małe, konkretne ciało, podobne w swej budowie do ośmiornicy, i wyrzucające w przestrzeń coś w rodzaju czułków lub macek, zwanych „linjami sił“. Gdy dwie, elektrycznie naładowane, cząstki przyciągały lub odpychały się wzajemnie, wynikało to ze spotkania się tych macek, popychających się lub przyciągających się; owe macki miały polegać na siłach elektrycznych i magnetycznych, z których składa się również promieniowanie; wydzielanie promieniowania przez atom było poprostu wyrzucaniem jednej z tych macek w przestrzeń, podobnie jak jeżozwierz wysuwa swe kolce. Koncepcja ta stawiała promieniowanie i materję jeszcze w bliższym stosunku do siebie, niż poprzednio. Ponieważ wszelkie rodzaje promie-

niowania są postaciami energii, muszą one, zgodnie z teorią Einsteina, mieć pewną masę, przyporządkowaną sobie. Gdy atom wydzieli promieniowanie, masa jego zmniejsza się o masę wydzielonego promieniowania, podobnie jak ciało jeżozwiera po wyrzuceniu kolcy zmniejsza się o wagę tych kolcy. Tak samo, gdy spalimy kawałek węgla, wówczas całkowita waga jego nie jest zawarta tylko w popiele i dymie, musimy doń dodać wagę światła i ciepła, wytworzonego w procesie spalania — tylko wtedy otrzymamy wagę pierwotnego kawałka węgla.

W roku 1873 Maxwell dowiódł, iż promieniowanie wywiera ciśnienie na każdą powierzchnię, na którą pada. Obecnie uważamy to za wynik faktu, iż promieniowanie przedstawia sobą pewną masę. Wiązka światła składa się z masy, poruszającej się z szybkością światła, czyli 300.000 km na sekundę, a Lebedew i następnie Nichols i Hull zmierzili to ciśnienie i znaleźli, iż odpowiada ono ściśle obliczeniom Maxwella; pod naporem promieniowania, tryskającego z jasnego źródła światła, tarcza ugięta się, jak gdyby pod wpływem uderzenia wystrzelonej w nią kuli. Ciśnienie takiego światła, jakie znamy na ziemi, jest niezmiernie słabe; aby pojąć jednak całe znaczenie tego zjawiska, musimy opuścić naszą ziemię i fizykę, powstałą w laboratorjach ziemskich, a zwrócić się ku niebu i fizyce czynnej w gorejących piecach gwiazd. Ogrzejmy zwykły sześciocalowy pocisk armatni do 50 milionów stopni — temperatury wnętrza słońca, a promieniowanie, wydzielane przezeń, wystarczy do odepchnięcia przez sam nacisk, jak przez strumień wody z węża strażackiego, wszystkiego, cokolwiekby się znalazło w promieniu osiemdziesięciu km.;

ciśnienie promieniowania wewnątrz gwiazd jest tak potężne, iż znosi ono częściowo ich ciężar.

Obliczenie wykazuje, iż około jednego miligrama światła słonecznego pada w każdej minucie na każdy km^2 powierzchni, znajdującej się w prostej linii pod niem. Pada ono z szybkością światła, a zatrzymując się, wywiera na powierzchnię ciśnienie około 0,0000000004 atmosfery. Cyfra ta wydaje się śmiesznie małą; waga światła słonecznego, padającego w ciągu stulecia, jest mniejsza od wagi deszczu, spadającego przez piętnastą część sekundy w czasie ulewy; ale ilość ta jest tak nieznaczna dlatego, iż km^2 powierzchni jest minimalnym obiektem w przestworzach astronomicznych. Całkowita emisja promieniowania słonecznego wynosi niemal dokładnie 250 milionów tonn na minutę, co przewyższa coś około 10.000 razy przeciętną ilość wody, przepływającej w tymże czasie pod mostem na Tamizie. A jeśli przypadkowo nasz współczynnik 10.000 jest mylny, to bynajmniej nie dlatego, byśmy nie znali dokładnej wagi promieniowania słonecznego, lecz raczej dlatego, iż nie znamy z dostateczną dokładnością przeciętnego przepływu wody w Tamizie: astro-fizyka jest wiedzą o wiele dokładniejszą, niżeli hydraulika ziemską.

Pewna ilość promieniowania pada na słońce z innych gwiazd, lecz nie ma to żadnego znaczenia w porównaniu z wagą promieniowania, wypływającego zeń w takiej ilości, iż słońce mogłoby zachować swój obecny ciężar tylko pod warunkiem, że materia będzie napływała doń z szybkością dochodzącą do 250 milj. tonn na minutę.

Słońce, wędrując po przestworzu, zmuszone jest zgar-

niać rozproszoną materję w postaci atomów i cząsteczek, cząstek pyłu i meteorów. Ostatnie są to małe stałe odłamki, których olbrzymia wprost ilość znajduje się w układzie słonecznym, obracając się dokoła słońca po orbitach, podobnych do orbit planet. Czasami, rozżarzone przez opór powietrza w czasie spadku, wpadają one do atmosfery ziemskiej, jako spadające gwiazdy, przeważnie jednak zamieniają się one w parę jeszcze przed osiągnięciem powierzchni ziemi. Rzadko tylko zdarza się między nimi meteor natyle masywny, aby mógł wytrzymać niszczący wpływ oporu powietrza, i wtedy spada on na ziemię w postaci kamienia, zwanego meteorytem. Są one czasem olbrzymich rozmiarów: spadek meteorytu na Syberji w 1908 r. spowodował pęd powietrza, który zniszczył lasy na olbrzymiej przestrzeni, a siła uderzenia jego w ziemię spowodowała fale, zanotowane w odległości tysięcy mil. Przypuszczamy również, iż wielkie wklęsnięcie w stanie Arizony, podobne do krateru, a liczące około pięciu kilom. obwodu, zostało wywołane spadkiem jeszcze większego meteorytu w czasach przedhistorycznych. Jednakże olbrzymy takie należą do rzadkości, a przeciętny meteor jest drobiazgiem, nie większym od wiśni lub ziarnka grochu.

Shapley obliczył, iż wiele tysięcy milionów gwiazd spadających wpada codziennie do atmosfery ziemskiej, zamieniając się w pył i parę, zwiększając odpowiednio ciężar ziemi. Bezporównania większa ilość, miliony milionów na sekundę, musi odpowiednio spadać na słońce, przyczyniając się w znakomitej większości do uzupełnienia słonecznego zapasu rozpraszanej materji. Shapley ocenia,

iz całkowita waga materji meteorów, spadających na słońce, nie przewyższa 2000 tonn na sekundę, co stanowi mniej, aniżeli jedną 2000 część wagi, straconej przez promieniowanie. Wobec tego wydaje się prawie pewnem, iż słońce traci na wadze z szybkością 250 milionów tonn na minutę; jest to olbrzymi gmach, stopniowo ginący w oczach, topniejący, niby góra lodowa w prądzie Golfstromu; to samo dotyczy zapewne i innych gwiazd.

Wniosek ten zgadza się doskonale z ogólnymi taktami astronomji. Aczkolwiek nie mamy na to żadnych niezbi-tych dowodów, to jednak wielka ilość oczywistych faktów skłania nas do przypuszczenia, iż młode gwiazdy są znacznie cięższe od starych. Nie jest to nadwyżka, wynosząca kilka milionów tonn, gwiazdy te są 10, 50 lub nawet 100 razy cięższe: najprostszem wytłumaczeniem tego faktu jest przypuszczenie, iż gwiazdy tracą w ciągu swego życia większą część swej wagi. Z drugiej strony proste obliczenie wykazuje, iż słońce, tracące na wadze z szybkością 250 milj. tonn na minutę, potrzebowałoby miliony milionów lat, by stracić przeważną lub nawet znaczniejszą część swej wagi, ponieważ zaś inne gwiazdy mówią nam mniej więcej to samo, dochodzimy ostatecznie do wniosku, że wogóle każdej gwiazdzie należy przypisywać miliony milionów lat istnienia.

Mamy jeszcze inne sposoby obliczenia trwania życia gwiazd: w szczególności ruch gwiazd w przestrzeni świadczy o ich długotrwałem istnieniu, a jednocześnie wyznacza im jeszcze miliony milionów lat do przeżycia. Wiemy już o tem, jak bardzo oddalone są od siebie gwiazdy w przestrzeni — tak bardzo, iż niestychana wprost rzad-

kością jest zbliżenie się dwóch gwiazd do siebie. Jeśli gwiazdy przeżyły w istocie owe miliony milionów lat, to każda gwiazda musiała z konieczności przejść przez pewną ilość takich zbliżeń, a siła przyciągania, wywierana przy tej sposobności przez jedną gwiazdę na drugą, chociażby nie była natyle silna, aby odrywać od nich planety, mogła być dostateczną dla sprowadzenia gwiazd z ich zwykłej drogi. W wypadku układów gwiazd podwójnych, składających się z dwóch odrębnych mas, poruszających się we wspólnym zaprzęgu przez przestworza jak pojedyncza gwiazda, siła przyciągania zbliżającej się gwiazdy zdołałaby zmienić ich własne orbity. Obecnie wszystkie te skutki mogą być szczegółowo obliczone, tak, iż wiemy dokładnie, czego należy się spodziewać, jeśli gwiazdy rzeczywiście przeżyły owe, przypisywane im poprzednio: przerażająco długie miliony milionów lat. Znajdujemy więc wszystko, czego szukamy, w szczególności wszystkie przewidywane skutki i, o ile możemy przesądzać, wielkości ich wskazują na to, iż gwiazdy istnieją od milionów milionów lat. Mamy jednak dowody z zupełnie innej dziedziny, zdające się prowadzić do zgoła odmiennego wniosku; z tego względu winny być one szczegółowo rozważone, aczkolwiek należą do specjalnej dziedziny i wprowadzają nas do najciemniejszych zakątków trudnej teorii względności.

Jak to ujrzymy w następnym rozdziale, teoria ta uczy nas, iż przestrzeń jest zakrzywiona mniej więcej tak, jak zakrzywiona jest powierzchnia ziemi. Krzywizna przestrzeni jest odpowiedzialna za zakrzywienie promieni świetlnych w czasie zaćmienia słońca i za zakrzywienie

dróg planet i komet, przypisywane dawniej „sile“ grawitacji. Według teorii względności obecność materji nie wywołuje „siły“, która jest zupełnem złudzeniem, lecz tylko zakrzywienie przestrzeni. Chcąc rozwiązać oddzielnie nasze trudności, przypuśćmy na chwilę, iż obecność materji jest jedynym powodem zakrzywienia przestrzeni, wówczas pusty wszechświat, pozbawiony materji, posiadałby przestrzeń niezakrzywioną, gdyż nie byłoby materji — samej przyczyny zakrzywienia, wszechświat byłby wówczas nieskończonych rozmiarów, ponieważ jednak nie jest on pusty, wielkość jego zależy od ilości zawartej w nim materji; im więcej materji, tem więcej zakrzywiona będzie przestrzeń, tem mniejszy będzie wszechświat, podobnie jak mniejszy jest okrąg koła, zakrzywiającego się szybciej, niż zakrzywiającego się powolniej.

Powszechnie znane doświadczenie z elektryzowaniem bańki mydlanej wyjaśni nam może dokładniej to pojęcie: bańka mydlana, wydęta w zwykły sposób, zostaje położona na płycie maszyny elektrycznej i w miarę, jak maszyna zaczyna działać, bańka mydlana ładuje się elektrycznością coraz silniej, objętość jej wzrasta stopniowo — wreszcie bańka pęka. W tym przypadku (z wyjątkiem ostatecznego pęknięcia) owa bańka mydlana przedstawia analogję do wszechświata, wielkość jej zależy od wielkości ładunku elektrycznego, tak jak wielkość wszechświata zależy od ilości zawartej w nim materji, jednakże zachodzą dwie zasadnicze różnice: pierwsza polega na tem, iż bańka mydlana posiada właściwą jej krzywiznę w swej budowie, posiadając określoną i skończoną wielkość, gdy

nie jest nawet naładowana, wszechświat natomiast urasta do nieskończonych rozmiarów z chwilą, gdy pozbawiony jest materji. Drugą różnicę stanowi fakt, iż podczas gdy ładunek elektryczny zwiększa wielkość bańki mydlanej, powiększanie ilości materji zmniejsza objętość wszechświata — im więcej materji, tem mniej przestrzeni, w którejby się ona mogła pomieścić.

Einstein próbował uniknąć zarówno ostatniej trudności jak i innych przez większe upodobnienie świata do bańki mydlanej. Wyobrażał on sobie iż wszechświat posiada swoistą krzywiznę oprócz krzywizny, spowodowanej obecnością materji; byłaby ona tego rodzaju, iż rozmiar wszechświata zwiększałby się ze wzrostem materji.

Nawet wówczas jednak pozostaje jeszcze jedna wybitna różnica: masy grawitacyjne w przestrzeni przyciągają się nawzajem, natomiast ładunki elektryczne na bańce mydlanej odpychają się, są bowiem tego samego znaku — dodatnie lub ujemne; w wyniku naelektryzowana bańka mydlana jest stosunkowo strukturą stałą; po dodaniu większego ładunku dostosowuje się ona do nowej rozszerzonej pozycji równowagi. Potrząśnijmy ją, a po chwilowem drganiu powraca ona do poprzedniego stanu; otóż właśnie skutek różnicy zachodzącej między przyciąganiem, a odpychaniem bańka mydlana, naładowana przyciągającą się materją, byłaby tworem niestaym. Matematyk wie dobrze, dlaczego tak być musi.

Chociaż skok od dwuwymiarowej bańki mydlanej o płynnej błonce, do wszechświata jest ogromny, to jednak niedawne badania belgijskiego matematyka ks. Lemaitre wykazały, iż porównanie to da się utrzymać i że

wszechświat, w rodzaju tego, o jakim powyżej mówiliśmy, byłby strukturą niestałą; nie pozostałby on długo w spoczynku, lecz albo zacząłby się rozszerzać do nieskończoności, albo kurczyć do jednego punktu. Wskutek tego obecna przestrzeń wiekowego wszechświata powinna rozszerzać się lub kurczyć, a liczne, zawarte w nim przedmioty, powinny pędzić ku sobie, lub też odbiegać od siebie z wielką szybkością.

Wywody Lemaitre'a są oparte na einsteinowskiej koncepcji wszechświata, którego wielkość w stanie bezruchu zależy od ilości zawartej w nim materji, poprzednio jednakże zupełnie odmienna koncepcja wszechświata została wysunięta przez prof. de Sitter z Leydy. Podobnie, jak Einstein, przypuszczał on, iż wszechświat posiada pewien stopień krzywizny, wywołanej przez przyrodzone właściwości czasu i przestrzeni; obecność materji miała wносить dodatkowe zakrzywienie, ponieważ jednak materja jest rozłożona skąpo w obecnym wszechświecie, zakrzywienie to było nieznaczne w porównaniu z krzywizną, wynikającą z natury czasu i przestrzeni. Studjując matematycznie właściwości tego wszechświata, de Sitter wykrył również tendencję do rozszerzania się lub kurczenia przestrzeni, oraz do odsuwania się od siebie lub dążenia ku sobie wszystkich przedmiotów w niej zawartych. Na pierwszy rzut oka koncepcja de Sittera wydawała się być antagonistką wcześniejszej koncepcji Einsteina i matematycy uważali za stosowne zaczekać na coś, coby rozstrzygnęło spór między niemi. Obecnie praca Lemaitre'a wykazała, iż obie te koncepcje są nietylko sprzeczne, co uzupełniające się wzajemnie. W miarę jak niestały wszech-

świat einsteinowski rozszerza się, materja zawarta w nim rozrzedza się corazto bardziej, aż wreszcie kończy się on zupełną pustką w sensie de Sittera. Wszechświaty Einsteina i de Sittera mogą być słusznie uważane za oba końce tego samego łańcucha, natomiast mylnem byłoby wyobrażać sobie, iż którykolwiek z nich stara się uzyskać przewagę; stanowią one jedynie krańcowe pojęcia możliwego świata i wszechświat, rozpoczynający się przy Einsteinowskim końcu, musi stopniowo przesunąć się wzdłuż łańcucha do końca de Sittera. Jeśli nasz wszechświat jest wogóle zbudowany w tych zarysach, to pytaniem do rozwiązania nie jest bynajmniej, przy którym końcu łańcucha należy go szukać, lecz jak daleko zawędrował on już wzdłuż ostatniego. Te dwa wszechświaty, znajdujące się po obu końcach łańcucha, są podobne do siebie w tem, iż wszystkie przedmioty w nich zawarte albo pędzą nawzajem ku sobie, albo od siebie, a to dzieje się nietylko po obu końcach łańcucha, ale i wzdłuż całej jego długości. Jeśli wszechświat jest zbudowany zgodnie z teorią względności, a jest on nim prawie napewno, to wszystkie przedmioty w nim zawarte muszą albo pędzić ku sobie, albo od siebie odbiegać.

Wszystkie te wnioski są niezmiernie ciekawe, ponieważ zauważono przed kilku laty, iż wedle wszelkiego prawdopodobieństwa najdalsze mgławice spiralne uciekają od ziemi oraz prawdopodobnie także i jedna od drugiej, z przerażającą szybkością, dochodzącą do 12.000 km na sekundę. D-r Hubble i d-r Humason, którzy szczegółowo zbadali tę kwestję w obserwatorium na Mount Wilson, znaleźli, iż szybkość, z jaką poszczególne mgławice odda-

lają się od nas jest mniej więcej proporcjonalna do odległości ich od ziemi, co byłoby koniecznem, gdyby kosmologia teorii względności była słuszną. Mgławica, oddległa od nas o 10 milionów lat świetlnych, posiada szybkość około 1.500 km na sekundę, a szybkość innych mgławic jest w przybliżeniu proporcjonalna do ich odległości; np. światło mgławicy z tablicy I zużywa 50 milionów lat na dotarcie do nas; mgławice te wykazują szybkość oddalania się 7.500 km na sekundę. Powyższe dane są niezmiernie ważne, jeśli bowiem prześledzimy wstecz ruchy, przypisywane mgławicom, znajdziemy, iż zaledwie kilka tysięcy milionów lat temu wszystkie one musiały być zgrupowane w okolicy słońca. Nasuwa to przypuszczenie, iż żyjemy w rozszerzającym się wszechświecie i że to rozszerzanie rozpoczęło się zaledwie parę tysięcy milionów lat temu.

Jeśli sprawa tak się przedstawia, to przypisywanie gwiazdom milionów milionów lat wieku zaczyna nasuwać pewne trudności; zjawia się wówczas przypuszczenie, iż były one stłoczone ze sobą, lub też obracały się w ciasnym kole przez miliony milionów lat i dopiero od niedawna, w ciągu ostatniej tysiącznej części swej egzystencji, poczęły się rozpraszać.

Jeśli przypuszczalne ruchy recesyjne okażą się ostatecznie prawdą niepodobna będzie przypisywać wszechświatu więcej, niżeli jakich kilka tysięcy milionów lat.

Pozostaje wszelako szerokie pole wątpliwościom co do faktycznego istnienia tych olbrzymich szybkości, nie zostały one bowiem obliczone zapomocą bezpośrednich po-

miarów, lecz poprostu wywnioskowane na podstawie t. zw. zasady Dopplera.

Powszechnie znane jest zjawisko, iż dźwięk trąbki samochodowej wydaje się głębszym, gdy się od nas oddala, niż gdy się przybliża; na tej samej zasadzie światło, wydzielane przez oddalające się ciało, wydaje się być czerwieniejsze, niżeli światło, wydzielane przez ciało, zbliżające się ku nam; zabarwienie światła odpowiada tutaj wysokości dźwięku. Mierzac dokładnie barwę ściśle określonych linii spektralnych, astronom może wywnioskować, czy ciało, wydzielające je, zbliża się do nas, czy też oddala, oraz może obliczyć szybkość ruchu. Jedynym zaś faktem, uzasadniającym przypuszczenie oddalania się od nas odległych mgławic, jest obserwacja, iż światło, otrzymane od nich, wydaje się być czerwieniejszem, niż być powinno. Inne jeszcze przyczyny poza szybkością mogą wpływać na to, by światło stało się czerwieniejszem: np. światło słoneczne staje się bardziej czerwone przez sam ciężar słońca, a jeszcze bardziej przez ciśnienie atmosfery słonecznej; zabarwia je również na czerwono, aczkolwiek w odmienny sposób, przejście przez atmosferę ziemską, jak to widzimy przy wschodzie i zachodzie słońca; światło, wydzielane przez niektóre innego rodzaju gwiazdy, staje się czerwieniejszem w jakiś tajemniczy sposób, dotychczas dla nas niezrozumiały.

Ponadto według teorii de Sittera sama odległość wywołuje czerwone zabarwienie światła, wskutek czego, nawet gdyby odległe mgławice nie poruszały się wcale w przestworzu, musiałyby światło ich być niezwykle czerwonym i moglibyśmy skłaniać się do wniosku, iż oddalają

się one od nas. Żadna z tych przyczyn nie wydaje się dostateczną dla wytłumaczenia owego zauważonego „czerwienienia” światła mgławicowego, aż zupełnie niedawno d-r Zwicky z California Institute wysunął przypuszczenie, iż dałoby się upatrzeć jeszcze inną przyczynę owego „zaczerwienienia”, a to mianowicie w ciśnieniu grawitacyjnym gwiazd i mgławic na światło, przechodzące obok nich — w tem samym ciśnieniu, które wywołuje ugięcie światła gwiazd, obserwowane w czasie zaćmienia słońca. Doświadczenia Comptona wykazały, iż promieniowanie ulega jednocześnie odgięciu i zaczerwienieniu przy spotkaniu elektronów w przestrzeni. Znany jest fakt, iż promieniowanie ulega odgięciu przy wejściu w sferę działania pola grawitacyjnego gwiazd lub innej materji w przestrzeni; Zwicky przypuszcza również, iż ulega ono zaczerwienieniu.

Aby sprawdzić to przypuszczenie, Ten Bruggencate zbadał światło pewnej liczby skupień gwiazd, znajdujących się mniej więcej w jednakowej odległości od nas, lecz wybranych w ten sposób, aby ilość materji, działającej grawitacyjnie, była odmienna w każdym przypadku. Światło okazało się zaczerwienionem i gdyby przyczyną tego było rozszerzanie się przestrzeni, to zmiana winnaby być jednakowa dla wszystkich skupień, tymczasem była ona daleka od jednostajności, stojąc raczej w stosunku prawie proporcjonalnym do ilości działającej materji, ściśle według wymagań teorii Zwicky’ego a wielkość jej wykazywała dostateczną zgodność z teoretycznymi wzorami.

Ponieważ z trudnością możnaby sobie wyobrazić, iż skupienia gwiazd, należące do naszego własnego układu,

mogłyby systematycznie odsuwać się od nas, pozostaje mniej powodów do przypuszczenia, iż czynią to mgławice spiralne, teoria Zwicky’ego bowiem dostarcza nam możliwego wytłumaczenia zaobserwowanego „czerwienienia” światła.

Jeszcze inne grupy dowodów nasuwają nam przypuszczenie, iż oddalanie się mgławic jest fikcją. Np. światło najbliższych mgławic nie jest czerwiejsze, a raczej bardziej błękitne, niż być powinno; skoro światło może stać się błękitniejszym jedynie przez faktyczne zbliżenie się do nas, może to być tylko oznaką zbliżania się do nas tych najbliższych mgławic.

Ponadto pozorne szybkości mgławic nie są bynajmniej ściśle proporcjonalne do ich odległości, np. mgławice, uważane przez nas za odległe o 7 milionów lat świetlnych, wykazują odchylenia średnio 380 km na sekundę od szybkości podstawowej 1.000 km na sekundę.

Niemniej jednakże, jeśli świat jest zbudowany w sposób opisany powyżej, ogół mgławic jako całość musi bezwzględnie oddalać się od nas — wymagają tego rozważania teoretyczne, nie mogą nam one jednak podać szybkości ruchu mgławic. Prace Zwicky’ego i Ten Bruggencate’a nie podają bynajmniej w wątpliwość istnienia rzeczywistego ruchu recesji, wątpliwem pozostaje jedynie pytanie, czy ruch ten jest tym samym ruchem, który astronomowie wyprowadzili na podstawie przesuwania się linii spektralnych w kierunku czerwieni; być może, iż główną część tego czerwienienia należy przypisać działaniu, przyjętemu przez Zwicky’ego lub innej, podobnej przyczynie, gdy tymczasem tylko drobna pozostałość przed-

stawia istotnie ruch recesyjny, niepodobna zaś jest określić szybkości tego ruchu wskutek zamaskowania mniejszego efektu przez większy.

Zagadnienie pozostaje więc jeszcze nierozstrzygniętem, lecz jeśli przyjmiemy większą część pozornych szybkości recesji za fikcję, to znika argument, przemawiający za krótkim istnieniem gwiazd, i wolno nam znowu przypisywać im owe długie miliony milionów lat życia, za którymi zdają się przemawiać ogólne wskazania astronomji.

Jak widzieliśmy to już powyżej, wskazania te przemawiają za hipotezą, iż słońce wydziełało z siebie masę w postaci promieniowania z szybkością 250 milj. tonn na minutę przez okres wielu milionów milionów lat. Szczegółowe obliczenia wykazały, iż nowostworzone słońce musiało zawierać masę wielokrotnie większą od obecnego, zgodnie z ogólnie obserwowanym faktem, że młode gwiazdy zawierają masę wiele razy większą od starych. W jakiej formie mieściło ono w sobie ową masę znikłą od tego czasu w postaci promieniowania?

Masa spoczynkowa elektronu lub innej naładowanej cząstki jest zazwyczaj bez porównania większa, niżeli jego masa energetyczna, przyjmująca najwyższe wartości w wysokich temperaturach. Temperatura wnętrza słońca wynosi obecnie około 50.000.000 stopni, a nawet i tutaj masa spoczynkowa wynosi z wyjątkiem jednej dwuset-tysięcznej części, ogół masy całkowitej.

Nie jest prawdopodobnem, aby nowonarodzone słońce mogło być o wiele gorętsze, niż obecne; nasuwa to przypuszczenie, iż większa część masy pierwotnego słońca musiała być zawartą w jego masie spoczynkowej, wobec tego

pozostaje jeden tylko możliwy wniosek, a mianowicie, że pierwotne słońce musiało zawierać bezporównania więcej elektronów i protonów, a więc i atomów, niż obecnie.

Zniknięcie tych atomów mogło się odbyć tylko w jeden sposób — musiały one zostać unicestwione, a masę ich przedstawia sobą masa promieniowania, wydzielonego przez słońce w ciągu długich milionów milionów lat.

Takie rozumowanie może się wydać raczej niepewnem, jako że operuje ono pojęciami, leżącymi daleko poza zasięgiem fizyki laboratoryjnej: na szczęście fizyka rozporządza ostatnio dowodem, aczkolwiek nie najzupełniej rozstrzygającym, to jednakże stanowiącym cenne potwierdzenie hipotezy, iż takie unicestwianie materji odbywa się faktycznie na wielką skalę w głębinach przestworzy.

Nie możemy spodziewać się uzyskania bezpośredniego dowodu znikania materji wewnątrz gwiazd, ponieważ promieniowanie, wytwarzane w tym procesie, mogłoby przebiec tylko bardzo krótką przestrzeń, zanim zostałoby pochłonięte przez substancję samej gwiazdy, ta zaś musiałaby rozgrzać się i odpowiednia ilość energii zostałaby wydzieloną w postaci zwykłego światła i ciepła. Analiza matematyczna zjawisk astronomicznych nasuwa nam przypuszczenie, iż proces niszczenia atomów jest procesem spontanicznym, podobnie, jak rozkład pierwiastków promieniotwórczych. Jeśli tak jest w istocie, to nie byłby on ograniczony do wnętrza gwiazd, a musiałby zachodzić wszędzie, gdzie materia istnieje w dostatecznej ilości; najprostszą formą tego procesu byłby jednoczesny zanik pojedynczego elektronu i protonu. Możemy wyobrazić to sobie z łatwością, przypuszczając, iż obie naładowane

cząstki pędzą, przyciągając się wzajemnie, z corazto wzrastającą szybkością, aż wreszcie zderzają się one ze sobą. Ładunki elektryczne zobojętniają się wzajemnie, a połączona energia wyzwala się w jednym błysku promieniowania — fotonie, opisanym na str. 40.

Zgodnie z ogólną zasadą zachowania masy, masa protonu i elektronu byłaby zawarta w masie powstałego z nich fotonu; połączona masa protonu i elektronu jest nam najdokładniej znana, ponieważ równa się ona masie atomu wodoru.

Jeśli przeto znikanie materji zachodzi istotnie, to liczne fotony o masie, równej ściśle masie atomu wodoru, powinnyby przenikać przestrzeń, a niektóre z nich spadać na ziemię; rozpoznanie ich nie przedstawiałoby żadnych trudności ze względu na ich kolosalną energję. Widzieliśmy poprzednio, iż większej energii fotonu odpowiada krótsza długość jego fali, z czego wnioskujemy, iż wspomniane wyżej fotony powinny posiadać nadzwyczaj krótką falę. W muzyce mówimy, iż dźwięk o fali o połowę krótszej od drugiego jest od tego ostatniego o jedną oktawę wyższy, to samo pojęcie możemy zastosować do promieniowania. Znajdujemy naprzykład, iż światło krańcowego fioletu widzialnego widma jest prawie o oktawę wyższe, niż światło skrajnej czerwieni. Obliczono, iż fotony o masie atomu wodoru byłyby o dwadzieścia osiem oktaw wyższe, niż światło fioletowe, i o 29 oktaw wyższe, niż światło czerwone.

Widzimy, iż „wysokiemu tonowi“ promieniowania towarzyszy wybitna zdolność przenikania przez ciała stałe; wygląda to, jak gdyby fale wiły się tak szybko, iż atomy

nie są w stanie ich zatrzymać. Wiemy np., iż promieniowanie pozafioletowe przenika głębiej skórę człowieka, niżeli zwykłe światło słoneczne, wynika to z krótszej długości fali, czyli z „wyższego“ tonu. Promienie X, o dziewięć oktaw „wyższe“ w tonie, niżeli zwykłe promienie słońca, posiadają jeszcze większą przenikliwość. Jesteśmy w stanie wyliczyć, jaka byłaby przenikliwość tego przerażająco silnego promieniowania, którego fotony posiadają masę atomów wodoru, a którego „ton“ byłby o 28 i pół oktaw wyższy od zwykłego światła słonecznego; musiałoby ono przejść przez wielometrową warstwę ołowiu, zanim zdołałoby osłabnąć do połowy.

Wspominaliśmy już o wysoce przenikliwych promieniach, zwanych powszechnie promieniami kosmicznymi, a spadających na ziemię z otaczającej ją przestrzeni i zdolnych przeniknąć wiele metrów ołowiu. Nie posiadamy całkowitej pewności, czy jest ono prawdziwem promieniowaniem, czy też poprostu strumieniem elektronów. Pierwsze przypuszczenie wydaje się bardziej prawdopodobnem, elektrony bowiem musiałyby poruszać się z niepojętą wprost energją, aby utorować sobie drogę przez ołów, zanim zostałyby zatrzymane. Prof. Millikan i jego współpracownicy zbadali szczegółowo przenikliwość tego promieniowania; wydaje się ono być mieszaniną wielu rodzajów promieniowania o różnej przenikliwości, a więc o różnym „tonie“, przyczem poszczególne rodzaje są dość wyraźnie oddzielone od siebie.

Wysoce znaczący jest fakt, iż jeden wybitny składnik tej mieszaniny posiada ton o 28 i pół oktaw wyższy, niżeli zwykłe światło słoneczne — odpowiada to dokładnie

promieniowaniu, powstającemu z unicestwienia protonu i elektronu. Istotnie, obie wysokości tonu zgadzają się ze sobą w granicach jednej trzydziestej części oktawy; daje to zbyt wielką zgodność, aby mogło być potraktowane, jako zwykły zbieg okoliczności, wydaje się przeto wysoce prawdopodobnem, iż owo promieniowanie posiada swe źródło w faktycznem unicestwianiu protonów i elektronów.

Ilość promieniowania kosmicznego, padającego na ziemię, jest olbrzymia. Millikan i Cameron ocenili ją na blisko jedną dziesiątą część całkowitego promieniowania gwiazd, z wyjątkiem oczywiście słońca. Gdzieś daleko w głębinach przestworzy, poza Drogą Mleczną promieniowanie o wielkiej przenikliwości musi występować równie obficie, jak na powierzchni ziemi, natomiast światło gwiazd jest o wiele słabsze, tak, iż biorąc przeciętną dla całej przestrzeni owe przenikliwe promienie są prawdopodobnie najczęstszą formą promieniowania. Jeśli nie mylimy się co do ich istoty i pochodzenia, ilość ich skłania nas do przypuszczenia, iż we wszechświecie zachodzi na olbrzymią skalę przemiana materji w promieniowanie.

Poza tem niezmiernie trudno byłoby wyobrazić sobie jakiegokolwiek inne pochodzenie owego promieniowania, które zgadzałoby się z tak częstym występowaniem jego na powierzchni ziemi.

Przyjmując astronomiczny dowód wieku gwiazd oraz fizyczny dowód przenikliwego promieniowania za ustalające zgodnie fakt unicestwiania materji, a raczej przemiany jej w promieniowanie, widzimy, iż przemiana ta staje się jednym z najbardziej podstawowych procesów

wszechświata. Prawo zachowania materji znika wówczas z dziedziny nauki, natomiast zachowanie masy i energii stają się pojęciem identycznym, a trzy główne prawa „zachowania”, prawo zachowania materji, masy i energii sprowadzają się do jednego. Jedna prosta zasadnicza wielkość, przyjmująca rozliczne formy, w szczególności materji i promieniowania zachowuje się poprzez wszystkie zmiany: całkowita suma tej wielkości stanowi o całej działalności wszechświata, nie zmieniając się przytem w swej ilości; natomiast zmienia się bezustannie jakość, a ta zmiana jakości wydaje się być główną sprawą, odgrywającą się we wszechświecie będącym, przybytkiem naszym. Całość osiągalnych dowodów wydaje się wskazywać na ten sam, z pewnemi nieznacznymi wyjątkami, kierunek tej zmiany — od wieków materja roztopia się w niematerjalne promieniowanie, a to co dotykalne, zamienia się w niedotykalne.

Niektórzy uczeni, nieliczni, jak sądzę, nie zgodzą się z ostatnim poglądem; nie zaprzeczają oni wprawdzie, iż gwiazdy roztopiają się w promieniowaniu, ani że to właśnie stanowi źródło światła i ciepła, wyrzucanego nazewnątrz w takiej obfitości, utrzymują oni jednak, że gdzieś, w oddalonych głębiach przestrzeni promieniowanie, wyzwolone w tym procesie, może łączyć się zpowrotem na materję.

Twierdzą oni, iż nowe niebo i nowa ziemia mogą się gdzieś wytwarzać i to nie z popiołów dawnych światów, ale z promieniowania, uwolnionego w czasie spalania się ostatnich; w ten sposób są oni zwolennikami koncepcji cyklicznego wszechświata — gdy tymczasem umiera

on w jednym miejscu, pośmiertne jego szczątki stają się gdzieindziej zaczątkiem nowego życia.

Omówimy jeszcze to zagadnienie dokładniej na str. 146; w danej chwili wystarczy zauważyć, iż pojęcie cyklicznego wszechświata stoi w rażącej sprzeczności z ugruntowaną zasadą drugiego prawa termodynamiki, głoszącego, iż taki cykliczny wszechświat jest niemożliwy, równie dobrze i dla takiej samej przyczyny, dla jakiej niemożliwy jest nieustanny ruch maszyn. Bezwątpienia możliwym jest do przyjęcia, iż w pewnych warunkach astronomicznych, o których nie mamy żadnego pojęcia, prawo to może zawodzić, przypuszczam jednak, iż większość poważnych uczonych uważa to za wielce nieprawdopodobne. Nie można również zaprzeczyć, iż koncepcja cyklicznego charakteru wszechświata jest bez porównania popularniejsza. Większość ludzi uważa ostateczny zanik wszechświata za myśl równie wstrętną, jak rozpląnięcie się w nirwanę ich własnej osobowości, a człowiek, marzący o swej nieśmiertelności, znajduje zgrubsza swój odpowiednik w tego rodzaju sofistycznych marzeniach o niezniszczalnym wszechświecie. W szczególności prof. Millikan uważa, iż promieniowanie kosmiczne może powstawać jako wynik procesu tworzenia się ciężkich atomów z prostszych lekkich, interpretując ten proces jako dowód, iż „Stwórca nie spoczął jeszcze”. Biorąc najprostszy przykład, atom helu zawiera ściśle te same składniki, co 4 atomy wodoru, a mianowicie 4 elektrony i 4 protony, natomiast ciężar ich równa się jedynie 3,97 atomów wodoru; jeśliby zatem 4 atomy wodoru mogły stopić się razem, tworząc atom helu, ciężar resztkowy 0,03 atomów wodoru przyjąłby

formę promieniowania, a foton równoważny trzem procentom ciężaru atomu wodoru zostałby przytem wyzwolony. Nie możemy właściwie powiedzieć, iż zostałby on wyzwolony, wydaje się raczej prawdopodobnem, iż wrazie złączenia się czterech atomów wodoru w jeden atom helu cały proces przebiegłby przez liczne stadja, polegające na wyrzucaniu pewnej liczby małych fotonów, niż jednego wielkiego. Gdyby nawet całość uwolnionej energii przyjęła formę jednego fotonu, posiadałby on znacznie mniejszą przenikliwość, aniżeli istotne promieniowanie kosmiczne. Natomiast jeśli wyobrazimy sobie 129 atomów wodoru, zbiegających się razem i tworzących jeden atom ksenonu, a ponadto jeden wielki foton, wyrzucony w rezultacie tego procesu, wówczas foton ten miałby ściśle tę samą przenikliwość, co najbardziej przenikliwe promienie kosmiczne, podczas gdy wytwarzanie atomów mniej złożonych, niżeli ksenon mogłoby, być może, wytwarzać mniej przenikliwe składniki owego promieniowania. Schemat, proponowany przez Millikana, jest najzupełniej zwarty i logiczny, lecz, mojem zdaniem, szanse prawdopodobieństwa przemawiają wybitnie przeciw niemu.

Poglądy te zostały omówione dość obszernie, ponieważ mają one tak specjalne znaczenie dla istotnej struktury wszechświata. W ostatnim rozdziale widzieliśmy, w jaki sposób mechanika falowa sprowadziła cały wszechświat do systemu fal: elektrony i protony składały się z fal jednego rodzaju, promieniowanie zaś z odmiennego; niniejsze rozważania stwierdziły, iż materja i promieniowanie nie składają się z dwóch odrębnych i niedających się zamienić rodzajów fal. Obie formy mogą przechodzić jedna

w drugą, podobnie jak poczwarka przemienia się w motyla — wielu uczonych uważałoby za konieczne dodać zastrzeżenie „gdybyśmy mogli wyobrazić sobie, iż motyl przechodzi zpowrotem w poczwarkę“.

Nie znaczy to wszystko oczywiście, iż materja i promieniowanie jest tem samem; przemiana materji w promieniowanie ma swoje znaczenie, chociaż koncepcja ta wydaje się nam obecnie bez porównania mniej rewolucyjna, niżeli 26 lat temu, gdy wysunąłem ją po raz pierwszy. Gdybyśmy nawet mogli znać cały stan rzeczy z całą pewnością, co dotychczas nie zostało przecież osiągnięte, byłby on trudny do wyrażenia zwykłym potocznym językiem, możliwem jednak jest, że podejźmiemy dość blisko do prawdy, wyobrażając sobie materję i promieniowanie jako dwa rodzaje fal, jeden krążący stale po kole, drugi mknący ruchem prostolinijnym. Ostatnie fale pędzą oczywiście z szybkością światła, fale tworzące zaś materję znacznie powolniej. Mosharrafa i inni wysunęli nawet pogląd, iż tylko to stanowi całą różnicę pomiędzy materją i promieniowaniem — materja byłaby po prostu pewnym rodzajem zamarzłego promieniowania, pędzącego z szybkością mniejszą od normalnej.

Widzieliśmy już poprzednio na str. 46, w jaki sposób długość fali poruszającej się cząstki zależy od jej szybkości; zależność ta jest tego rodzaju, iż cząsteczka, mknąca z szybkością światła, miałaby ściśle tę samą długość fali, co foton o równej jej masie; ten godny uwagi fakt, podobnie jak i inne, nasuwa przypuszczenie, iż promieniowanie może okazać się ostatecznie materją, poruszającą się z szybkością światła, materja zaś promienio-

waniem. pędzącem z mniejszą szybkością. dotychczas jednak nauka jest jeszcze bardzo daleka od tej pewności.

Streszczając główny wynik rozdziału niniejszego i poprzedniego, możemy powiedzieć, iż tendencją fizyki współczesnej jest rozwiązać zagadkę materialnego wszechświata, sprowadzając go do fal i tylko fal. Fale te są dwojakiego rodzaju — jedne zakorkowane, zwane materją, i fale otwarte, zwane promieniowaniem lub światłem. Jeżeli unicestwienie materji zachodzi rzeczywiście, proces ten jest poprostu otwieraniem uwięzionej energii fal i wyzwaniem jej do biegu w przestworza. Te pojęcia redukują cały wszechświat do świata światła w formie potencjalnej lub czynnej, tak, iż całkowita historia jego stworzenia może być opowiedziana z całą dokładnością w sześciu słowach: „Bóg rzekł, niech stanie się światło“.

WZGLĘDNOŚĆ I ETER

Ujrzeliśmy już, w jaki sposób fizyka współczesna sprowadza cały wszechświat do systemu fal; jeśli trudno nam jest wyobrazić sobie fale, o ile nie biegną one przez coś konkretnego, to mówmy już lepiej o falach w eterze, albo w eterach.

Zdaje mi się, iż lord Salisbury był tym, który określił eter jako rzeczownik od czasownika „falować”. Jeśli nam to określenie wystarczy chwilowo, to możemy posilkować się eterem bez zbytniego wnikania w jego istotę, wskutek tego możemy krótko określić kierunek fizyki współczesnej, jak następuje: dąży ona do wtłoczenia całego wszechświata w jeden lub więcej rodzajów eteru; słusznem przeto będzie zbadać fizyczne własności tych rodzajów eteru, gdyż w nich właśnie leży ukryta istotna natura wszechrzeczy.

Wskazanem byłoby ustalić zgóry nasze wnioski. Oto, krótko mówiąc, etery i ich drgania, fale tworzące wszechświat — wszystko to jest prawdopodobnie czczą wyobraźnią; nie znaczy to jednakże, by nie istniały one wcale, istnieją one w naszych myślach, gdyż inaczej nie moglibyśmy dyskutować o nich, coś więc musi istnieć i poza sferą naszych myśli, choćby poto, aby być zaczątkiem takiego lub innego pojęcia w naszych myślach; temu „czemuś” możemy czasowo nadać nazwę „rzeczywisto-

ści” i właśnie ta rzeczywistość stanowi przedmiot badań nauki, zobaczmy jednak, iż różni się ona niezmiernie od owej rzeczywistości, którą fizyk wyobrażał sobie przed 50 laty jako eter, drgania i fale. Sądząc obecnie według ówczesnych pojęć i mówiąc ówczesnym językiem, etery i ich fale nie są żadną rzeczywistością, a jednak są one najbardziej realne ze wszystkich rzeczy, o których posiadamy jakąkolwiek wiedzę lub doświadczenie, są tak realne, jak realnem cokolwiek wogóle być może.

Pojęcie eteru powstało w nauce jakieś dwa wieki temu, lub może jeszcze wcześniej. Gdy znane właściwości materji nie były w stanie wytłumaczyć jakiegoś zjawiska, uczeni omijali nasuwające się trudności, tworząc hipotetyczny, wszystko przenikający eter i przypisując mu własności konieczne dla wytłumaczenia danego zjawiska. Nasuwała się oczywiście jeszcze silniejsza pokusa by uciec się do tego sposobu postępowania przy zagadnieniach, wymagających pozornego „działania na odległość”. Twierdzenie, iż materja tylko tam działać może, gdzie jest obecna, a nie tam, gdzie jej wogóle nie ma, brzmi dla zwykłego słuchacza tak rozsądnie i przekonywająco, że komuś, kto by zaprzeczył temu, niewiele pozostawałoby nadziei przeciągnięcia większości adeptów na swoją stronę. Descartes zaszedł nawet tak daleko w swych twierdzeniach, iż utrzymywał, że samo istnienie ciał, oddalonych od siebie, stanowiło wystarczający dowód istnienia jakiegoś ośrodka pomiędzy niemi.

Pokusa przywołania na pomoc wszechobecnego eteru wobec braku jakiegokolwiek konkretnego materiału, umożliwiającego przenoszenie działania mechanicznego w tego

rodzaju zjawiskach, jak wpływ magnesu na stal, lub ziemi na spadające jabłko, stała się wprost nieodpartą; w fizyce zapanowała moda eteru do tego stopnia, iż Maxwell wyraził to, mówiąc: „etery zostały wynalezione, aby planety mogły w nich pływać, aby stanowiły podłoża pól elektrycznych i magnetycznych, aby przenosiły wrażenia zmysłowe z jednej części ciała na drugą, aż oto wreszcie cały wszechświat został po brzegi wypełniony eterem“; w wyniku tyleż powstało rodzajów eteru, co nierozwiązanych zagadnień w fizyce.

50 lat temu tylko jeden z tych wszystkich eterów pozostał przy życiu w obliczu poważnej myśli naukowej: był nim eter świetlny, o którym przypuszczano, że jest przewodnikiem promieniowania; własności potrzebne mu do wypełnienia tego zadania zostały określone ze wzrastającą precyzją przez Huyghensa, Tomasza Younga, Faradaya i Maxwella; wystawiano go sobie w postaci galaretowatego morza, przez które przepływałyby fale tak, jak drgania i falowanie przechodzą przez galaretę. Fale te były promieniowaniem, mogącym, jak to wiemy obecnie, przyjmować którąkolwiek z licznych form światła, ciepła, promieniowania pozaczzerwonego i pozafioletowego fal elektromagnetycznych, promieni X i γ oraz promieni kosmicznych.

Zjawisko astronomiczne „aberracji światła“, podobnie jak wiele innych wykazało, iż, jeśli podobny eter istnieje, to ziemia i inne poruszające się ciała muszą przechodzić przezeń, nie wywołując żadnego zakłócenia. Gdybyśmy wzięli ziemię za punkt obserwacji przy studjowaniu zjawisk, to eter musiałby przechodzić bez przeszkód przez

pory ziemi i innych ciał: „jak wiatr przez gaj“, aby użyć słynnego, choć niezbyt trafnego porównania Tomasza Younga; jest ono nietrafne, gdyż wiatr nie pozostaje faktycznie bez wpływu na drzewa — kołysanie się liści, gałęzi i konarów jest wskaźnikiem jego siły, natomiast z łatwością wykazać można, iż ruch poprzez eter w najmniejszym nawet stopniu nie wytrąca z równowagi ciał stałych, spoczywających na ziemi, nie zmienia szybkości ich ruchu; nie potrzebujemy więc dodawać oporu eteru do oporu powietrza, rozważając przyczyny, przeszkadzające naszemu samochodowi w rozwinięciu wyższej szybkości.

Jeśli więc eter istnieje, to pozostaje obojętnym, czy dmie on z szybkością jednego, czy też tysięcy kilometrów na sekundę. Zgadza się to w zupełności z zasadą dynamiczną, ogłoszoną przez Newtona w jego *Principia*:

WNIOSEK V: Ruchy ciał, zawartych w danej przestrzeni, pozostają bez zmiany niezależnie od tego, czy przestrzeń ta znajduje się w stanie spoczynku, czy też porusza się naprzód ruchem jednostajnym i prostoliniowym, nie zmaconym żadnym ruchem obrotowym“.

Newton ciągnie dalej:

„Jasny dowód powyższego stanowi okręt, na którym wszelkie ruchy przebiegają w jednakowy sposób, niezależnie od tego, czy okręt znajduje się w stanie spoczynku, czy też posuwa się naprzód ruchem jednostajnym i prostoliniowym“.

Ta ogólna zasada wykazuje, iż żadne doświadczenie, wykonane na pokładzie okrętu i wyłącznie ograniczone do tegoż okrętu, nie jest w stanie objawić nam szybkości jego ruchu na spokojnym morzu; znany jest fakt, że przy pięknej pogodzie niepodobna, nie spojrzawszy na morze, określić kierunku, w jakim płynie okręt.

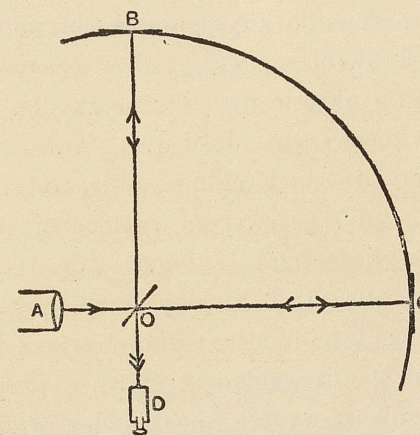
Gdyby „wiatr eteru“ wywierał wpływ na ciała ziemskie, zaburzenia, wywołane przezeń, dałyby nam wskazówki co do szybkości jego podmuchu, podobnie jak ruchy gałęzi drzewa mówią nam o szybkości wiatru; wobec ujemnego efektu nasuwa się konieczność zwrócenia się do innych metod.

Aczkolwiek podróżnik na oceanie nie może określić ruchu okrętu zapomocą jakiegokolwiek obserwacji, ograniczonej wyłącznie do ostatniego, może on z łatwością cel swój osiągnąć, spojrzawszy na otaczające go morze. Gdy wrzuci on do wody linę, obciążoną ołowiem, roztoczą się dookoła niej kręgi fal; każdy marynarz wie, iż punkt zanurzenia się liny do wody nie pozostanie w środku tego kręgu; położenie środka nie ulegnie zmianie, natomiast punkt zetknięcia się liny z powierzchnią wody posuwa się naprzód zgodnie z ruchem okrętu, wskutek czego szybkość oddalania się tego punktu od środka kręgów fal określa nam szybkość ruchu okrętu.

Jeśli nasza ziemia toruje sobie drogę poprzez morze eteru, wówczas doświadczenie, wykonane na podobnej podstawie, powinno ujawnić nam szybkość posuwania się jej naprzód i to właśnie miało na celu słynne doświadczenie Michelsona-Morleya; ziemia nasza odgrywała przytem rolę okrętu, a pracownia fizyczna Uniwersytetu w Chicago — miejsca zanurzenia głębokomierza do wody, wysłanie zaś sygnału świetlnego odpowiadało wrzuceniu przyrządu do morza, przypuszczano przytem, iż fale świetlne, tworzące ów sygnał, utworzą kręgi fal w otaczającym nas morzu eteru.

Niepodobna było zbadać dokładnie biegu tych fal, nato-

miast można było otrzymać wystarczające wyniki, używając zwierciadeł dla odbicia sygnału do jego punktu wyjścia, umożliwiało to bowiem należyte określenie czasu, zużytego na wędrówkę czasu tam i zpowrotem.



Rys. 1. Wykres, ilustrujący doświadczenie Michelsona-Morley'a.

Światło ze źródła A zostało rzucone na cienko posrebrzone zwierciadło O, tak, iż połowa została odbita wzdłuż OB, reszta zaś biegła dalej wzdłuż OC, równej drodze OB, wynoszącej około 10 metrów. Zwierciadła w B i C odbijają światło zpowrotem ku O, połowa każdej wiązki przechodzi następnie do małej lunety D; czas opóźnienia jednej z nich w stosunku do drugiej porównywa się z odpowiednim opóźnieniem po obrocie aparatu o 90° ; postępowanie to eliminuje wszelkie błędy, spowodowane przez niewielką różnicę długości OB i OC.

Gdyby ziemia spoczywała bez ruchu w eterze, czas dwukrotnego przebiegu pewnej drogi byłby oczywiście ten sam, niezależnie od kierunku drogi w przestrzeni, jeśli natomiast ziemia poruszała się poprzez morze eteru w kierunku wschodnim, to jasnym jest, iż dwukrotna wędrówka ze wschodu na zachód i zpowrotem musiałaby

zająć więcej czasu, niż równej długości podróż z północy na południe i zpowrotem. Zasada powyższego zjawiska jest równie zrozumiała jak ogólnie znany fakt, iż wiosłowanie w łodzi sto metrów pod prąd rzeki i zpowrotem zabiera więcej czasu, niżeli 200 metrów wpoprzek prądu; w pierwszym przypadku płyniemy powoli pod prąd i wracamy szybko zpowrotem, lecz zysk na czasie przy wiosłowaniu w drugim okresie nie wystarcza dla wyrównania straty czasu w pierwszym. Jeśli dwaj równi sobie wiosłarze rozpoczynają oba biegi jednocześnie, to ten, który płynie na przelaj, będzie pierwszym, różnica zaś czasu między obu biegami wykaże nam szybkość prądu; w ściśle ten sam sposób różnica czasu między przebiegiem obu wiązek światła w doświadczeniu Michelsona-Morleya wykaże nam szybkość ruchu ziemi względem eteru.

Doświadczenie powyższe, aczkolwiek wykonane wielokrotnie, nie wykazało najmniejszej różnicy czasu, co wobec hipotezy ziemi, otoczonej eterem, nasuwało przypuszczenie, iż szybkość ruchu ziemi względem morza eteru jest równa zeru. Sądząc z pozorów, można było mniemać, iż ziemia pozostaje w spoczynku względem eteru, podczas gdy słońce wraz z całością świata krąży dookoła niej; doświadczenia zdawały się sprowadzać nas zpowrotem do geocentrycznego wszechświata z czasów przed Kopernikiem, podobny wniosek był jednak zupełną niemożliwością, wiadano bowiem, iż ziemia obraca się dookoła słońca z szybkością około 32 klm na sekundę, a doświadczenia były przeprowadzone z dokładnością dostateczną dla ujawnienia chociażby jednej setnej części powyższej szybkości.

Fitzgerald w 1893 r. i Lorentz w 1895 r., niezależnie jeden od drugiego, podali odmienne wytłumaczenie sprzeczności, wynikającej z doświadczenia Michelsona-Morleya. Eksperymentatorzy owi usiłowali wywołać jednoczesny przebieg dwóch promieni świetlnych tam i zpowrotem po dwóch drogach równej długości i możemy wyobrazić sobie, bez uszczerbku dla istoty doświadczenia, że długości te zostały zmierzone lub porównane przy pomocy zwykłych miar długości, dajmy na to, prętów metrowych.

Skądże wiadomo, zapytali Fitzgerald i Lorentz, iż pręty te lub drogi, zmierzone przez nie, zachowują ściśle swą długość w czasie posuwania się naprzód przez morze eteru? Gdy okręt płynie przez ocean, ciśnienie wody na rufę statku wywołuje skrócenie jego długości, zostaje on, krótko mówiąc, zgnieciony pomiędzy morzem, usiłującym zatrzymać jego rufę, a śrubą, pchającą go naprzód, i skrócony o minimalny ułamek centymetra; podobnie samochód, przecinający powietrze, kurczy się nieco, zgnieciony ciśnieniem wiatru na radiator i parciem naprzód tylnych kół. Gdyby aparat Michelsona-Morleya kurczył się w ten sam sposób, droga pod prąd i zpowrotem byłaby stale krótsza od drogi wpoprzek prądu i owo skrócenie długości wyrównywałoby nieco pozostałe braki tej drogi wzdłuż prądu, skrócenie zaś ściśle odpowiedniej wielkości wyrównałoby je najzupełniej i czas przebiegu obu dróg byłby zupełnie jednakowy; w taki sposób, jak twierdzili Fitzgerald i Lorentz, znalazłoby wytłumaczenie zerowego wyniku, wspomnianego wyżej doświadczenia.

Idea ta nie była ani zupełną fantazją, ani też czezą hipotezą, Lorentz wykazał bowiem wkrótce potem, że

ówczesna teoria elektrodynamiczna wymagała takiej właśnie kontrakcji, a chociaż kurczenie się okrętów lub samochodów nie przedstawiało dokładnej analogii z temi zjawiskami, dawało nam ono bądź co bądź pewne wyobrażenie o działającym mechanizmie. Rzeczywiście Lorentz wykazał, iż, gdyby materia posiadała czysto elektryczną budowę, składając się jedynie z elektrycznie naładowanych cząstek, to ruch jej względem eteru musiałby spowodować przesunięcie się położenia ostatnich, a stanu względnego spoczynku nie osiągnęłyby one dopóty, dopóki ciało nie skurczyłoby się o pewną określoną wielkość, wielkość ta zaś okazała się wielkością ściśle wymaganą dla wytłumaczenia ujemnego wyniku doświadczenia Michelsona-Morleya.

Wynik powyższy, nie tylko tłumaczył nam najdokładniej niepowodzenie doświadczenia Michelsona-Morleya, lecz wykazał ponadto fakt skracania się każdego materialnego pręta mierniczego w stopniu zupełnie wystarczającym dla zamaskowania ruchu ziemi względem eteru, wobec czego wszelkie usiłowania wykrycia tego ruchu były zgóry skazane na niepowodzenie. Nauce znane są jednak inne jeszcze rodzaje miar; wiązki światła, siły elektryczne i t. d., mogą być użyte do mierzenia odległości dwóch punktów od siebie i tworzyć tem samem podstawę do mierzenia odległości. przypuszczano więc, że tam, gdzie zawiodły miary materialne, można by je zastąpić przez odpowiednie miary optyczne lub elektryczne; podobne próby zostały wielokrotnie podjęte, że wymienię nazwiska zmarłego Lorda Rayleigha, Brace'a i Trouton'a, — lecz zawsze z wynikiem ujemnym.

Jeśli ziemia posiada szybkość X względem eteru, to każdy aparat, będący owocem pomysłowości ludzkiej, mąciłby wszelki pomiar wielkości X , wprowadzając doń pozorną szybkość ściśle równą $-X$ i powodując temsamem pozorny zerowy wynik doświadczenia Michelsona-Morleya.

Wynikiem wieloletnich doświadczeń było przekonanie, iż wszystkie bez wyjątku siły natury zdają się być w zмовie — mówiąc językiem laika — w celu zamaskowania ruchu ziemi względem eteru; uczony wołałby może powiedzieć, iż prawa natury uniemożliwiają wykrycie tego ruchu, z filozoficznego punktu widzenia treść obu tych mniemań jest jednak zupełnie równorzędna.

Podobnie wynalazca, pozbawiony wyszkolenia naukowego, mógłby biadać nad zмовą sił natury, uniemożliwiającą funkcjonowanie jego perpetuum mobile, podczas gdy uczony wie dobrze, iż przeszkoda ta jest natury o wiele poważniejszej: że jest to niezłomne prawo przyrody; także i reformator społeczny, choć oddany sprawie, lecz ograniczony oraz polityk-ignorant jest również skłonny do upatrywania najczarniejszych knowań, ukrywających się poza działaniem tych praw ekonomicznych, które uniemożliwiają zaczerpnięcie choćby dwóch litrów z miarki litrowej.

W 1905 roku Einstein nadał nowemu, przypuszczalnemu prawu natury następującą formę: „Leży to w naturze rzeczy, iż niepodobna jest określić bezwzględnego ruchu w jakikolwiek sposób“; było to pierwsze sformułowanie zasady względności, stanowiące dość znamenny

powrót do myśli i nauki Newtona, pisał on bowiem w swoich *Principiach*:

„Możliwym jest, iż gdzieś w oddalonych regionach gwiazd stałych, lub może jeszcze dalej poza niemi znajduje się jakieś ciało w absolutnym spoczynku, niemożliwym jest jednak wnioskować z wzajemnych położań ciał naszego układu, czy którekolwiek z tych ciał zachowuje niezmiennie swoje położenie względem owego oddalonego ciała; wynika z tego, iż niemożliwe jest oznaczenie stanu absolutnego spoczynku na podstawie położań ciał w naszym układzie“.

Dodał jednak następujące zastrzeżenie:

„Nie mam tu na myśli ośrodka, jeśli ten istnieje, któryby przenikał swobodne przestrzenie między cząstkami ciał“.

Innymi słowy, Newton zdawał sobie sprawę, iż niemożliwym byłoby bez przyjęcia wszechobecnego eteru określić bezwzględną szybkość ruchu w eterze i że taki ośrodek stanowiłby niewzruszoną podstawę do pomiarów ruchu wszelkich ciał.

W przeciągu dwóch stuleci, dzielących nas od Newtona, nauka była zajęta gorliwie rozważaniem własności owego hipotetycznego ośrodka, aż oto teraz Einstein za jednym zamachem pozbawił go najistotniejszej jego cechy, a mianowicie cechy zupełnego spoczynku, dającej nam możność określenia rzeczywistej szybkości ruchu wszelkich ciał.

Zasada Einsteina może być wyrażona jeszcze w inny sposób, podkreślający wyraźniej jej znaczenie; otóż astronomja nie zdołała wykryć dotychczas ciała Newtonowskiego, będącego w absolutnym spoczynku, a położonego „w oddalonych regionach gwiazd stałych lub być może jeszcze poza niemi,“ w wyniku czego spoczynek i ruch

są wciąż jeszcze pojęciami względnymi. Okręt w czasie ciszy morskiej pozostaje w stanie względnego spoczynku w stosunku do ziemi, lecz ziemia porusza się dookoła słońca, a wraz z nią i nasz okręt; w razie wstrzymania obrotu ziemi dookoła słońca znalazłby się ten okręt w stanie spoczynku względem słońca, lecz oba poruszałyby się razem wśród otaczających gwiazd; powstrzymajmy ostatni ruch, a pozostanie jeszcze ruch całego układu galaktycznego względem odległych mgławic, mgławice zaś oddalają się od siebie z szybkością setek kilometrów na sekundę lub nawet więcej, — słowem, zagłębiając się coraz dalej w przestworza, nietylko nie napotykamy podstawy, tkwiącej w absolutnym spoczynku, lecz przeciwnie, co raz to większe i większe szybkości ruchu. Dopóki nie posiadamy przewodnika we wszechobecnym eterze, nie możemy nawet powiedzieć, co uważamy za bezwzględny spoczynek, a tem bardziej nie możemy go wykryć. Zasada Einsteina mówi nam obecnie, że możemy, co się tyczy przynajmniej wszystkich, dających się zaobserwować zjawisk, określać „absolutny spokój“, jak nam się tylko podoba.

Stanowi to sensację nielada, mamy bowiem wobec tego najzupełniejsze prawo powiedzieć, iż, dajmy na to, pokój nasz znajduje się w spoczynku, a natura nie zaprzeczy temu twierdzeniu; jeśli ziemia posiada względem eteru szybkość 1.600 klm na sekundę, to możemy przyjąć, że eter dmie poprzez pokój „jak wiatr poprzez gaj“ z szybkością tychże 1.600 klm na sekundę, a zasada względności zapewnia nas wówczas o zupełnej niezależności wszelkich zjawisk natury, zachodzących w tym pokoju, od owego wiatru i to bez względu na to, czy wiatr ten dmie

z szybkością 100.000 klm na sekundę, czy też nie istnieje on wcale.

Nie jest dziwnym, ani też nowym fakt, że wszystkie zjawiska mechaniczne, nie mające z tak pojmowanym eterem nic wspólnego pozostają bez zmiany: widzieliśmy przecież, że już Newton zdawał sobie z tego sprawę, natomiast wydaje się nam zdumiewajacem, jeśli eter rzeczywiście istnieje, aby zjawiska optyczne i elektryczne miały pozostawać bez zmiany, bez względu na to, czy eter, będący ich podłożem stoi w miejscu, czy też dmie z szybkością tysięcy kilometrów na sekundę.

Nasuwa się pytanie, czy eter — przyczyna owego wiatru — istnieje naprawdę, czy też jest on raczej wytworem naszej wyobraźni, należy bowiem pamiętać, iż istnienie eteru jest hipotezą, wprowadzoną do nauki przez fizyków, przeświadczonych o możliwościach wytłumaczenia wszelkich zjawisk zapomocą mechaniki i doszukujących się mechanicznego ośrodka, przenoszącego fale światła i wszelkie zjawiska elektryczne i magnetyczne.

Fizycy ci zmuszeni byli wykazać dla usprawiedliwienia swoich wierzeń, że, podobnie, jak system drutów przenosi mechaniczną siłę od dźwigni do dzwonu, tak i w eterze tkwi pewien system pociągnięć, pchnięć i skręcań w celu przenoszenia wszelkich zjawisk natury poprzez przestrzeń i ujawniania ich gdzieś na jej krańcach bez żadnych zmian.

Ów wymagany system pchnięć, pociągnięć i skręcań został z czasem wynaleziony, okazał się on jednak niesłychanie skomplikowany; nie było w tem nic dziwnego, wszak zadaniem takiego eteru było nie tylko przenoszenie

działań, ale i jednocześnie ukrywanie swego własnego istnienia. Zadaniem nielada było stworzyć warunki istnienia takiego pojedynczego mechanizmu, któryby mógł przenosić dokładnie te same zjawiska niezależnie od faktu, czy eksperymentator siedział w spoczynku, czy też w czasie trwania doświadczenia mknął poprzez eter z szybkością 1.600 klm na sekundę i oczywiście tak pomyślany mechanizm stanął oko w oko z nieuniknionym zarzutem, iż mógłby uczynić oba szeregi zjawisk identycznymi jedynie przez stworzenie dwóch różnych mechanizmów dla obu przypadków.

Możemy zobrazować ten zarzut, biorąc pod uwagę jakiegokolwiek proste zjawisko; zgodnie z powyższym schematem przewodzenia eteru, ładunek elektryczny nadany, pewnemu ciału, wytwarza stan napięcia w otaczającym eterze, podobnie jak wtłoczenie obcego ciała do morza galarety; gdy dwa ciała w spoczynku zostaną naładowane ładunkiem tego samego znaku, odpychają się one nawzajem i przypuszczamy wówczas, że odpychanie to zachodzi za pośrednictwem ciśnień, wywołanych owym stanem napięcia w eterze.

Przypuśćmy natomiast, iż dwa naładowane ciała poruszają się poprzez eter ze wschodu na zachód ze ściśle jednakową szybkością, dajmy na to 1.600 klm na sekundę; wobec tego, że ciała te znajdują się w spoczynku w stosunku jedno do drugiego, to zasada względności orzeka, iż obserwowane zjawiska będą ściśle takie same, jak w przypadku absolutnego spoczynku tych ciał względem eteru, natomiast mechanizm, wywołujący zjawiska w tym drugim przypadku, jest zupełnie odmienny, albowiem

część tylko odpychań jest jeszcze wynikiem napięcia w eterze, pozostałość zależy od sił magnetycznych, ostatecznie zaś nie mogą być wytłumaczone ciśnieniem i napięciem w eterze, lecz muszą być przypisane skomplikowanemu systemowi cyklonów lub wirów.

Bardziej złożone zjawiska elektromagnetyczne są naogół wywołane połączeniem sił elektrycznych i magnetycznych, a oba rodzaje mechanizmów występują w odmiennym stosunku z odmiennymi szybkościami ruchu względem eteru, wobec tego próba tłumaczenia tych zjawisk jako mechanicznych wysuwa konieczność wywoływania identycznego zjawiska przez dwa różne mechanizmy, ponadto należałoby jeszcze wykazać, że jakkolwiek dający się pomyśleć eter byłby zdolny pomieścić je w sobie jednocześnie, lecz nawet i wówczas taka dwoistość mechanizmu, powołanego do wytworzenia tego samego zjawiska, byłaby do tego stopnia przeciwna zwykłym poczynaniom natury, iż nie moglibyśmy pozbyć się wrażenia posuwania się po fałszywej drodze. Teoria grawitacji Newtona nie mogłaby liczyć na przyjęcie, gdyby zakładała dwojaki mechanizm dla wytłumaczenia spadku jabłka z drzewa: jeden działający w lecie, a drugi na jesieni. Sam Newton kładł nacisk na konieczność unikania tego rodzaju dwojakich mechanizmów; jego „Principia” zawierają „Zbiór reguł do badania natury”, z których dwie pierwsze brzmią jak następuje:

Reguła I

Nie wolno dopuszczać nam więcej przyczyn rzeczy naturalnych, prócz tych, które są i prawdziwe i wystarczające dla wytłumaczenia ich objawów.

W tej sprawie twierdzą uczeni, iż Natura nie działa na próżno, a próżnem jest dawać więcej tłumaczeń, jeśli wystarczy mniej, gdyż natura upodobała sobie prostotę i niepotrzebne jej są zbędne przyczyny.

Reguła II

Przeto tym samym naturalnym skutkom musimy, o ile możliwości, przypisywać te same przyczyny, a więc: oddychaniu człowieka i zwierzęcia, spadkowi jabłka w Europie i w Ameryce, światłu ogniska kuchennego i słońca, odbiciu światła na ziemi i na planetach.

Jeszcze silniejsze argumenty przemawiają przeciwko przypuszczeniu, iż eter świetlny przenosi promieniowanie i działanie elektryczne; widzieliśmy już, w jaki sposób elektryczność, magnetyzm i światło zdawały się być w zмовie przeciw naszym usiłowaniom odkrycia ruchu względem eteru, pozostaje jeszcze grawitacja; stała ona zawsze oddzielnie od innych zjawisk fizycznych, wydając się czemś całkowicie odrębnym. Prawo ciążenia zawiera w sobie pojęcie odległości — twierdzi ono, iż siły grawitacyjne pomiędzy dwoma ciałami zależą od wzajemnej ich odległości i są równe, gdy te odległości są równe, wobec tego prawo ciążenia dostarcza nam, przynajmniej teoretycznie, miary dla mierzenia odległości. Eter, przewodzący działanie elektryczne, byłby tylko z trudem zdolny do przewodzenia sił grawitacji, ponieważ wszystkie przypisywane mu własności są zużyte na przewodzenie sił magnetycznych i elektrycznych. Pręt pomiarowy, narzucony nam przez prawo ciążenia, nie ulegałby skróceniu Fitzgeralda—Lorentza i, mając go do dyspozycji, moglibyśmy mierzyć szybkość ruchu ziemi przez przestworza.

Sprawdźmy tę możliwość na najprostszym konkret-

nym przykładzie. Uprośmy sobie obraz naszej ziemi, nadając jej idealny kształt kulisty; wobec jednakowej odległości każdego punktu od środka siła ciężkości będzie wszędzie ta sama; jeśli owa uproszczona ziemia zostanie puszczona w ruch poprzez eter z szybkością tysięcy kilometrów na sekundę, to zwykłe skrócenie Fitzgeralda—Lorentza spowoduje skrócenie średnicy jej o blisko 8 metrów w kierunku ruchu, ponieważ zaś końcowe punkty owej skróconej średnicy będą bliższe środka, niżeli wszystkie inne punkty na powierzchni ziemi, to wszystkie ruchome przedmioty, znajdujące się na powierzchni, będą dążyły do ześlizgnięcia się po niej ku owym dwu punktom. Ten szczególny efekt, nawet gdyby istniał rzeczywiście, byłby zbyt nikły, aby go można było zaobserwować na naszej ziemi; nierówności gór i dolin, usunięte w naszej wyobraźni, wyrównałyby wielokrotnie to 8-o metrowe skrócenie; natomiast inne zjawiska grawitacyjne tego rodzaju a w szczególności przesunięcia periheliów planet wystarczają w zupełności na dokonywanie podobnych obserwacji, wykazują one, iż grawitacja jest, że tak powiem, w spisku z resztą sił natury dla ukrycia ruchu względem eteru, jeśli bowiem materialne pręty pomiarowe ulegają skróceniu Fitzgeralda—Lorentza, to i miary długości, dostarczone nam przez prawo ciężenia, muszą czynić ściśle to samo, skoro jednak grawitacja nie może być przenoszona poprzez eter, to trudno jest pojąć, dlaczego pręty pomiarowe prawa ciężenia miałyby podlegać temu skróceniu. Możemy więc tylko wyciągnąć wniosek, iż skrócenie Fitzgeralda—Lorentza nie zachodzi

wcale i to zmusza nas do porzucenia mechanicznej koncepcji eteru.

Jesteśmy zmuszeni więc rozpocząć wszystko na nowo. Trudności nasze wypłynęły z pierwotnego założenia, iż wszystko, co się dzieje w naturze, a w szczególności fałszywe światło, nadaje się do tłumaczenia zapomocą pojęć mechaniki, krótko mówiąc, usiłowaliśmy przedstawić wszechświat jako olbrzymią maszynę, skoro jednak zaprowadziło nas to na manowce, musimy obejrzeć się za inną zasadą kierowniczą.

Pewniejszego przewodnika od błędnych mechanicznych koncepcyj dostarcza nam zasada Wilhelma Okkam: „*Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem*“. (Nie powinniśmy przyjmować istnienia czegokolwiek, zanim nie jesteśmy do tego zmuszeni).

Filozoficzne znaczenie tej zasady jest identyczne z pierwszą „regułą do badania przyrody“ Newtona, podaną wyżej, jednakże wartość jej jest czysto negatywna, zabiera nam ona coś, — w danym przypadku pojęcie mechanicznego wszechświata z towarzyszącym mu eterem, przenoszącym działanie mechaniczne przez „pustą przestrzeń“, nie dając nam wzamian nic na to miejsce.

Dla wypełnienia powstałej pustki najbardziej wskazanym wyjściem jest wprowadzenie zasady względności: „istota natury jest tego rodzaju, iż określenie bezwzględnego ruchu na drodze doświadczalnej jest niemożliwością“.

Na pierwszy rzut oka dziwnym wydaje się ten material, którym zamierzamy zapełnić lukę, spowodowaną wycofaniem eteru. Obie hipotezy wydają się być tak odmiennej natury, że dowolne zapełnienie tej luki przez

jedną lub drugą wydaje się niepodobieństwem; w rzeczywistości jedna jest niemal ze antytezą drugiej. Pierwotną funkcją eteru było dostarczenie nam niewzruszonej podstawy porównawczej, wszystkie pozostałe zaś jego własności były jedynie pomocniczymi środkami, wynikającymi z naszych wysiłków ku pogodzeniu obserwowanego systemu zjawisk natury z naszym pierwotnym założeniem; teoria względności zawiera w swej istocie zaprzeczenie tego pierwotnego założenia, wobec czego teorie te są sprzeczne ze sobą; właśnie dlatego wyjście z tej sytuacji rysuje się jasno i możemy doń trafić drogą doświadczalną — wyrok brzmi zupełnie niedwuznacznie; widzieliśmy oto, iż wszelkie doświadczalne wyniki, podjęte w celu wykrycia eteru zawiodły, potwierdzając w ten sposób hipotezę względności, wiadomo zaś jest, że wszelkie doświadczenia, wykonane kiedykolwiek, przemawiały stale na korzyść teorii względności.

Hipoteza mechanicznego świata została więc obalona, a na jej miejsce wprowadzono zasadę względności, sygnałem do tego przewrotu była krótka praca Einsteina, ogłoszona w czerwcu 1905 r., a z tą chwilą badanie istotnego oblicza natury przeszło z rąk uczonego inżyniera do rąk matematyka.

Do tej pory uważaliśmy przestrzeń za coś otaczającego nas, czas zaś za coś płynącego obok nas, a nawet przez nas; jedno zdawało się być zasadniczo różnem od drugiego. Możemy zawrócić z drogi w przestrzeni, lecz nigdy w czasie, możemy poruszać się w przestrzeni szybko, pomału lub wcale, jak nam się to żywnie podoba, nikt natomiast nie jest w stanie regulować przebiegu czasu; pły-

nie on jednakowo dla nas wszystkich z tą samą, nie dającą się opanować szybkością. Pierwsze wyniki Einsteina w późniejszej o cztery lata interpretacji Minkowskiego zawierały w sobie zdumiewający wniosek, iż w istocie nie istnieje nic podobnego. Widzieliśmy już poprzednio, iż budowa materji jest natury elektrycznej, wskutek czego i wszelkie zjawiska fizyczne są ostatecznie natury elektrycznej; Minkowski wykazał, że jako wynik teorii względności nie należy, jak to czyniono dotychczas, wyobrażać sobie przebiegu wszelkich zjawisk elektrycznych oddzielnie w czasie i przestrzeni; w rzeczywistości czas i przestrzeń są tak ściśle zespolone ze sobą, że niepodobna jest odkryć choćby śladu ich spojenia, tak ściśle, iż gdy weźmiemy pod uwagę całość zjawisk natury to nie możemy rozdzielić ich na dwie części, przebiegające oddzielnie w czasie i przestrzeni.

Gdy połączymy ze sobą długość i szerokość w jedną całość, otrzymamy powierzchnię, powiedzmy plac do gry w krokieta. Poszczególni gracze dzielą go na dwa wymiary w różnorodny sposób. Kierunek „prosto“ dla rzucającego piłkę będzie kierunkiem „wtył“ dla odbijającego, a „na prawo“ dla sędziego gry, natomiast piłka krokietowa nie zna tych rozróżnień, biegnie ona tam, dokąd została rzucona, kierowana jedynie prawami natury, według których plac krokietowy jest niepodzielną całością o długości i szerokości ściśle zespolonych ze sobą.

Z połączenia powierzchni dwuwymiarowej (w rodzaju placu krokietowego) z wysokością (o jednym wymiarze), otrzymamy przestrzeń trójwymiarową. Dopóki operujemy w bliskości ziemi możemy zawsze posługiwać się siłą cięż-

kości dla rozdzielenia naszej przestrzeni na „powierzchnię” i „wysokość”, tak np. wysokość jest tym kierunkiem, w którym najtrudniej jest rzucić piłkę krokietową na wymaganą odległość.

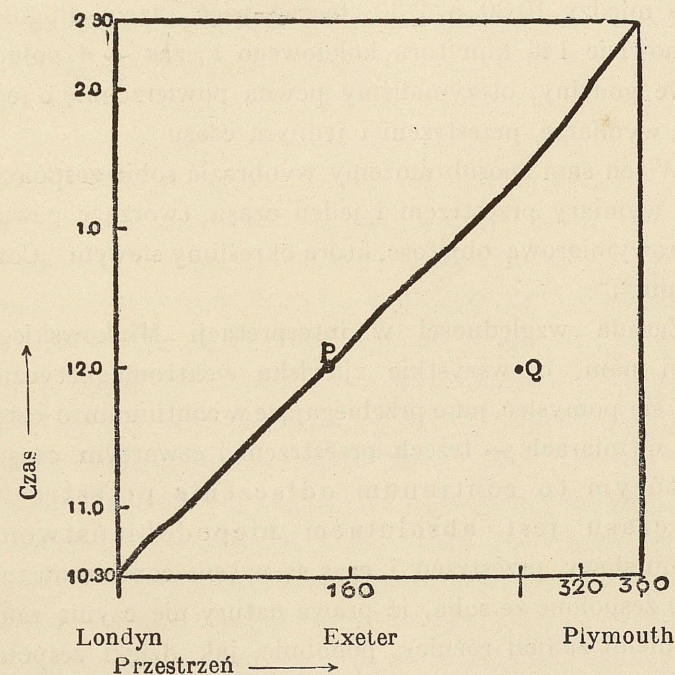
Gdzieś daleko w głębinach przestworzy natura nie udziela nam żadnej pomocy dla uskutecznienia takiego podziału; prawa jej nie wiedzą nic o naszych ziemskich kierunkach, poziomym i pionowym, odnosząc się do przestrzeni wprost jako do układu o trzech wymiarach, nie różniących się między sobą. Posiłkując się procesem spajania przeszliśmy w naszej wyobraźni od jednego wymiaru do dwóch, a dalej od dwóch do trzech, znacznie trudniej natomiast jest przejść od trzech do czterech, nie posiadamy bowiem żadnych danych doświadczalnych, dotyczących przestrzeni czterowymiarowej.

Ta czterowymiarowa przestrzeń, którą chcemy omówić obecnie, jest wyjątkowo trudna do pojęcia, albowiem jeden z jej wymiarów nie jest zwykłym składnikiem przestrzeni, lecz czasem; aby zrozumieć teorię względności, zmuszeni jesteśmy wyobrazić sobie czterowymiarową przestrzeń, posiadającą trzy wymiary zwykłej przestrzeni, zespolone z czwartym wymiarem czasu.

Rozpatrzmy pokolei każdą z nasuwających się trudności, wyobrażając sobie na początek przestrzeń dwuwymiarową, otrzymaną z połączenia jednego z wymiarów naszej zwykłej przestrzeni, a mianowicie długości, z drugim wymiarem — czasem. Rys. 2 pomoże nam w zrozumieniu tego pojęcia; przedstawia on w postaci wykresu rozkład jazdy expressu, opuszczającego dworzec Paddington w Londynie, o g. 10 m. 30 rano, a przy-

chodzącego do stacji Plymouth, odległej o 360 klm, o g. 2 m. 30 popołudniu.

Linia pozioma odpowiada 360 klm odległości pomiędzy



Rys. 2. Wykres, ilustrujący bieg pociągu w czasie i przestrzeni.

obiema stacjami, a pionowa — okresowi czasu od 10,30 rano do 2,30 popołudniu każdego dnia przebiegu pociągu.

Gruba ukośna linia wyobraża nam przebieg pociągu, np. punkt P tej linii odpowiada godzinie 12-tej w popołudnie oraz odległość 146 klm od Paddington wskazując nam, iż pociąg do południa przebiegł 146 klm; z drugiej strony, punkt tego rodzaju, co Q, wyobraża jakiś

odcinek toru koło Exeter w południe, nie leży on na grubej linii, pociąg w tym czasie nie osiągnął bowiem jeszcze Exeter. Cała powierzchnia wykresu oznacza ogół punktów na drodze od Paddington do Plymouth w godzinach między 10,30 a 2,30, łącząc więc razem długość, mianowicie 146 klm toru kolejowego i czas — 4 południowe godziny, otrzymaliśmy pewną powierzchnię o jednym wymiarze przestrzeni i jednym czasie.

W ten sam sposób możemy wyobrazić sobie zespolone trzy wymiary przestrzeni i jeden czas, tworzące pewną czterowymiarową objętość, którą określimy słowem „Continuum“.

Zasada względności w interpretacji Minkowskiego mówi nam, iż wszystkie zjawiska elektromagnetyczne dają się pomyśleć, jako przebiegające w continuum o czterech wymiarach — trzech przestrzeni i czwartym czasie, w którym to continuum odłączenie przestrzeni od czasu jest absolutnem niepodobieństwem; innemi słowy przestrzeń i czas są w tem continuum tak ściśle zespolone ze sobą, iż prawa natury nie czynią między nimi żadnej różnicy, podobnie, jak dzięki zespoleniu długości i szerokości na placu krokietowym piłka nie odróżnia jednej od drugiej, spotykając powierzchnię, na której oddzielne pojęcia długości i szerokości utraciły wszelkie znaczenie.

Można postawić zarzut, że rys. 2 nie udziela nam dostatecznej pomocy w zrozumieniu tego continuum, że jest on jedynie wykresem, nie odzwierciedlającym bynajmniej zespolenia prawdziwego czasu i długości, lecz tylko dwóch

długości, dających, jak wiadomo, pewną powierzchnię — w tym przypadku stronicę książki.

Nie należy przejmować się zbyt powyzszym zarzutem, albowiem według brzmienia naszego ostatniego wniosku owe czterowymiarowe continuum ma również tylko wartość wykresu; stanowi ono dla nas wygodne ramy dla uwidocznienia działań natury, podobnie jak rys. 2 ułatwia nam wyobrażenia biegu pociągu, skoro chcemy jednak pomieścić w tych ramach całkowity obraz natury, to muszą odpowiadać one jakiejś obiektywnej rzeczywistości, tymczasem podział ich na przestrzeń i czas nie jest obiektywnym, a czysto subiektywnym. Jeśli dwie osoby poruszają się z różną szybkością, przestrzeń i czas będą miały dla każdej z nich inne znaczenie; osoby te dzielą continuum na czas i przestrzeń w sposób odmienny, a gdy patrzą w różnych kierunkach słowa „wprost“ i „na lewo“ będą miały dla każdej z nich inne znaczenie, podobnie jak rzucający piłkę i odbijający ją, dzielą plac krokietowy w odmienny sposób gdy tymczasem sama piłka nic nie wie o takim podziale. Nawet wówczas gdy zmieniamy szybkość naszego ruchu, np. hamując samochód lub wskakując do pędzącego autobusu, zmieniamy nasz własny podział continuum na czas i przestrzeń; istota teorii względności tkwi w twierdzeniu, iż natura w rzeczywistości nic nie wie o takich podziałach na czas i przestrzeń, a według słów Minkowskiego: „przeźrzeń i czas, wzięte oddzielnie, rozpląnęły się w cienie, jedynie pewien rodzaj związku ich ze sobą zachował znamiona rzeczywistości“.

Pojmujemy więc błyskawicznie, dlaczego dawny eter świetlny musiał nieuchronnie zniknąć z widowni — miał

on bowiem wypełniać całą przestrzeń, dzieląc continuum obiektywnie na przestrzeń i czas, a prawa natury, nie dopuszczające możliwości takiego podziału, nie mogły uznać za możliwe istnienia eteru.

Chcąc zatem zobrazować rozchodzenie się fal świetlnych i sił elektromagnetycznych w formie zaburzeń w eterze, musimy uznać ostatni za zupełnie odmienny od mechanicznego eteru Maxwella i Faradaya; może on być pomyślany jako pewna czterowymiarowa struktura, wypełniająca całkowicie continuum, a rozciągająca się poprzez całą przestrzeń i przez wszystkie czasy, dzięki czemu wszyscy rozporządzamy jednym i tym samym eterem, jeśli natomiast domagalibyśmy się trójwymiarowego eteru, musiałby on być subiektywnym w takim sensie, w jakim eter Maxwella i Faradaya nie był nim nigdy. Każdy z nas musiałby nieść ze sobą swój własny eter, podobnie jak w czasie ulewy każdy widz odbiera swój własny obraz tęczy. Zmieniając szybkość naszego ruchu, stwarzamy sobie nowy, własny eter, podobnie jak, postępując kilka kroków naprzód w sferze, zalanej promieniami słońca, stwarzamy sobie nowy, własny obraz tęczy; ponadto, o ile opisany powyżej (str. 68) rozszerzający się wszechświat nie jest zupełną fikcją, eter każdego z nas powinienby stale rozszerzać się i wyciągać.

Pozostaje otwartem zagadnienie, czy struktura tego rodzaju może być nazwana eterem i niełatwe byłoby znalezienie w niej jakiegokolwiek własności, wspólnej z dawnym eterem dziewiętnastego wieku, jasne jest bowiem, iż, skoro hipoteza względności jest zupełnem zaprzeczeniem istnienia dawnego eteru, to każdy eter, będący

ze względnością w zgodzie musiałby być dokładnym przeciwieństwem dawnego, a próba nadawania im tej samej nazwy wydaje mi się zupełną omyłką. Sądzę, iż w tych wszystkich sprawach niema żadnej istotnej różnicy pomiędzy poglądami poszczególnych uczonych specjalistów. Sir Arthur Eddington mówi słusznie, że połowa wybitnych fizyków przyjmuje istnienie eteru, gdy tymczasem druga połowa odrzuca go, dodaje on jednak: „Obie strony mają dokładnie to samo na myśli, a różnią się jedynie słowami“. Sir Oliver Lodge, najgorliwszy ostatnio zwolennik obiektywnego istnienia eteru, pisze: „Eter w swych rozlicznych formach energii panuje nad współczesną fizyką, aczkolwiek wielu woli unikać słowa eter ze względu na asocjacje z eterem XIX wieku i używać słowa przestrzeń, jednakże sposób wyrażania się nie odgrywa tu żadnej roli“. Jeśli więc obojętnem jest, czy mówimy o przestrzeni, czy o eterze, o istnieniu lub nieistnieniu eteru, to wówczas nawet najgorętszy zwolennik eteru nie może przypisywać mu obiektywnego istnienia.

Najprostszem wyjściem, jak sądzę, będzie uważanie eteru za pewien schemat podobnie jak schematem jest wykres na str. 103, istnienie jego równie dobrze odpowiada lub nieodpowiada prawdzie, jak istnienie równika, bieguna północnego lub południka Greenwich; jest on tworem myślowym, a nie substancjalnym. Widzieliśmy już, jak ów eter, jednakowy dla nas wszystkich w odróżnieniu od mojego lub czyjegoś eteru, musi z konieczności przenikać cały czas zarówno jak i całą przestrzeń i że między przenikaniem obu niepodobna upatrzeć żadnej istotnej różnicy. Schemat czasu, będący obrazem wymiaru

eteru nasuwa się sam przez się — jest to podział dnia na godziny, minuty i sekundy i dopóki nie uważamy tego podziału za podział materjalny, czego nikt nie czynił, ani nie czyni, nie mamy również żadnego powodu do uważania eteru za coś materjalnego.

Widzimy, iż w nowem świetle, wniesionem do nauki przez teorię względności, materjalnemu eterowi, wypełniającemu przestrzeń, musiałby towarzyszyć materjalny eter, wypełniający czas — mogą one ostać się, albo upaść tylko razem; mamy więc podstawy do uważania eteru za czystą abstrakcję — jest on co najwyżej mieszkaniem i nazwą. Ale mieszkaniem czego? Wszechświat składa się wyłącznie z fal, a przedstawiliśmy już poprzednio eter jako rzeczownik od czasownika falować; pojęcie to musi zostać obecnie odrzucone, gdyż nasz niematerjalny eter jest równie niezdolny do falowania, jak równik lub południk Greenwich. Nie wynika z tego oczywiście, aby coś falującego nie miało rozchodzić się przez ten niematerjalny ośrodek, wszak mówimy nieraz o fali ciepła lub o fali samobójstw, nie wymagając przecież żadnego materjalnego ośrodka dla ich przenoszenia; fala ciepła może biec wzdłuż równika, a fala samobójstw wzdłuż południka Greenwich. Choroba gnicia kartofli przebiega rok rocznie Anglję z zachodu na wschód; można przyrównać posuwanie się tej choroby po równoleżniku do przebiegu fal przez eter, krzaki kartofli nie są bowiem ośrodkiem, przenoszącym chorobę, ponieważ nie przedstawiają one niczem nieprzerwanej ciągłości, są raczej miarą jej zasięgu, podobnie jak pyłki kurzu uwidoczniają zasięg promienia słonecznego.

Możnaby sądzić, iż, aczkolwiek otrzymanie bezpośredniego dowodu istnienia eteru nie daje się osiągnąć, to jednak dałoby odkryć się dowód istnienia czegoś o charakterze fal, biegnących przez eter, w zjawiskach stwierdzających, według ogólnego mniemania, falowy charakter światła, a mianowicie w pierścieniach Newtona, obrazach dyfrakcyjnych i wszelkich zjawiskach interferencyjnych. Niestety, tak nie jest, nie wiemy bowiem nic o tych przypuszczalnych falach, dopóki nie ujawnią ich nam cząsteczki materji. Wspomniane zjawiska nie mówią nam nic o rzeczach, przechodzących przez eter, a jedynie, o tych, które padają na materję. O ile możemy sądzić nie chodzi więc o nic konkretniejszego od abstrakcji matematycznej, czegoś w rodzaju południa w sensie astronomicznym, przebiegającego po powierzchni ziemi podczas jej obrotu.

Mogę jednak wyobrazić sobie, iż w tym momencie wystąpiłby fizyk z pewnemi zarzutami, a rozmowa nasza brzmiałaby jak następuje:

Fizyk. — Ten promień słoneczny przedstawia energję, która wytworzoną została na słońcu; 8 minut temu była ona na słońcu, obecnie jest tutaj, musiała przeto nadejść ze słońca, a więc przebiec przestrzeń, dzielącą nas od niego. Wydaje mi się wobec tego, iż energja musiała być przeniesiona przez przestrzeń.

Matematyk. — Rozważmy dane zagadnienie możliwie najdokładniej. Zwróćmy naszą uwagę na określony odcinek promieni słonecznych, powiedzmy na ten, który pada w przeciągu sekundy na moją książkę, gdy siedzę w słońcu i czytam; powiadasz, że był on ośm minut

temu na słońcu, cztery minuty temu gdzieś w przestrzeni na połowie drogi między słońcem i nami, dwie minuty temu przebiegł trzy czwarte swej drogi, nieprawdaż?

Fizyk. — Tak, to właśnie zjawisko nazywam przechodzeniem przez przestrzeń; energja porusza się z jednego miejsca na drugie.

Matematyk. — Koncepcja twoja zakłada, iż w każdej chwili różne drobne odcinki przestrzeni są zajęte przez różne ilości energii; jeśli tak jest istotnie, to powinny być możliwem zmierzenie lub wyliczenie ilości tej energii, znajdującej się w danej chwili w określonym miejscu. Jeśli przyjmujesz, że słońce pozostaje w spoczynku względem eteru i że światło słoneczne jest energją, przenoszoną przez eter, to przypuszczam, że zdołasz udzielić zupełnie określonej odpowiedzi na to zagadnienie, tak jak Maxwell uczynił to już w 1863 r., jeśli zaś przyjmiesz, że słońce, a co za tem idzie cały układ słoneczny porusza się przez eter ze znaną szybkością, dajmy na to 1.600 klm na sekundę, to również możesz dać odpowiedź z łatwością, lecz cały sęk tkwi w tem, iż obie one są różne. Powiedz mi teraz, która z nich jest słuszną!

Fizyk. — Oczywiście, że jeśli słońce znajduje się w spoczynku względem eteru, to słuszną jest pierwsza, jeśli zaś porusza się ono z szybkością 1.600 klm na sekundę — to druga.

Matematyk. — Dobrze, lecz zgodziliśmy się już poprzednio, iż zarówno wyrażenie „w spoczynku względem eteru“, jak i „z szybkością 1.600 klm względem eteru“ nie oznaczają wogóle niczego, jeśli zaś chcemy nadać im jakiegokolwiek znaczenie, to wszystkie zjawiska w natu-

rze wymagają, aby było ono jednakowe dla obu przypadków, w wyniku więc uważam twoją odpowiedź za pozabawioną wszelkiego znaczenia. —

Uważamy w podobny sposób, iż wszelkie wysiłki podziału energii pomiędzy poszczególne odcinki przestrzeni prowadzą do dwuznaczności, nie dającej się rozwiązać, wobec tego nasuwa się przypuszczenie, że są one bezcelowe, ponieważ podział energii w przestrzeni jest złudzeniem.

Próba wyobrażania sobie rozchodzenia się energii w formie konkretnego prądu załamuje się oto znowu sama w sobie. Możemy powiedzieć o danej cząstce wody w prądzie, iż znajduje się ona raz tu, raz tam, z energją natomiast jest inaczej; pojęcie energii, płynącej przez przestworza jest użytecznym obrazem, gdy chcemy natomiast traktować ją jako rzeczywistość, prowadzi nas ona do absurdu i sprzeczności. Prof. Poynting podał znany wzór, wskazujący, w jaki sposób można zobrazować energję płynącą w pewnym kierunku, obraz ten jednak jest zbyt sztuczny, aby go można uważać za rzeczywistość. Jeśli weźmiemy np. naelektryzowany magnes i pozostawimy go w spoczynku, to według powyższego wzoru energja płynie bez końca dookoła magnesu, jakgdyby niezliczone koła dzieci, trzymając się za ręce, tańczyły przez całą wieczność dookoła drzewa.

Matematyk sprowadza całe zagadnienie do rzeczywistości, uważając ów bieg energii za czystą abstrakcję matematyczną; czuje się on zmuszonym posunąć się nawet jeszcze dalej i uważać samą energję za taką abstrakcję — stałą całkowania w równaniu różniczkowem; po zrobieniu tego kroku, przyjęcie dwóch odrębnych wartości dla

ilości energii w danym odcinku przestrzeni staje się dlań równie dopuszczalnym, jak przyjęcie dwóch równych czasów na tem samym miejscu, np. zwykłego i letniego czasu w New Yorku, lub urzędowego i gwiazdowego czasu w obserwatorium, jeśli natomiast uchyli się od tego kroku, zmuszony będzie do beznadziejnej obrony założenia, że wszechświat jest zbudowany w sposób konkretny z obu form energii — materji i promieniowania i że energia nie może być umiejscowiona w przestrzeni. Rozpatrzymy to zagadnienie jeszcze niżej.

Zanim przejdziemy do rozważania dalszych wyników teorii względności, wydaje się nam wskazanem zastąpić słowo „eter“ przez termin „continuum“, oznaczający czterowymiarową „przestrzeń“, omawianą poprzednio, w której trzy wymiary zwykłej przestrzeni dopełnione są przez czas, odgrywający rolę czwartego wymiaru.

Prawa natury wyrażają zdarzenia, zachodzące w czasie i przestrzeni, można sprowadzić je przeto do owego czterowymiarowego continuum; przy ilościowym wyrażaniu tych praw staje się dogodnym wyobrażanie sobie zarówno czasu jak i przestrzeni, mierzonego w wysoce specjalny i sztuczny sposób. Nie będziemy mierzyli długości na metry i centymetry, lecz na jednostki, wynoszące około 300.000 klm, równe drodze, przebieżonej przez światło w ciągu sekundy, czasu zaś nie będziemy mierzyli w zwykłych sekundach, lecz zapomocą tajemniczej jednostki, równej sekundzie mnożonej przez $\sqrt{-1}$ (pierwiastek kwadratowy z jedności ujemnej. Matematycy mówią o $\sqrt{-1}$, jako o liczbie „urojonej“ gdyż nie istnieje ona poza ich wyobraźnią, czas więc mierzymy w niezmiernie sztuczny spo-

sób, na zapytanie, dlaczego używamy tak wymyślnych metod pomiaru, odpowiemy, że właśnie one wydają się być właściwym systemem natury, a w każdym razie pozwalają na wyrażenie wyników teorii względności w możliwie najprostszej formie. Na dalsze zapytanie, dlaczego tak jest w istocie, nie mamy już żadnej odpowiedzi, gdybyśmy bowiem mogli udzielić jej, znaczyłoby to, iż zajrzeliśmy bez porównania głębiej do najistotniejszych tajemnic natury, niżeli jesteśmy w stanie uczynić to dzisiaj. Zgódźmy się więc na użycie opisanego wyżej wymyślnego systemu pomiarów i budujmy zgodnie z nim nasze continuum. Minkowski wykazał, że jeżeli hipoteza względności jest prawdziwa, to prawa natury nie mogą robić różnicy między czasem i przestrzenią i, jeśli continuum zostanie zbudowane według powyższego sposobu, to trzy wymiary przestrzeni i jeden czasu są całkowicie równorzędnymi czynnikami przy formułowaniu każdego prawa natury, gdyby nie były niemi, to prawo kłóciłoby się z zasadą względności.

Zauważono niebawem, że znane prawo grawitacji Newtona nie odpowiadało powyższemu warunkom, wobec czego albo to prawo, albo hipoteza względności musiała być mylną. Einstein zbadał, jakie konieczne zmiany należałoby wprowadzić do prawa Newtona, aby uzgodnić je z hipotezą względności i znalazł, że zmianom tym musiałyby towarzyszyć trzy nowe zjawiska, nie wynikające z dawnego prawa Newtona; innymi słowy, natura dostarcza nam trzech dróg obserwacji dla rozstrzygnięcia pomiędzy prawem Newtona i Einsteina, a po wykonaniu próby wyrok brzmiał w każdym przypadku pomyślnie dla

Einsteina. To, co nazywamy prawem grawitacji, nie jest niczem innem, jak formułą matematyczną przyspieszenia poruszającego się ciała — zmiany szybkości jego ruchu. Prawo Newtona nadawało się do jasnej mechanicznej interpretacji: ciało poruszało się w ten sam sposób, jak gdyby było odciągnięte od swego prostoliniowego ruchu (używając wyrażenia Newtona) przez siłę odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości; Newton zakładał istnienie takiej siły i nazwał ją siłą grawitacji. Prawo Einsteina nie nadawało się do interpretacji zapomocą sił lub wogóle do jakiegokolwiek interpretacji mechanicznej, co było jeszcze jedną wskazówką więcej, jeśli takiej było jeszcze potrzeba, że przeminął wiek mechanistycznej nauki, natomiast geometryczna interpretacja dała się znaleźć z łatwością. Działanie siły grawitacyjnej nie polegało, jak wyobrażał sobie to Newton na wywieraniu siły, lecz na zdeformowaniu czterowymiarowego continuum w sąsiedztwie masy; poruszająca się planeta lub piłka krokietowa nie była spychana ze swego prostoliniowego ruchu przez nacisk siły, lecz przez zakrzywienie continuum.

Wyobrażenie sobie czterowymiarowego continuum nawet nie zakrzywionego, jest trudnością nielada, a cóż dopiero wyobrażenie sobie jego zakrzywienia, lecz analogja z dwuwymiarową powierzchnią będzie nam tutaj pomocna.

Powierzchnie tego rodzaju, co plac krokietowy, lub skóra naszych rąk są to continua dwuwymiarowe; analogję z zakrzywieniami, wywołanymi przez masy grawitacyjne, przedstawiają tutaj kretowiska lub pęcherze. Piłka, tocząca się po kretowisku, zostaje zepchnięta ze swego

prostoliniowego ruchu, jak kometa lub promień świetlny, przebiegający koło słońca. Połączone zakrzywienia czterowymiarowego continuum, wywołane przez ogół materji wszechświata sprawiają, iż continuum zakrzywia się samo w sobie, tworząc zamkniętą powierzchnię, a przestrzeń staje się przez to skończoną; wyniki z tego poglądu zostały już omówione w rozdziale drugim.

Przestrzeń i czas, jako dwa oddzielne pojęcia, zniknęły obecnie ze wszechświata, a teraz oto siły grawitacyjne znikają również, pozostawiając jedynie zmięte continuum; zdziwienie z powodu pozostawienia sił elektromagnetycznych oraz zapytanie, jaką rolę odgrywają one w continuum, staje się zrozumiałem. Wydaje się prawdopodobnem, aczkolwiek sprawa ta nie jest jeszcze ostatecznie rozstrzygnięta, iż pójdą one śladem sił grawitacji. Weyl i Eddington podali kolejno teorie tego rodzaju, uległy one jednakże wielu zarzutom; losy późniejszej teorii Einsteina nie są jeszcze rozstrzygnięte, wydaje się jednak prawie pewnem, iż niezależnie od tego, która z tych teoryj odniesie zwycięstwo, siły elektromagnetyczne rozpiąną się niebawem poprostu w taki czy inny sposób w nowy typ sfałdowania continuum, różniącego się jedynie geometrycznie od tego skrzywienia, wynik którego określamy, jako grawitację.

Wszechświat zamieniłby się w tym przypadku w pustą, czterowymiarową przestrzeń, pozbawioną całkowicie jakiegokolwiek substancji i zupełnie bezkształtną z wyjątkiem bądź to wielkich, bądź małych, wyraźnych, lub lekkich zmarszczek, w konfiguracji samej przestrzeni.

To, co nazywaliśmy dotychczas przenoszeniem energii,

jak np. przejście światła słonecznego od słońca do ziemi, sprowadza się oto do następstwa pofałdowanych zmarszczek wzdłuż pewnej linii w continuum, rozciągającej się naokoło 8 minut czasu i 150 milionów klm długości, a nie jesteśmy w stanie zobrazować tego zjawiska jako rozchodzenia się czegoś konkretnego lub obiektywnego przez przestrzeń, dopóki nie podzielimy continuum na przestrzeń i czas; a podział ten jest nam właśnie wzbroniony.

Streszczając całość wyników w sposób prosty i dostępny, uważamy bańkę mydlaną o nierównej i pooranej brózdami powierzchni za najwierniejszy prawdopodobnie obraz nowego wszechświata. Wszechświat nie jest bynajmniej wnętrzem tej bańki, lecz jej powierzchnią i musimy stale pamiętać o tem, że gdy powierzchnia bańki mydlanej posiada jedynie dwa wymiary, wszechświat-bańka ma ich aż cztery — trzy wymiary przestrzeni i jeden czasu; a materialem do wytworzenia tej bańki zamiast błonki mydlanej jest pusta przestrzeń, spleciona z pustym czasem.

R O Z D Z I A Ł P I Ą T Y

W PRZEPASTNE GŁĘBINY

Rozpatrzmy dokładnie ową bańkę mydlaną, wydętą z pustki, a którą nowoczesna nauka stawia przed nami jako obraz wszechświata; powierzchnię jej pokrywają liczne zmarszczki i nierówności, rozpadające się na dwa główne rodzaje, określane przez nas, jako materję i promieniowanie — składniki, z których cały wszechświat zdaje się być zbudowanym.

Pierwszy rodzaj to promieniowanie; pędzi ono zawsze z tą samą szybkością 300.000 klm na sekundę. Gdyby nasz pociąg z rys. 2 pędził z jednostajną szybkością $1\frac{1}{2}$ klm na minutę, ruch jego mógłby być przedstawiony zapomocą idealnie prostej linii, nachylonej pod kątem 45° do pionu; szereg pociągów, poruszających się z tą samą szybkością dałby nam wiązkę linii równoległych do pierwszej. Zmieńmy teraz naszą podstawową szybkość $1\frac{1}{2}$ klm na minutę na szybkość 300.000 klm na sekundę, zastępując jednocześnie jeden kierunek z Londynu do Plymouth przez wszystkie kierunki w przestrzeni, a wykres na str. 103 zostanie zastąpiony przez czterowymiarowe continuum, promieniowanie zaś przez wiązkę linii pod kątem 45° do kierunku płynącego czasu.

Drugim rodzajem nierówności jest materja; porusza się ona przez przestrzeń z rozmaitemi szybkościami, bardzo nieznacznie jednak w porównaniu z szybkością

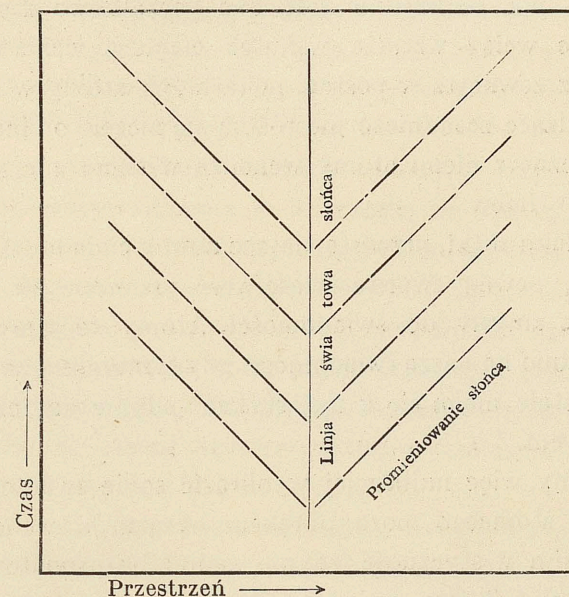
światła; możemy więc, w pierwszym przybliżeniu, uważać materję za pozostającą w spoczynku w przestrzeni, a biegnącą tylko w czasie, wskutek czego przedstawiające ją znaki biegłyby w kierunku upływającego czasu, podobnie jak w przypadku postoju pociągu na stacji (rys. 2) przystanek ów byłby zaznaczony odcinkiem pionowej linii na wykresie.

Znaki, przedstawiające materję, dążą do tworzenia na powierzchni bańki mydlanej szerokich pasem, podobnych do kolorowych prążków na płótnie, a dzieje się to dzięki dążeniu materji do skupiania się w duże masy — gwiazdy i inne ciała niebieskie. Owe prążki lub inne pasma zwiemy „linjami światowemi”; tak np. linja światowa słońca określa położenie słońca w przestrzeni, odpowiadającej każdej chwili w czasie; przedstawiamy to w postaci wykresu na rys. 3.

Podobnie jak lina składa się z niezliczonej ilości cienutkich nitczek, tak i linja światowa ciała wielkiego, jak słońce, składa się z niezliczonej ilości mniejszych światowych linii poszczególnych atomów, wchodzących w skład słońca; od czasu do czasu owe cienkie nitki wchodzi do kabla lub opuszczają go, zależnie od tego, czy jakiś atom wpada do słońca, czy też zostaje zeń wyrzucony nazewnątrz.

Wyobraźmy sobie powierzchnię bańki jako tkaninę, której nitki są linjami światowemi atomów. O ile atomy są wieczne i niezniszczalne, ich linje światowe, podobne do nitki, przebiegają przez całą długość obrazu w kierunku upływającego czasu, jeśli natomiast atomy ulegają zniweczeniu, nitki urywają się nagle i pęki świato-

wych linii promieniowania wytryskują z ich końców. Gdy poruszamy się wzdłuż tkaniny w kierunku czasu, poszczególne jej nitki zmieniają stale swój kierunek w przestrzeni, wskutek czego zmieniają one swoje wzajemne położenia, a warsztat tkacki jest tego rodzaju, że zmu-



Rys. 3. Wykres, ilustrujący ruch słońca i jego promieniowanie w czasie i przestrzeni.

szone są one do podobnego postępowania, zgodnie z określonymi regułami, zwanymi „prawami natury”.

Linja światowa ziemi jest niewielką liną, której poszczególne sznureczki przedstawiają góry, drzewa, samoloty, ciała ludzkie i t. d., tworząc w sumie całą ziemię, a każdy sznureczek składa się z niezliczonej ilości nitki światowych linii atomów.

Wiązka, przedstawiająca ciało człowieka, nie różni się w zasadniczych cechach, podpadających pod obserwację, od jakichkolwiek innych wiązek; zmienia ona swe położenie względem innych wiązek z mniejszą łatwością, niżeli samolot, a większą, niż odpowiednia wiązka drzewa; podobnie jak poprzednia jest ona początkowo drobniakiem, ale wciąż wzrasta wskutek ciągłego wchłaniania atomów z zewnątrz w postaci pokarmów; atomy w skład jej wchodzące zasadniczo nie różnią się niczem od innych, a identyczne z niemi atomy wchodzą w skład gór, samolotów lub drzew.

Wszelako nitki, przedstawiające atomy ciała ludzkiego, posiadają pewną swoistą właściwość przewodzenia wrażeń przez zmysły do świadomości. Atomy te wpływają bezpośrednio na naszą świadomość, gdy tymczasem wszystkie pozostałe mogą się z nią stykać jedynie za ich pośrednictwem.

Możemy więc najłatwiej wyobrazić sobie świadomość jako coś stojącego poza obrębem obrazu, a wchodzącego z nim w styczność jedynie wzdłuż linii światowych naszych ciał. Twoja świadomość styka się z obrazem wzdłuż twojej linii światowej, moja wzdłuż mojej i t. d. Wynikiem tego kontaktu jest przede wszystkim upływ czasu; doznajemy wrażenia, że coś ciągnie nas wzdłuż naszej linii światowej, zaznajamiając nas z coraz to nowymi jej punktami, które to punkty z kolei są wyrazem naszych stanów w różnych chwilach czasu.

Być może, iż czas ów od początku swego istnienia aż po skończenie wieków roztacza się przed nami na podobieństwo obrazu, ale że stykamy się z nim jedynie

przez jedną chwilę, podobnie jako koło roweru styka się tylko z jednym punktem toru; zdarzenia więc, jak twierdzi Weyl, nie powstają, ale przechodzimy raczej przez nie, albo, jak to 23 wieki temu wyraził Platon w *Timaeusie*:

„Przeszłość i przyszłość są stworzonymi przez nas rodzajami czasu, które nieświadomie lecz błędnie stosujemy do wieczności; mówimy „było“, „jest“, „będzie“, gdy tymczasem właściwie jedynie „jest“ może być słusznie użyte“.

W tym przypadku świadomość nasza jest jakby świadomością muchy, złapanej w ściereczkę od kurzu, przesuwaną po całej powierzchni obrazu; obraz ten istnieje jako całość, lecz mucha może poznać tylko tę chwilę czasu, z którą styka się bezpośrednio, aczkolwiek może jest w stanie przypomnieć sobie skrawek obrazu, przez który została przesunięta przed chwilą, lub nawet łudzić się wyobrażnia, że bierze czynny udział w malowaniu części obrazu, leżącej pod nią bezpośrednio.

Być może, iż świadomość naszą dałoby się przyrównać do wrażenia, którego doznają palce malarza, posuwającego pędzel po niedokończonym obrazie; w tym przypadku wrażenie czynnego wpływu na tworzące się fragmenty obrazu jest czemś więcej, niżeli czystym złudzeniem. W chwili obecnej nauka może nam powiedzieć tylko niewiele o sposobie, w jaki nasza świadomość poznaje ów obraz, głównie zaś jest ona zajęta samą istotą obrazu.

Widzieliśmy już, w jaki sposób eter, mający swego czasu wypełniać wszechświat, został sprowadzony do abstrakcji, stanowiącej niejako rusztowanie pustej prze-

strzeni, tworzące jedynie wymiary przestrzenne bańki mydlanej o błoncie, składającej się z pustki. Fale, o których przypuszczano, że przebiegają przez eter, zostały niemal że również sprowadzone do abstrakcji, a mianowicie do fałd, wytworzonych przez przecięcie się owej bańki z czasem.

Abstrakcyjny charakter tego, co uważano niegdyś za materialne fale eteru, zaznacza się w nierównie silniejszej formie, gdy bierzemy pod uwagę system fal, tworzących elektron. Eter, przywołany na pomoc dla wytłumaczenia zwykłego promieniowania, powiedzmy promieniowania słonecznego, posiada trzy wymiary w przestrzeni, a oprócz tego jeden wymiar w czasie. To samo dzieje się z eterem, zapomocą którego opisujemy fale, tworzące pojedynczy, odosobniony w przestrzeni elektron. Oba te etery mogą być lub nie być identyczne, ale są podobne do siebie przez fakt posiadania trzech wymiarów przestrzeni i jednego wymiaru czasu. Pojedynczy elektron w przestrzeni tworzy świat, w którym nic się nie dzieje. Najprostsze, dające się pomyśleć zdarzenie, zachodzi przy spotkaniu się dwóch elektronów ze sobą, aby zaś opisać w najprostszej formie zjawiska, zachodzące przy tem spotkaniu, mechanika falowa domaga się systemu fal w eterze o siedmiu wymiarach; sześć z nich przypadałoby na przestrzeń (po trzy dla każdego elektronu), jeden zaś na czas.

Dla opisu spotkania się trzech elektronów potrzebujemy już eteru o dziesięciu wymiarach, dziewięciu przestrzeni (znów po trzy dla każdego elektronu) i jednego — czasu, a gdyby nie ten jeden wymiar czasu, wiążący wszystkie pozostałe ze sobą, to poszczególne elektrony

istniałyby w oddzielnych, niepołączonych ze sobą, trójwymiarowych przestrzeniach. Tak oto czas staje się cementem, spajającym oddzielne cegiełki materji, podobnie jak na płaszczyźnie duchowej „bezokienne monady“ Leibnitza miały być połączone ze sobą przez jeden wszechistniejący duch. Można by również, zbliżając się może nawet do istoty rzeczy, pojmować elektrony jako przedmioty myśli, czas zaś jako sam proces myślenia. Sądzę, iż większość fizyków zgodzi się z poglądem, że siedmiowymiarowa przestrzeń, w której mechanika falowa przedstawia spotkanie się dwóch elektronów jest czystą fikcją, wobec czego i fale, towarzyszące tym elektronom, muszą również być uważane za fikcję. Tak np., prof. Schrödinger, pisząc o siedmiowymiarowej przestrzeni, powiada, iż:

choć posiada ona ściśle określone znaczenie fizyczne, nie można jednak przypisywać jej „istnienia“, a przeto i ruch falowy w tej przestrzeni nie istnieje w zwykłym tego słowa znaczeniu; jest ona poprostu wygodnym sposobem matematycznego opisu zdarzeń. Możliwe jest również, iż w przypadku pojedynczego elektronu nie należy pojmować „istnienia“ ruchu fal w zbyt dosłownym znaczeniu, aczkolwiek w tym szczególnie prostym przypadku przestrzeń konfiguracyjna zgadza się ze zwykłą przestrzenią.

Trudno pojąć, dlaczego mielibyśmy przypisywać niższy stopień rzeczywistości jednemu zbiorowi fal, niżeli drugiemu; niedorzeczne jest twierdzenie, iż fale jednego elektronu posiadają oznaki rzeczywistości, gdy tymczasem fale dwóch elektronów są fikcją. Fale pojedynczego elektronu są natyle realne, że zaznaczają swoje istnienie na kliszy fotograficznej, tworząc obraz, podany na tabl. I; możemy więc zpowrotem stanąć na stałym gruncie tylko przez przypuszczenie, że zarówno fale pojedynczego elek-

tronu, jak i dwóch, oraz fale z kliszy fotograficznej prof. Thomsona posiadają jednakowy stopień rzeczywistości lub nierzeczywistości. Niektórzy fizycy rozwiązują to zagadnienie, uważając fale elektronowe za fale prawdopodobieństwa. Mówiąc o fali przyływu, mamy na myśli materialną falę wodną, zwilżającą wszystko na swej drodze, gdy zaś mówimy o fali ciepła, myślimy o czemś, co, aczkolwiek jest niematerialne, ogrzewa jednak wszystko na swej drodze, natomiast gdy dzienniki mówią o fali samobójstw, nie twierdzą one bynajmniej, aby każda osoba, znajdując się na drodze tej fali, miała popełnić samobójstwo, ale raczej, że wzrosło prawdopodobieństwo popełnienia czynu samobójczego. Gdy fala taka przebiega przez Londyn, wówczas śmiertelność z powodu samobójstw wzrasta, gdyby zaś przeszła przez wyspę Robinzona Kruzo, to również wzrosłoby prawdopodobieństwo targnięcia się na własne życie jedyne go jej mieszkańca.

Fale, obrazujące elektron w mechanice falowej są, jak przypuszczamy, falami prawdopodobieństwa, których natężenie jest w każdym punkcie miarą prawdopodobieństwa znajdowania się tam elektronu; tak natężenie fali w każdym punkcie kliszy prof. Thomsona (rys. 2 i 3, tabl. I) jest miarą prawdopodobieństwa, że pojedynczy, ugięty elektron uderza kliszę w tym właśnie punkcie; gdy cały tłum elektronów ulega ugięciu, to oczywiście ogólna liczba, uderzająca pewien punkt, jest proporcjonalną do prawdopodobieństwa uderzenia przez każde indywiduum, a wskutek tego czernienie kliszy daje miarę prawdopodobieństwa na każdy elektron.

Pogląd ów odznacza się tą zaletą, iż pozwala on elek-

tronom na zachowanie swej tożsamości. Gdyby fale elektronowe były istotnie falami materialnymi, to każdy taki system fal uległby prawdopodobnie rozproszeniu wskutek samego doświadczenia, w wyniku czego żadna naelektryzowana cząstka nie ostałaby się w ugiętej wiązce; każde spotkanie się z materją rozbiłoby elektrony, które, oczywiście, nie mogłyby być wówczas uważane za struktury stałe. W istocie ugina się raczej prąd elektronów, niżeli pojedyncze indywidua, a poszczególne elektrony poruszają się jako cząstki i jako takie zachowują swą tożsamość.

Powyższy pogląd zgadza się w zupełności z „zasadą niepewności“ Heisenberga, niedopuszczającą powiedzeń w rodzaju: ten elektron jest tutaj w tem określonym miejscu i porusza się z szybkością tylu a tylu klm na godzinę; możemy jedynie operować kategorjami prawdopodobieństwa.

Dirac uważa za wskazane rozszerzyć tę niewyznaczalność i niepewność wiedzy na całość fizyki atomu; pisze on:

Czyniąc obserwacje nad pewnym systemem atomów... w pewnym określonym stanie, nie otrzymujemy naogół określonego wyniku, czyli, powtórzywszy wielokrotnie to doświadczenie w identycznych warunkach, możemy otrzymać szereg różnorodnych rezultatów. Jeśli doświadczenie powtórzymy wielką ilość razy, to zobaczymy, iż otrzymamy każdy wynik, jako pewien określony ułamek ogółu oznaczeń, można przeto powiedzieć, iż istnieje pewne określone prawdopodobieństwo otrzymania owego wyniku przy każdorazowym wykonaniu doświadczenia. Teoria umożliwia nam wyliczenie owego prawdopodobieństwa; w pewnym przypadku prawdopodobieństwo to może równać się jedności, a wówczas rezultat doświadczenia będzie ściśle określony.

Heisenberg i Bohr wysunęli przypuszczenie, że należałoby uważać jedynie fale elektronowe za pewien rodzaj symbolicznego wyrażenia naszych świadomości o prawdopodobnym stanie i położeniu elektronu. Jeśli tak jest w istocie, to ulegają one zmianie w miarę zmian naszych świadomości, a przez to nabierają w znacznej mierze charakteru subiektywnego.

Niema przeto potrzeby wyobrażania sobie fal, jako umiejscowionych w czasie i przestrzeni; są one raczej uzmysłowieniem matematycznego wzoru ruchu falowego, zupełnie abstrakcyjnej natury.

Jeszcze dalej idącą możliwością, wypływającą znowu z założenia Bohra, było przypuszczenie, iż owe najdrobniejsze zjawiska natury nie nadają się do przedstawiania ich w ramach czasu i przestrzeni. Zgodnie z tym poglądem, czterowymiarowe continuum teorii względności nadawałoby się jedynie do tłumaczenia niektórych objawów natury, a mianowicie zjawisk makroskopowych i promieniowania w przestrzeni, inne zaś zjawiska natury mogłyby zostać należycie oddane jedynie przez wyjście poza ramy continuum. Uczyniliśmy już próbę odmalowania świadomości jako czegoś stojącego poza continuum i ujrzelśmy, że spotkanie się dwóch elektronów może być najprościej zobrazowane w siedmiu wymiarach, można więc przypuścić, iż zdarzenia, rozgrywające się poza obrębem continuum określają to, co zwiemy „biegiem wypadków“ wewnątrz continuum, i że pozorna niewyznaczalność natury może być poprostu wynikiem naszych usiłowań, zmierzających do wtłoczenia zdarzeń

przebiegających w wielu wymiarach, do mniejszej ilości wymiarów.

Wyobraźmy sobie gatunek ślepych robaków, których zdolność percepcji ograniczałaby się do dwuwymiarowej powierzchni ziemi; od czasu do czasu niektóre połacie ziemi stawałyby się sporadycznie mokre. Otóż my, z zasięgiem naszych zmysłów w przestrzeń trójwymiarową zwiemy to zjawisko spadkiem deszczu, wiedząc, iż zdarzenia w trzecim wymiarze przestrzeni określają wyłączenie, które połacie ziemi zostaną zwilżone, które zaś pozostaną suchymi, gdyby natomiast nasze robaki, niepodejrzewające nawet istnienia trzeciego wymiaru przestrzeni, usiłowały wtłoczyć całą naturę w dwuwymiarowe ramy, nie zdołałyby one oczywiście odkryć ani śladu jakiegokolwiek determinizmu w rozłożeniu mokrych i suchych plam; uczone robaki mogłyby jedynie rozważać stan wilgoci lub suchości drobnych powierzchni w kategoriach prawdopodobieństwa, uważając ostatecznie za istotne podstawy prawdy. Chociaż nie nadszedł jeszcze czas dla ostatecznego rozstrzygnięcia, to jednak osobiście uważam taki, a nie inny sposób tłumaczenia za najbardziej obiecujący na przyszłość.

Podobnie, jak cienie na ścianie są rzutem trójwymiarowej rzeczywistości na dwa wymiary, tak i zjawiska, przebiegające w continuum przestrzenno-czasowym, są czterowymiarowym odbiciem rzeczywistości, posiadającej więcej, niż cztery wymiary, wskutek czego zdarzenia w czasie i przestrzeni przedstawiają:

„nic innego, jak poruszający się szereg czarnoksiężskich cieni, przychodzących i odchodzących“.

Możnaby nam zarzucić, iż przywiązujemy może zbyt wielkie znaczenie do mechaniki falowej, stanowiącej ostatecznie jedynie pewien obraz matematyczny, gdy tymczasem prawdopodobnie niezliczona ilość innych matematycznych obrazów mogłaby oddać nam te same usługi, prowadząc do zupełnie odmiennych wniosków.

Istotnie, obraz mechaniki falowej nie może rościć pretensji do wyłączności, istnieją bowiem jeszcze inne systemy, w szczególności system Heisenberga i Diraca, mówią one jednak przeważnie to samo, lecz tylko innemi, nieraz bardziej złożonemi słowami. Żaden system podany dotychczas, nie tłumaczy nam stanu rzeczy w sposób tak prosty, a zarazem tak prawdopodobny, jak mechanika falowa de Broglie'go i Schrödingera; fotografie w rodzaju podanej na tabl. I dowodzą nam, iż fale o pewnej określonej długości są czemś podstawowem w systemie natury; fale te stanowią zasadniczą podstawę koncepcji mechaniki falowej, w innych systemach natomiast wydają się być nieco wymyślnym ubocznym produktem. Dzięki prostocie swych założeń mechanika falowa okazała zdolność do przenikania o wiele głębiej tajników natury, niżeli jakiegokolwiek inne systemy, wskutek czego ostatecznie usuwają się coraz to bardziej w cień; rzechy można, używając innej przenośni, iż służyły one poprostu za rusztowanie, którego nie mamy ani powodu, ani ochoty rozbudowywać dalej.

Jeśli więc zmuszeni jesteśmy do zadowolenia się tylko jednym obrazem, to czujemy się uprawnieni do wybrania obrazu, dostarczanego nam przez mechanikę falową, chociaż zarówno układ Heisenberga, jak i Diraca dopro-

wadziłby nas do podobnych mniej więcej wyników. Istota rzeczy tkwi poprostu w tem, iż wszelkie obrazy natury, podsuwane nam przez naukę, a zgodne z faktami doświadczalnemi, są obrazami matematycznymi.

Większość uczonych przyzna, iż są one w istocie tylko obrazami, iluzjami, jeśli kto woli, przez iluzję zaś zechce wyrazić mniemanie, iż nauka nie dotarła jeszcze do ostatecznej rzeczywistości; wychodząc zaś z ogólnego filozoficznego punktu widzenia, wielu orzeknie, iż najwyższą zdobyczą fizyki dwudziestego wieku nie jest bynajmniej ani teoria względności z jej zespoleniem w jedność czasu i przestrzeni, ani teoria kwantów z jej obecnem pozor-nem zaprzeczeniem prawa przyczynowości, ani też rozłożenie atomu z wynikającym zeń odkryciem, że wszelkie rzeczy nie są tem, czem się być wydają, lecz poprostu ogólne zrozumienie, iż nie zetknęliśmy się jeszcze z ostateczną rzeczywistością. Posługując się znanym porównaniem Platona, możemy powiedzieć, iż wciąż jeszcze siedzimy uwięzieni w naszym lochu, odwrócenie plecami do światła, z oczyma wpatrzonemi w cienie, przesuwające się po ścianie. Obecnie jedynem zadaniem nauki jest badanie tych cieni, klasyfikowanie oraz tłumaczenie ich w możliwie najprostszy sposób. A oto w olbrzymiem morzu nowych, zadziwiających wiadomości znajdujemy, iż najprostszym, najdokładniejszym, najnaturalniejszym sposobem tłumaczenia ich jest matematyka, to jest wyjaśnianie w kategoriach pojęć matematycznych; okazuje się więc prawdą, aczkolwiek w sensie nieco odmiennym od myśli Galileusza, iż „wielka księga Natury jest pisana językiem matematycznym“. Wobec tej prawdy, poza ma-

tematykiem nie pozostaje nikomu najmniejsza nadzieja zupełnego zrozumienia tych gałęzi nauki, które usiłują przeniknąć podstawową naturę wszechświata, a więc teorii względności, teorii kwantów i mechaniki falowej.

Cienie, rzucane przez rzeczywistość na ścianę naszego lochu, mogłyby być *a priori* różnorodnej natury, mogłyby one być dla nas absolutnie bez znaczenia, podobnie jak film kinematograficzny, przedstawiający wzrost tkanek pod mikroskopem, byłby bez znaczenia dla psa, zabłąkanego przypadkiem w sali odczytowej.

Ziemia nasza jest tak nieskończenie mała w porównaniu z całością wszechświata, my zaś, o ile wiemy dotychczas, jedyne myślące istoty w ogromie przestworzy, jesteśmy czemś tak pozornie przypadkowym, tak oddalonym od głównego jego nurtu, iż nieskończona dysproporcja pomiędzy naszymi ziemskimi zdolnościami postrzegania, a znaczeniem wszechświata jako całości wydaje się *a priori* przypuszczeniem aż nadto prawdopodobnym — w tym przypadku byłibyśmy pozbawieni wszelkiego oparcia w szukaniu punktu wyjścia dla zbadania istotnego znaczenia wszechświata.

Aczkolwiek powyższy przypadek wydaje się najbardziej prawdopodobnym, nie jest jednak niemożliwe, aby niektóre z cieni, rzucanych na ścianę lochu, nie miały przypominać nam pewnych przedmiotów i czynności, znanych tak dobrze nam — mieszkańcom tego lochu; cień padającego ciała zachowuje się podobnie, jak samo spadające ciało, mógłby więc przypominać nam ciała, upuszczone przez nas samych; skłonność do tłumaczenia takich cieni zapomocą pojęć mechaniki stanowi wytłumaczenie me-

chanistycznego kierunku fizyki ostatniego wieku: cienie przypominały naszym naukowym poprzednikom zachowania się galaret, bąków, korbowodów i trybów, wskutek czego, biorąc błędnie cienie za ciała rzeczywiste, uwierzyli oni w rozciągający się przed nimi wszechświat galaret i narzędzi mechanicznych.

Wiemy obecnie, iż podobna interpretacja jest najzupełniej niedokładna, nie jest ona bowiem w stanie wytłumaczyć najprostszych zjawisk, jako to rozchodzenia się promieni słońca, składu promieniowania, spadku jabłka lub wirowania elektronów w atomie.

Cienie partji szachów, rozgrywanej poza nami w świetle słońca, przypominałyby nam partje szachów, rozgrywanych przez nas w naszym lochu; od czasu do czasu moglibyśmy rozpoznać ruchy koni lub wież, poruszających się jednocześnie z królami i królowymi, albo i inne posunięcia, tak podobne do zjawiających się w naszej grze, iż trudnoby przypisać je prostemu przypadkowi. Nie uważalibyśmy już nadal zewnętrznej rzeczywistości za maszynę; pewne szczegóły działania jej mogą być mechaniczne, lecz w swej istocie będzie ona rzeczywistością myśli; we wspomnianych graczach rozpoznalibyśmy istoty, rządzące się rozumem, podobnie do nas samych, a w rzeczywistości, na zawsze niedostępnej naszym bezpośrednim obserwacjom, znaleźlibyśmy odpowiednik naszych własnych myśli. Gdy uczeni badają świat zjawisk, których cienie natura rzuca na ścianę naszego lochu, znajdują oni, iż owe cienie nie są nam całkowicie niezrozumiałe, ani też nie przedstawiają nam nieznanых i niezwykłych przedmiotów, wydaje im się raczej, iż możemy z łatwością

rozpoznać graczy, grających poza nami w świetle słońca, doskonale według wszelkiego prawdopodobieństwa obeznanych z przepisami gry sformułowanymi przez nas w naszym lochu.

Porzucając naszą przenośnię, możemy powiedzieć, iż natura wydaje się zaznajomiona gruntownie z temi regułami czystej matematyki, które matematycy nasi sformułowali w swych pracowniach z własnej wewnętrznej świadomości i bez jakiegokolwiek znaczniejszego oparcia na doświadczeniach ze świata zewnętrznego.

Za „czystą matematykę“ uważamy te działy matematyki, które są wytworem czystej myśli — rozumu, operującego jedynie w zakresie własnej sfery, w przeciwstawieniu do „matematyki stosowanej“, zajmującej się światem zewnętrznym, po uprzednim obraniu za swą podstawę i surowy materiał pewnych przypuszczalnych własności tego świata.

Descartes w poszukiwaniu wytworu myśli czystej, niezamąconej żadną obserwacją (racjonalizm), wybrał fakt koniecznej równości trzech kątów trójkąta dwu kątom prostym. Wiemy dziś, iż wybór ten był wyjątkowo niefortunny, z łatwością można było zrobić inny wybór, o wiele odporniejszy na wszelkie zarzuty, np. prawa prawdopodobieństwa, zasady operowania liczbami „urojonymi“, czyli liczbami, wyrażającymi pierwiastki kwadratowe z wielkości ujemnych, albo geometrię wielowymiarową. Wszystkie te działy matematyki zostały pierwotnie opracowane przez matematyków zapomocą oderwanych pojęć myślowych, całkowicie nieskażonych przez zetknięcie się ze światem zewnętrznym i nie czerpiących nic z do-

świadczenia; tworzyły one „niezależny w sobie świat stworzony z czystego rozumu“. Obecnie wylania się przeświadczenie, iż gra cieni, opisywana przez nas jako spadek jabłka na ziemię, przyływ i odpływ morza i ruch elektronów w atomie, wywołana jest przez aktorów, obeznanych gruntownie z temi czysto matematycznymi pojęciami — z naszymi prawidłami gry w szachy, ułożonemi na długo przed odkryciem, że cienie na ścianie również grają w szachy.

Przy wszelkich usiłowaniach odkrycia istoty rzeczywistości poza temi cieniami spotykamy się z faktem, iż wszelkie rozważania nad istotą natury wszechrzeczy muszą z konieczności pozostać jałowemi dopóty, dopóki nie rozporządzamy zewnętrzną podstawą porównania. Możemy z tego powodu powiedzieć, używając wyrażenia Locke'a, iż „istotna natura substancji“ jest dla nas raz na zawsze niepoznawalna; możemy jedynie posunąć się naprzód, rozważając prawa, rządzące przemianami substancji i wytwarzające tym sposobem zjawiska świata zewnętrznego, następnie zaś porównywać je z abstrakcyjnymi wytworami naszego własnego umysłu.

Oto np. głuchy inżynier, starający się zbadać działanie pianoli, usiłowałby początkowo wyobrazić ją sobie jako maszynę, uderzyłoby go jednak ciągle powtarzanie się interwałów 1, 5, 8 i 13 w ruchu jej młotków, natomiast głuchy muzyk, pomimo iż nic nie słyszy, rozpozna natychmiast w następstwie tych liczb interwały szeregu naturalnego, gdy tymczasem inne, rzadsze następstwa, przypomną mu inne akordy muzyczne; rozpozna on w ten sposób, jakieś pokrewieństwo między swemi własnymi

myślami, a myślami, których wynikiem była budowa pianoli i powie, że myśl muzyka była początkiem jej istnienia.

Powyższemu twierdzeniu nie uda się jednak uniknąć zarzutów dwojakiego rodzaju: po pierwsze, możnaby powiedzieć poprostu, że naciągamy naturę do naszych zgóry powziętych pojęć; oto muzyk tak jest zatopiony w muzyce, iż gotów on upatrywać cechy instrumentu muzycznego w jakimkolwiek mechanizmie, a nawyk myślowy doszukiwania się we wszystkich interwałach interwałów muzycznych jest w nim zakorzeniony do tego stopnia, że gdyby spadł ze schodów, uderzając się o schody oznaczone liczbą 1, 5, 8 i 13, to mógłby i w tym wypadku dopatrzeć się pewnej muzyki. Podobnie malarz-kubista nie widzi nic, prócz sześciątów w nieopisanem bogactwie natury, a zupełny brak rzeczywistości w jego obrazach wskazuje nam, jak daleki jest on od istotnego zrozumienia przyrody. Jego kubistyczne okulary są poprostu tylko okularami konia, uniemożliwiającymi mu ujrzeć czegoś więcej ponad drobny ułamek otaczającego świata. Możliwe więc równie dobrze powiedzieć, iż matematyk widzi świat jedynie przez szkła matematyczne, stworzone przez niego samego, chwila zastanowienia dowiedzie nas jednak, że sprawa nie zupełnie tak się przedstawia.

Nasi dalecy przodkowie próbowali wytłumaczyć naturę zapomocą pojęć antropomorficznych, stworzonych przez nich samych i spotkali się z zupełnem niepowodzeniem. Wysiłki bliższych przodków naszych, celem wytłumaczenia natury w ramach inżynierji, okazały się równie zawodne, a Natura nie dała się wtłoczyć do którejkol-

wiek z tych ludzkich form, natomiast próby wyrażenia istoty natury zapomocą pojęć czystej matematyki uwięzione zostały, jak dotychczas przynajmniej, olśniewającym wprost powodzeniem.

Nie ulega obecnie najmniejszej wątpliwości, iż natura zbliża się w jakiś sposób bardziej do pojęć czystej matematyki, aniżeli do pojęć biologji lub inżynierji, jeśli więc nawet matematyczna interpretacja jest tylko trzecim z kolei tworem umysłu ludzkiego, to jednakże daje nam ona nierównie wierniejszy obraz natury, niżeli oba poprzednie.

50 lat temu, w dobie gorącej dyskusji nad zagadnieniem porozumiewania się z Marsem, powzięto myśl powiadomienia przypuszczalnych mieszkańców tej planety o istnieniu myślących istot na naszej ziemi, nasuwała się jednak trudność znalezienia języka, zrozumiałego dla stron obu; wysunięto wówczas myśl, iż najbardziej odpowiednim byłby język czystej matematyki i zaproponowano, aby na Saharze zapalić szeregi ogni, tworzących wykres słynnego twierdzenia Pytagorasa, głoszącego, że suma kwadratów dwóch krótszych boków trójkąta prostokątnego, równa się kwadratowi najdłuższego boku. Dla większości mieszkańców Marsa znaki te byłyby oczywiście bez żadnego znaczenia, natomiast matematycy, o ile istnieją na Marsie, musieliby, jak twierdzono, rozpoznać w tych znakach wytwór matematyków ziemskich; oczywiście nie możnaby im wówczas zarzucić, że we wszystkim widzą tylko matematykę.

Tak samo, *mutatis mutandis*. ma się sprawa z sygna-

łami z zewnętrznego świata rzeczywistości, rzucającami cienie na ściany piwnicy, w której jesteśmy uwięzieni.

Odrzuciliśmy już poprzednio możliwość rozplanowania świata przez biologa lub inżyniera, a oto obecnie, sądząc z najistotniejszych objawów jego dzieła, Wielki Budowniczy wszechświata objawia nam się w postaci czystego matematyka.

Twierdzenie nasze może jednak ulec ponownemu atakowi na podstawie braku jakiejkolwiek ostro zarysowanej linii demarkacyjnej między matematyką czystą i stosowaną. Gdyby znaleziono, że natura działa zgodnie z pojęciami matematyki stosowanej, nie stanowiłoby to oczywiście żadnego dowodu dla naszych twierdzeń, pojęcia te bowiem zostały dowolnie i umyślnie wymyślone przez człowieka, w celu wyrażania działań natury; można by dalej zarzucić, że nawet nasza czysta matematyka nie jest w rzeczywistości wytworem naszego własnego umysłu a że jest ona jedynie pewnym wysiłkiem zrozumienia objawów natury, opartym na zapomnianych lub podświadomych wspomnieniach — w takim wypadku, fakt zgodności natury z prawami czystej matematyki nie zawierałby w sobie nic zadziwiającego. Nie można oczywiście zaprzeczyć, aby pewne z pojęć, które operuje czysty matematyk, nie były wzięte bezpośrednio z doświadczenia; takim oczywistym przykładem jest pojęcie ilości: jest ono jednakże tak podstawowym, iż trudno byłoby wyobrazić sobie jakikolwiek układ natury, wykluczający go w zupełności; inne pojęcia zapożyczają również przynajmniej coś nie coś z doświadczenia, np. geometria wielowymiarowa, wysnuta z doświadczenia trzech wymiarów

przestrzeni, jeśli natomiast zawilsze pojęcia czystej matematyki zostały zaczerpnięte z działań natury, to muszą one doprawdy tkwić niezmiernie głęboko w naszej podświadomości.

Ta sprzeczność możliwości nie może zostać całkowicie usunięta, jakkolwiek jednak rzecz się przedstawia, niepodobna jest zaprzeczyć, aby natura zarówno jak nasz świadomy umysł matematyczny nie działały zgodnie według i tych samych praw. Działanie jej nie odzwierciadla tego, co nam narzucają nasze nastroje i namiętności, jak również działania naszych mięśni i stawów: ale jest ona odzwierciedleniem działania naszych myślących mózgów. Twierdzenie to jest słusznem, niezależnie od faktu, czy to nasz umysł narzuca swe prawa naturze, czy też ona narzuca je naszym umysłom i upoważnia nas najzupełniej do wystawiania sobie autora planu wszechświata w postaci matematyka.

Osobiście sędzę, iż powyższy bieg myśli dałoby się posunąć o krok naprzód, aczkolwiek trudno jest wyrazić go ściśle znów w związku z faktem, że nasz ziemski słownik jest ograniczony wyłącznie do naszych ziemskich doświadczeń. Otóż czysty matematyk ziemski nie zajmuje się badaniem ciał materialnych, lecz badaniem czystej myśli; twory jego nie tylko, że zostały stworzone zapomocą myśli, ale i składają się z myśli, podobnie jak dzieła, stworzone przez inżyniera, składają się z maszyn. A pojęcia, które obecnie wydają się nam podstawowymi dla zrozumienia natury, jako to przestrzeń skończona i przestrzeń próżna, ujmująca różnicę pomiędzy dwoma punktami w samych tylko własnościach przestrzeni, przestrzenie cztero,

siedmio i wielowymiarowe, przestrzeń rozszerzająca się wiecznie, następstwo zdarzeń, podlegające prawu prawdopodobieństwa zamiast prawu przyczynowości, względnie następstwo, dające się opisać dokładnie i wyczerpująco jedynie przez wyjście poza czas i przestrzeń — wszystkie te pojęcia wydają mi się być tworam i czystej myśli, nie nadającami się najzupełniej do zrealizowania w jakikolwiek materialny sposób. Dodałbym do tego jeszcze inne, bardziej techniczne pojęcia, jako to „zasadę wyłączenia“, nasuwającą myśl o istnieniu pewnego rodzaju „działania na odległość“ w czasie i przestrzeni, tak jak gdyby każda cząstka wszechświata wiedziała o działaniu innych oddalonych cząstek i współdziałała razem z nimi.

Prawa, którym podlega natura, przypominają mi nietyle prawa, rządzące ruchem maszyny, ile raczej reguły, których przestrzega muzyk, komponujący fugę, lub poeta, piszący sonet, ruchy atomów i elektronów zaś nietyle ruchy poszczególnych części maszyny, ile ruchy tancerzy w kontredansie. A jeśli prawdziwa „istota substancji“ jest dla nas nazawsze niepoznawalna, to pozostaje bez różnicy, czy kontredans ten jest tańczony na sali balowej w rzeczywistym życiu, czy też na ekranie kinematografu, czy wreszcie w opowieściach Boccaccia.

Jeśli więc tak się dzieje w istocie, to wówczas obrazem wszechświata, aczkolwiek jeszcze bardzo niedokładnym i niedoskonałym, byłby byt, składający się z czystej myśli — myśli, którą w braku odpowiedniejszego słowa musimy określić jako myśl matematyka.

W dzwięczny i wspaniały sposób, właściwy ubiegłym

wiekom, biskup Berkeley streścił swą filozofję w następujący sposób:

„Wszystkie chóry niebios i całe urządzenie ziemi, słowem, wszystkie ciała, tworzące potężny gmach wszechświata nie miałyby żadnej rzeczywistości, gdyby nie umysł. Dopóki nie są one dostrzeżone przeze mnie, lub nie istnieją w myśli mojej, albo innego stworzonego ducha, to nie istnieją one wogóle wcale, lub też jedynie w umyśle jakiegoś Wiecznego Ducha“.

Wydaje mi się, iż współczesna nauka prowadzi nas, aczkolwiek całkiem odmienną drogą, do bardzo podobnego wniosku. Ze względu na nasz odmienny sposób podejścia do zagadnienia osiągnęliśmy najpierw ostatnią z trzech powyżej cytowanych możliwości, pozostałe zaś w porównaniu z nią wydają się być bez znaczenia, nie ma bowiem znaczenia, czy „przedmioty istnieją w myśli mojej lub jakiegokolwiek innego stworzonego ducha“, czy też nie istnieją, obiektywność ich bowiem wypływa z istnienia w umyśle jakiegoś Wielkiego Ducha.

Wszystko to mogłoby łatwo wywołać wrażenie, iż oto mamy zamiar odłożyć realizm zupełnie na bok, a na jego miejsce wynieść na tron wszechwładny idealizm, jednak mojem zdaniem takie mniemanie byłoby zbyt powierzchownem. Jeśli prawdą jest, że „istota substancji“ jest niepoznawalna, wówczas linja demarkacyjna pomiędzy realizmem, a idealizmem zaciera się niemal w zupełności, staje się ona conajwyżej zabytkiem minionych czasów, kiedy to rzeczywistość uważano za identyczną z mechanizmem. Rzeczywistość obiektywna istnieje, ponieważ pewne rzeczy działają na twoją i moją świadomość w jednakowy sposób, ale przyjmujemy coś, czego

nie mamy prawa przyjąć, gdy nadajemy mu nazwę „realny“ lub „idealny“, właściwem mianem byłoby, jak sądzę, „matematyczny“, z zastrzeżeniem, że obejmuje ono całość czystej myśli, nie zaś wyłącznie studja zawodowego matematyka. Podobne określenie nie zmierza więc ku zupełnemu wyjaśnieniu istoty rzeczy, ale raczej ku stwierdzeniu ich zachowania się.

Obrane przez nas określenie nie spycha jednakże materji do kategorii snów i ułud; materialny wszechświat pozostaje i nadal substancjalnym, jak był nim dotąd, a twierdzenie to musi, jak sądzę, ostać się poprzez wszelkie zmiany myśli naukowej czy filozoficznej, pojęcie substancji bowiem jest pojęciem czysto myślowem, mierzącem bezpośredni efekt przedmiotów na nasz zmysł dotyku. Mówimy, że kamień lub samochód jest substancją, gdy tymczasem echo lub tęcza nią nie jest; taka jest poprostu definicja tego słowa, a twierdzenie, iż kamienie lub samochody mogą wskutek skojarzenia ich raczej z myślami i wzorami matematycznymi lub z wygięciem w pustej przestrzeni, niżeli z tłumami twardych cząstek, stać się niesubstancjalnymi lub mniej substancjalnymi, jest samo w sobie sprzecznością i absurdem.

Opowiadają, iż d-r Johnson wyraził swą opinię o filozofji Berkeleya, trącając nogą o kamień i mówiąc: „Nie, Sir, oto obalam ją w ten sposób“. To małe doświadczenie nie miało oczywiście najmniejszego znaczenia dla filozoficznego zagadnienia, które w ten sposób jakoby chciało rozwiązać, a było poprostu tylko sprawdzeniem substancjalności materji, niezależnie zaś od postępu nauki kamienie zawsze pozostaną ciałami substancjalnymi, po-

nieważ one i im podobne przedmioty tworzą podstawę do określenia pojęcia substancji.

Ktoś powiedział, iż może w istocie udałoby się Johnsonowi obalić filozofję Berkeleya, gdyby kopnął przypadkiem nie kamień, lecz kapelusz, do którego jakiś psotny malec włożył poprzednio cegłę. Według wyrażenia Piotra Chalmersa Mitchella „pierwiastek zdziwienia jest dostatecznym dowodem istnienia zewnętrznej rzeczywistości“, a „drugim dowodem jest stałość ze zmianami — stałość w naszej własnej pamięci, zmiany w warunkach zewnętrznych“. Obala to oczywiście solipsyzm, iż „wszystko to jest wytworem mego umysłu i nie istnieje w żadnym innym umyśle“, ale wogóle trudno byłoby uczynić w życiu cośkolwiek, coby nie obalało również takiego pojęcia. Dowód, wynikający ze zdziwienia albo z nowych wiadomości, jest bezsilny wobec koncepcji wszechogarniającego umysłu, którego poszczególne nasze umysły, t. j. umysł zadziwiającego lub umysł zadziwionego są pojedyńczemi jednostkami lub nawet wyrostkami, podobnie jak każda indywidualna komórka mózgowa nie może zapoznać się z ogółem myśli, przebiegających przez całość mózgu.

Jednakże fakt, iż nie rozporządzamy absolutną, zewnętrzną podstawą dla mierzenia substancjalności, nie wyklucza powiedzenia, iż dwie rzeczy mogą posiadać ten sam lub różny stopień substancjalności. Jeśli we śnie kopnę kamień, to obudzę się prawdopodobnie z bólem w nodze, stwierdzając przytem, że kamień ten był tylko i wyłącznie wytworem mego umysłu, a został spowodowany nerwowym impulsem w mej nodze. Kamień ów może stanowić wzór dla kategorii hallucynacji i snów,

gdyż jest on bezwątpienia mniej substancjalnym od wspomnianego powyżej kamienia Johnsona. Wytwory indywidualnego umysłu nie bez racji mogą być uważane za mniej substancjalne, niżeli twory umysłu uniwersalnego; podobnie musimy wprowadzić pewne rozróżnienie pomiędzy przestrzenią we śnie, a przestrzenią w życiu codziennym, która, wspólna dla nas wszystkich, jest przestrzenią tego umysłu. Tosamo również dotyczy i czasu na jawie, płynącego dla nas wszystkich z jednakową szybkością, możemy wreszcie uważać prawa, rządzące zjawiskami po naszym obudzeniu się ze snu, t. zw. prawa natury, za prawa myśli uniwersalnego umysłu. A cała jednolitość natury przemawia za zgodnością w sobie owego umysłu.

Koncepcja wszechświata, jako świata czystej myśli, rzuca nowe światło na wiele sytuacji, napotkanych przez nas podczas naszego przeglądu fizyki współczesnej. Widzimy obecnie, w jaki sposób eter, mieszczący w sobie ogół zjawisk wszechświata, mógł zostać sprowadzony do pewnej abstrakcji matematycznej, tak oderwanej i tak matematycznej, jak równoleżniki i południki. Widzimy również, dlaczego energja, ten podstawowy element wszechświata, musiała być traktowaną jako abstrakcja matematyczna, — stała całkowania w równaniu różniczkowym.

W tej koncepcji leży również przeświadczenie, iż ostateczna prawda każdego zjawiska tkwi w jego opisie matematycznym; a dopóki nie zachodzi w nim jakaś niedokładność, dopóty wiedza nasza o danym zjawisku jest zupełna. Wychodząc poza wzory matematyczne, czynimy to

na nasze własne ryzyko; możemy wprowadzić znaleźć model lub obraz, pomocny nam dla zrozumienia pewnego zjawiska, ale spodziewać się go nie mamy żadnego prawa, niemożność zaś znalezienia takiego modelu lub obrazu nie świadczy bynajmniej o fałszywości naszego rozumowania lub naszej wiedzy.

Tworzenie obrazów lub modeli dla wytłumaczenia wzorów matematycznych i zjawisk, opisywanych przez nie, nie jest bynajmniej krokiem naprzód, lecz wstecz od rzeczywistości; jest ono czemś w rodzaju rzeźbienia postaci ducha, a oczekiwanie zgodności pomiędzy różnymi modelami jest równie nierozsądne, jak wymaganie, aby np. wszystkie posągi Hermesa, przedstawiające tego boga w jego najróżnorodniejszych czynnościach, jako zwiastuna, posła, muzyka, złodzieja i t. d. były do siebie podobne. Niektórzy powiedzą, że Hermes jest wiatrem: wówczas wszystkie jego przymioty, zawarte są w matematycznym opisie, stanowiącym ni mniej, ni więcej, tylko równanie ruchu ściśliwej cieczy; matematyk będzie wiedział, w jaki sposób z tego równania trzeba wybrać różne postacie, obrazujące przenoszenie i zwiastowanie zleceń, wytwarzanie tonów muzycznych, zdmuchiwanie kawałków papieru i t. d.; nie będzie on potrzebował posągów Hermesa dla przypomnienia sobie tych własności, aczkolwiek, gdyby miał się opierać na statuach, potrzebaby mu było całego ich szeregu i to różnych jednej od drugiej. W ten sam sposób fizyk matematyczny pracuje gorliwie nad rzeźbieniem obrazów pojęć mechaniki falowej.

Krótko mówiąc, wzór matematyczny nie może nam nigdy powiedzieć, czym jest dana rzecz, a tylko, jak się

ta rzecz zachowuje; może on określić jakiś przedmiot jedynie zapomocą jego własności, a mało jest prawdopodobne, aby ostatnie miały *in toto* zgadzać się z własnościami jakiegokolwiek makroskopowego przedmiotu z naszego codziennego życia.

Taki punkt widzenia uwalnia nas od wielu trudności i pozornych sprzeczności fizyki dzisiejszej; nie potrzebujemy już rozważać, czy światło składa się z cząstek, czy z fal i z chwilą znalezienia wzoru matematycznego, opisującego dokładnie jego zachowanie się, wiemy wszystko, cokolwiek wogóle o niem wiedzieć można, wówczas zaś wolno nam uważać je, bądź za cząstki, bądź za fale, zależnie od naszego upodobania i wymagań chwili. W wypadku uważania światła za fale, możemy, jeśli nam się tak spodoba, wyobrazić sobie, że przenosi je eter; eter ten będzie z chwili na chwilę ulegał zmianie, widzieliśmy bowiem, jak zmieniał się on w momencie zmiany szybkości naszego ruchu; podobnie nie potrzebujemy już dalej rozważać, czy system fal grupy elektronów istnieje w trójwymiarowej, czy też wielowymiarowej przestrzeni, czy też wreszcie nie istnieje on wcale. Istnieje on w pewnym wzorze matematycznym i tylko wzór ten i nic więcej wyraża nam istotną rzeczywistość, możemy zaś uważać go za reprezentujący fale w trzech, sześciu lub więcej wymiarach, jak nam się żywnie podoba; możemy równie dobrze uważać, iż nie jest on wcale wyrazem fal, naśladując w ten sposób Heisenberga i Diraca. Najprostsze wyjście stanowi wyobrażenie sobie fal w przestrzeni o trzech wymiarach dla każdego elektronu, podobnie jak najprostsze jest pojmowanie makroskopowego wszech-

świata w postaci szeregu przedmiotów w trzech wymiarach, a zjawisk, jako szeregu zdarzeń w czterech wymiarach; żadna jednak z tych interpretacji nie posiada cechy wyłącznej lub absolutnej pewności.

Według powyższego poglądu nie należy doszukiwać się żadnej tajemnicy w obrazie, toczącego się kontaktu, pomiędzy naszą świadomością i tą pustą bańką mydlaną, którą zwiemy czasem-przestrzenią, gdyż sprowadza się on poprostu do zetknięcia się umysłu z jego własnym wytworem, podobnie jak przy czytaniu książki lub słuchaniu muzyki. Nie potrzeba chyba dodawać, że według tego stanu rzeczy pozorna przestronność i pustka wszechświata, zarówno jak nasze nic nie znaczące na nim stanowisko, nie powinny wywoływać ani zdumienia, ani troski. Nie przerażamy się rozmiarem struktur, które są wytworem naszych własnych myśli, lub które inni tworzą, lub je nam opisują. W opowiadaniu du Maurier'a Peter Ibbetson i księżna Towers nie przestają budować w swych marzeniach olbrzymich pałaców i ogrodów, które, rosnąc i przybierając coraz to potężniejsze kształty nie wzbudzają w swych twórcach najmniejszego przerażenia. Ogrom wszechświata powinien wzbudzać i w nas raczej zadowolenie, niżeli grozę, albowiem nielada miasta jesteśmy mieszkańcami. Z drugiej strony nie potrzebujemy zastanawiać się nad skończonością przestrzeni, nie odczuwamy wszak najmniejszej ciekawości w stosunku do tego, co leży poza obrębem czterech ścian, zamykających podczas snu pole naszego widzenia.

To samo dotyczy i czasu, któremu, podobnie jak przestrzeni, musimy przypisać skończone rozmiary. Kreśląc

bieg czasu zpowrotem w przeszłość, napotykaemy liczne wskazówki, naprowadzające nas na przypuszczenie, że w końcu tej długiej wędrówki musimy dojść do źródła, t. j. do chwili, w której obecny wszechświat jeszcze nie istniał. Natura boczy się na perpetuum mobile i *a priori* wydaje się nieprawdopodobnem, aby wszechświat miał w wielkiej skali dostarczyć nam przykładu mechanizmu przed którym sam się wzdryga; drobiazgowo rozpatrywanie natury potwierdza to mniemanie, nauka termodynamiki tłumaczy nam bowiem, w jaki sposób wszystko w naturze dąży do stanu końcowego przez proces, zwany „wzrostem entropji“. Entropja musi stale wzrastać, nie może ona zatrzymać się, dopóki nie urośnie do tego stopnia, że dalszy wzrost staje się niemożliwym; po osiągnięciu tego stanu, dalszy postęp stanie się niepodobieństwem i wszechświat musi zamrzeć. Jeśli więc cała ta gałąź nauki nie polega na błędzie, to natura pozwala sobie dosłownie na dwie tylko alternatywy: postęp lub śmierć, a jedyny dopuszczalny spoczynek jest spoczynkiem w grobie. Obecnie entropja wszechświata nie osiągnęła jeszcze swego końcowego maximum — nie byłoby możliwem oczywiście myśleć wówczas o tem; wzrasta ona jeszcze stale, musiała więc mieć swój początek, a fakt, który zwiemy stworzeniem musiał istnieć i to bynajmniej nie w nieskończenie dalekiej przeszłości.

Jeśli wszechświat jest światem myśli, to i stworzenie jego musiało być również aktem myślowym. W rzeczy samej, skończoność czasu i przestrzeni zniewala nas do wystawiania sobie aktu stworzenia w postaci aktu myśli, óznaczenie zaś stałych, w rodzaju promienia wszechświata

lub liczby elektronów w nim zawartych zawierają w sobie pojęcie myśli, której bogactwo mierzymy ogromem tych wielkości, a czas i przestrzeń tworzące oprawę myśli, musiały tedy powstać jako część tego aktu. Pierwotne kosmologie malowały Stwórcę, działającego w czasie i przestrzeni, kującego słońce, księżyc i gwiazdy z istniejącego już surowego materiału; współczesne teorie naukowe zniewalają nas do wyobrażania sobie Stwórcy, działającego poza obrębem czasu i przestrzeni, stanowiących część jego dzieła, na podobieństwo artysty, znajdującego się poza swem płótnem. „Non in tempore sed cum tempore finxit Deus mundum“. Nauka ta sięga wstecz aż do Platona:

„Czas i niebiosy zostały powołane do istnienia w tej samej chwili, ażeby, w razie gdyby miały zginąć, mogły zginąć razem; taka była wola i myśl Boga przy stworzeniu czasu“.

A jednakże tak niewiele rozumiemy istotę czasu, iż, być może, winniśmy przyrównać cały jego bezmiar do aktu stworzenia, do materjalizacji myśli.

Możnaby tu zarzucić, iż całe nasze dowodzenie jest oparte na przekonaniu, że obecna matematyczna interpretacja wszechświata jest do pewnego stopnia jedyną i okaże się ostateczną. Streszczając użytą przez nas przenośnię, możnaby powiedzieć, iż sposób opisywania rzeczywistości w postaci gry w szachy jest jedynie wygodnem wyobrażeniem, wiele zaś innych wyobrażeń mogłoby równie dobrze oddać nam ruchy cieni na ścianie. W odpowiedzi na ten zarzut powiemy, iż wszelkie inne wyobrażenia, przynajmniej przy dzisiejszym stanie wiedzy, nie są zdolne przedstawić wspomnianych ruchów równie dokładnie, prosto i właściwie.

Człowiek, nie umiejący grać w szachy, mówi: „kawałek białego drzewa, wyrzeźbiony na podobieństwo końskiej głowy, ustawionej na podstawce, został wzięty z dolnego kwadratu, odległego o jeden od prawego rogu szachownicy i przeniesiony tam a tam...” i t. d., grający w szachy zaś powie: „białe: Sg1—f3“, a orzeczenie jego nie tylko tłumaczy ruch krócej i dokładniej, ale sprowadza go również do szerszego schematu.

W nauce, dopóki wiedza nasza jest niezupełna, najprostsze tłumaczenie przekonywa nas współmiernie do swej prostoty; posiada ono nie tylko zalety prostoty, ale ponadto największe prawdopodobieństwo rzeczywistego tłumaczenia rzeczy. Jeśli tedy nie można z całą pewnością przyjąć, że tłumaczenie matematyczne istotnie okaże się najprostszym i ostatecznym, to jednak możemy bezwątpienia powiedzieć, iż jest ono najprostszym i najdokładniejszym ze wszystkich podanych dotychczas i posiada największe szanse tłumaczenia najbardziej zbliżonego do prawdy. Niektórzy czytelnicy nie zgodzą się z tem zapatrywaniem, opierając się na przekonaniu, że dzisiejsza matematyczna interpretacja natury może się łączyć i okazać stadjum przejściowym do nowej interpretacji mechanicznej. Współczesne umysły mają, jak sądzę, specjalną skłonność do ostatecznej; częściowo winne jest temu nasze pierwsze wykształcenie naukowe, częściowo codzienna obserwacja przedmiotów o charakterze mechanizmów, w rezultacie czego tłumaczenie wszystkiego zapomocą mechaniki wydaje się nam naturalnem i łatwo zrozumiałem. Przy obiektywnej ocenie sytuacji oczywiste fakty zdają się jednak wykazywać, że mechanika wystrzeliła już swoje

największe pociski i zawiodła sromotnie zarówno na polu nauki, jak i na polu filozofji. Jeśli więc cokolwiek jest przeznaczone do zastąpienia matematyki, to mechanika zdaje się mieć specjalnie słabe po temu widoki.

Zbyt często zapomina się o tem, że możemy te wszystkie zagadnienia rozważać jedynie pod kątem prawdopodobieństwa. Uczony przywykł już do zarzutów, że zmienia on co chwila swoje poglądy, zarówno jak do lekkich napomnień, że zdania jego nie należy brać zbyt na serio. Nie słuszne jest jednak czynienie mu zarzutu z tego, iż, badając rwące nurty wielkiej rzeki, wpada on od czasu do czasu w jakąś odnogę, zamiast płynąć nieprzerwanie głównym prądem, żaden bowiem badacz nie może być pewnym, że odnoga jest tylko odnogą, dopóki nie przepłynie jej do końca. Nierównie ważniejszą sprawą, wymykającą się kontroli każdego badacza, są ciągle zakręty rzeki, płynącej to ku zachodowi, to ku wschodowi. W pewnej oto chwili badacz nasz myśli: „płynę z prądem ku zachodowi a więc Ocean rzeczywistości leży najprawdopodobniej w kierunku zachodnim“, a już po chwili, gdy rzeka skręciła ku wschodowi twierdzi: „wydaje mi się obecnie, że rzeczywistość leży raczej na wschodzie“. Żaden z uczonych, którzy przeżyli ostatnich lat 30, nie jest nastrojony zbyt dogmatycznie zarówno co do przyszłego biegu prądu wiedzy, jak i co do kierunku, w którym leży rzeczywistość; wie on dobrze ze swego własnego doświadczenia, że rzeka nie tylko rozszerza się stale, ale i zakręca ustawicznie i po wielu rozczarowaniach przestał on mniemać za każdym zakrętem, iż oto znajduje się w obecności:

„szumu i woni nieskończonego morza“.

Mając na uwadze powyższe zastrzeżenie, wydaje się, iż w ostatnich kilku latach strumień wiedzy wykonał ostry zakręt; 30 lat temu myśleliśmy lub przyjmowaliśmy, że płyniemy oto ku rzeczywistości czysto mechanicznego typu; wydawała się nam ona przypadkową mieszaniną atomów, przeznaczonych do wykonywania przez chwilę bezmyślnych tańców pod wpływem ślepych i bezcelowych sił i do ostatecznego zastygnięcia w formie zamarłego świata. A przez jakąś grę tychże samych ślepych sił wpadło też wypadkiem życie do tego czysto mechanicznego świata. Jakiś mały zakątek, a może i kilka zakątków tego świata atomów zyskały przypadkiem na krótką chwilę świadomość siebie, ale ostatecznem przeznaczeniem ich było ulec zamarznięciu pod wpływem tychże samych ślepych sił mechanicznych i pozostawić za sobą znów świat, pozbawiony śladu życia.

W chwili obecnej zaczyna się zarysowywać powszechna zgodność poglądów, dochodząca w dziedzinie fizyki wprost do jednomyślności, a wyrażająca się w mniemaniu, iż strumień wiedzy płynie ku rzeczywistości niemechanicznej, wszechświat zaś zaczyna się nam objawiać raczej w postaci wielkiej myśli, niż wielkiej maszyny.

Umysł nie wydaje się już przypadkowym intruzem w dziedzinie materji, przeciwnie zaczynamy podejrzewać, iż należałoby go przywitać jako stwórcę i kierownika jej królestwa — oczywiście nie nasz indywidualny umysł, lecz ten, w którym atomy, będące składnikami naszych umysłów, tkwią jako jego myśli.

Nowe kierunki nauki skłaniają nas do rewizji naszego pierwszego, przedwczesnego wrażenia, że wpadliśmy do

wszechświata, będącego dla życia obojętnym, albo wprost otwarcie dlań wrogim. Dawny dualizm materji i ducha, ponoszący główną odpowiedzialność za owo rzekomo wrogie stanowisko, zdaje się ustępować, nie dlatego jednakże, aby materja miała przybrać charakter cienia lub czegoś niematerjalnego, albo żeby duch zeszedł do roli funkcji działającej materji, lecz dlatego, że sama materja okazała się poprostu wytworem i manifestacją ducha. Odkrywamy obecnie, iż wszechświat daje dowody istnienia potęgi, wyznaczającej i kontrolującej, a mającej coś wspólnego z naszym indywidualnym umysłem, wprawdzie, o ile wiemy dotychczas nie w dziedzinie wzruszeń, moralności albo uczuć estetycznych, ale w sposobie myślenia, który to sposób — w braku lepszego słowa — określamy, jako matematyczny; a gdy tymczasem liczne objawy wydają się być wrogimi dla materjalnego podścieliska życia, wiele znów innych zdaje się działać na jego korzyść. Nie jesteśmy więc, jak to myśleliśmy poprzednio, obcymi, lub intruzami we wszechświecie. Owe bezwładne atomy, leżące w praszlamie, pierwsze atomy, dające niewyraźne oznaki życia, zbliżały się więc raczej do zasadniczej natury wszechświata, nie zaś odbiegały od niej. Do takiego oto przekonania skłaniamy się obecnie, a jednak, kto wie, ile zakrętów jeszcze zrobi strumień wiedzy? I mając to na uwadze możemy zakończyć twierdzeniem, które powinno być właściwie uzupełniać każdy paragraf niniejszej książki, a mianowicie, że wszystko, co powiedzieliśmy powyżej, każdy wniosek, wysunięty w formie próby, jest, szczerze mówiąc, najzupełniej niepewnym i spekulatywnym. Spróbowaliśmy tylko rozważyć, czy też dzisiejsza

nauka ma coś do powiedzenia o zawitych zagadnieniach, które może nazawsze pozostać niedostępne dla ludzkiego umysłu. Nie możemy jednak dufać, aby danem nam zostało ujrzeć cośkolwiek więcej ponad słabe światło, a może nawet i ono było tylko złudzeniem, bo nie ulega wszak wątpliwości, że ponad siły wzrok nasz wyteńczyć musieliśmy, aby wogóle coś ujrzeć. Toteż nie możemy powiedzieć, aby nauka dzisiejsza miała zwiastować nam jakąś wielką nowinę; może wręcz przeciwnie należałoby stwierdzić, iż nauce nie wolno jest niczego zwiastować i przepowiadać; wszak strumień wiedzy zbyt już często zawracał w swym biegu.



S K O R O W I D Z A B E C A D Ł O W Y

(Cyfry oznaczają stronicę)

A

Aberacja światła 84
Antropomorfizm 14
Atomy (budowa) 10, 50, 51,
55, 56, 58
Azot 10
Bach 22

B

Berkeley 139, 140, 141
Boccaccio 128
Bohr N. 126
Brace D. B. 90
Bragg W. 42
British Museum 8
Bromek srebra 52
Bruggencate 70, 71

C

Cameron G. H. 76
Cel istnienia 16
Ciężenie 23
— prawo 51
Ciepło 53
Ciśnienie grawitacyjne 51
Compton A. H. prof. 41, 42, 70
Continuum 104—108, 114—
—116, 126—127
Czas (istota jego) 34—35, 115
Cząsteczki 11, 51
Czerwienienie światła 70, 71
Człowiek pierwotny 16
Czysta matematyka 132
Czwarty wymiar 34

D

Darwin C. R. 11
Dauvillier A. 46
Davisson C. J. 45
De Broglie Louis 44, 128
Demokryt 50
Dempster A. J. prof. 47
Descartes 83, 132
de Sitter W. prof. 66, 67, 69
Determinizm 31, 33—34
Dirac P. A. M. 125, 128, 144
Długość fali 40, 46
Doppler
— zasada 69
Droga Mleczna 9, 76
Dualizm 151
Dwutlenek wodoru 11, 52
Dyfrakcja 39, 47
Dźwięk 53

E

Eddington Sir A. S. 107, 115
Einstein A. 24, 28, 56—59,
65—67, 91—93, 100—101,
113—114
Elektrony 41, 43, 45, 46, 55,
58, 122
Emisja promieniowania 60
— światła 28
Energja 52
— ciepła 53
— dźwięku 53
— elektryczna 53
— mechaniczna 53

Energja ruchu 53
Entropja 146
Eter 82—116, 122
— świetlny 84

F

Fale
— elektronowe 124
— światła 39—40
— układ 45
Faraday M. 56, 58, 84, 106
Filozofja atomistyczna 50
Fitzgerald G. F. 89, 97
Fizyka współczesna 19
Fotografja 52
Fotony 40, 74
— niepodzielność 42
Fresnel A. 43

G

Galileusz 11, 129
Gasnące słońce 5—18
Germer L. H. 46
Grawitacja 64, 96, 97
Gwiazdy
— waga 62
— życie 62

H

Heisenberg W. prof. 30,
125—126, 128, 144
Hel 78
Helmholtz H. von 21
Hipoteza światła mechanicz-
nego 100
Hipotezy robocze 54
Hubble E. 67
Hull G. F. 59
Humason 67
Huyghens C. 84
Huxley T. H. 8

I

Idealistyczne teorje 22
inercja 51
Interwały muzyczne 133—134
Istota substancji 139

J

Jednolitość natury 43
Johnson d-r 140
Joule J. P. 53

K

Kąt padania światła 36
— załamania światła 36
Kelvin Lord 21
Kierunek mechanistyczny 131
Kikuchi S. 46
Kobalt 13
Komórka żywa 10
Koniec życia na ziemi 17
Kopernik 88
Korpuskularna teorja światła
35—37, 43
Krokiet 101—102
Krzywizna przestrzeni 63
Ksenon 79
Kwantów teorja 23

L

Laue M. von 42
Lavoisier A. L. 52
Lebedew P. 59
Leibnitz G. W. 123
Lemaître ks. G. 65, 66
Liczby urojone 132
Linje sił 58
— światowe 118—120
Locke John 133
Lodge Oliver Sir 107
Lorentz H. A. 89, 90, 97
Lukrecjusz 50, 51

M

Magnetyzm 13
Malarz-kubista 134
Mars (planeta) 135
Masa ciała 51
— energetyczna elektronu
72
— spoczynkowa 56, 72
Mc. Lennan J. C. 26
Matematyka 129
— czysta 132, 135
— stosowana 132
Materia 49, 65—81
— zanik 73
Maurier 145
Maxwell J. Clerk 21, 56—59,
84, 106, 110
Mechanika falowa 38—39, 44,
79, 128, 130, 149
Mechanistyczny światopogląd
21—22
Meteory 61
Meteoryty 61
Mgławice spiralne 67
Michał Anioł 22
Michelson-Morley 86—88,
90—91
Millikan R. A. 75—76, 78—79
Minkowski H. 101, 104, 113
Mitchell Chalmers Piotr 141
Mocznik 12
Monady 123
Mosharrafa A. M. 80

N

Newton Sir Isaac 20, 22, 35—
—36, 51, 52, 54, 85, 92, 94,
96, 99, 109, 113, 114
Nichols E. F. 59
Niedziałki (atomy) 51
Niepewność
— zasada 125

Niepodzielność fotonów 42
Niewyznaczalność wiedzy 125
Nikiel 13
Oddalanie się mgławic 71

O

Okkam Wilhelm 99
Ozon 11

P

Perpetum mobile 91
Pianola 133
Pierścienie dyfrakcyjne 38
— interferencyjne 38
Planck Max prof. 23
Platon 121, 129, 147
Pojęcia antropomorficzne 134
Poynting J. H. prof. 111
Prawdopodobieństwo 26
Prawo ciężenia 20, 51, 97
— prawdopodobieństwa
132
— przyczynowości 20, 24,
33—34, 49, 129
— termodynamiki 17,
— zachowania energii 50—
—52, 77
— — masy 50—52, 77
— — materji 49—50, 52,
77
Promienie kosmiczne 27, 75
— X 26—27, 41, 75
Promień świetlny 35
Promieniotwórczość 13
Promieniowanie 23, 41, 49,
56, 65—81, 117, 122 131
— ciśnienie 59
— kosmiczne 78
— pozafiolkowe 75
Protony 43, 56
Pryzmat 39
Przestrzeń 8, 115, 137—138

— czterowymiarowa 101
 — krzywizna 63
 — trójwymiarowa 101
 — wielowymiarowa 122—
 —123
 — wymiary 15
 Przeznaczenie 29
 Przyczynowość 24, 49
 Przypadek 8
 Przypadkowość 14
 Pytagoras 135

R

Racjonalizm 132
 Rad 24
 Rayleigh lord 90
 Rdzewienie żelaza 51
 Recesja 71—72
 Rozkład atomów 41, 129
 Rozpad atomów 24—25
 — samorzutny 26
 Rozszczepianie światła 42
 Ruch 52
 Rupp E. 46
 Rutherford Sir E. 26, 56
 Rzeczywistość niemechan-
 styczna 150

S

Salisbury lord 82
 Schrödinger E. 44, 123, 128
 Shapley H. 61
 Siła grawitacji 64, 114
 — żywotna 12
 Składniki ciała żyjącego 10
 Skon ciepła 17
 Słońce gasnące 5—18
 Soddy F. 26
 Spokój absolutny 93
 Stała h Plancka 32
 Strefa możliwości życia 9
 Struktura wszechświata 79

Stworzenie wszechświata 10
 Stwórca wszechświata 13—14
 Synteza chemiczna 12
 Szczeniowski 46
 Szybkość mgławic 71
 Śmiertelność atomów 28
 Świadomość 121
 Światło (fale) 39—40
 — gwiazd 76
 — mgławic 68
 — waga 52
 Światopogląd mechanistyczny
 21—22
 Św. Paweł 22

T

Temperatura 9
 — słońca 6
 — wnętrza słońca 72
 Teoria grawitacji 96
 — Einsteina 24
 — kwantów 23, 35, 40, 129
 — światła korpuskularna
 — 35—37
 — undulacyjna 43
 Teoria względności 34, 56,
 63—64
 — 129

Thomson G. P. prof. 46
 Thomson J. J. 54, 55, 124
 Timaeus 121
 Tlen 10, 11
 Trouton F. T. 90
 Twierdzenie Newtona 33
 — — słuszność 44

U

Układ fal 45
 Unicestwienie materji 73

W

Waga światła 52
 Waterston J. J. 21

Z

Załamanie się światła 35—36
 Zanik materji 73
 — protonów i elektronów 76
 — wszechświata 78
 Zasada Dopplera 69
 — niepewności 125
 — niewyznaczalności 30
 — względności 99
 Zero absolutne 9
 Znikomość życia 15
 Zwicky F. d-r 70, 71

Ż

Żelazo 13
 Życia znikomość 15
 Życie 10
 — gwiazd 62
 — powstawanie 67

Weyl H. 115, 121
 Węgiel 10, 11, 12
 Widmo światła 39—40
 Wiek gwiazd 68, 76
 Woda 11
 Wodór 10, 11
 Wola 33
 Wöhler 12
 Wszechświat (ogrom) 7
 — cykliczny 77
 — jako czysta myśl 142
 Wymiar czwarty 34
 Względności teoria 56, 63—
 —64, 82—116
 Wzór matematyczny 143

X

X promienie 26—27

V

Young Tomasz 43, 84—85



SPIS RZECZY:

PRZEDMOWA	Str. 1
ROZDZIAŁ PIERWSZY	
Gasnące słońce	5
ROZDZIAŁ DRUGI	
Nowy świat fizyki współczesnej . .	19
ROZDZIAŁ TRZECI	
Materja i promieniowanie	49
ROZDZIAŁ CZWARTY	
Względność i eter	82
ROZDZIAŁ PIĄTY	
W przepastne głębiny	117
SKOROWIDZ	153



3509



3509

