BIBLIOTEKA WIEDZY

SIR JAMES JEANS

# NOWY ŚWIAT FIZYKI

TRZASKA, EVERT I MICHALSKI

№ 40234

# NOWY ŚWIAT FIZYKI

Sir J. H. Jeans

BIBLIOTEKA WIEDZY TOM 3

SIR JAMES JEANS

# NOWY ŚWIAT FIZYKI

z 7 ilustracjami

Z ORYGINAŁU ANGIELSKIEGO
PRZEŁOŻYŁ
DR A. DMOCHOWSKI

WYDANIE DRUGIE UZUPEŁNIONE

BIBLIOTEKA
Państwowego Liceum Pedagogicznego
w GLIWICACH

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

TYTUŁ ORYGINAŁU
THE MYSTERIOUS UNIVERSE

Jean Kuny
405
53

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

P 5
SI 18493

001:53:520|524

DRUKARNIA NARODOWA W KRAKOWIE

TABLICA I

Gromada mgławic w Warkoczu 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 astronomii i fizyki wywołać muszą olbrzymi przewrót w zapatrywaniach naszych, zarówno na wszechświat jako całość, jak i na znaczenie życia ludzkiego. Ostateczny wynik zagadnienia należy oczywiście przede wszystkim do dziedziny filozofii, 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; niejednokrotnie nawiedzały mię przy tym 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 wyszkolenia, 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 filozoficznego zagadnienia.

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

Przystępując do drugiego wydania, dołożyłem wszelkich starań, celem dostosowania treści naukowej, zawartej w czterech pierwszych rozdziałach, do najnowszego poziomu wiedzy, oraz usunięcia z moich wywodów wszelkich zawiłości. Z przykrością, bowiem, stwierdziłem, iż niektóre ustępy, zawarte w oryginalnym wydaniu stały się przyczyną pewnych nieporozumień, mylnych interpretacyj, i komentarzy równie błędnych, jak niespodziewanych. Kilka z tych ustępów usunąłem, inne znów poprawiłem, lub rozszerzyłem. Tu i ówdzie dodałem nowe zdania, nieraz nowe stronice, w nadziei, iż dowodzenia moje zyskają przez to na przejrzystości.

*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 podziemnym, do skały podobnym mieszkaniu, mającym rozwarte ku światłu wejście, ciągnące się bez przerwy wzdłuż całej jaskini; tutaj przebywają oni od swego dziecięctwa 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, posągi kamienne, drewniane, różne dzieła sztuki, przedstawiające ludzi i inne stworzenia.

*Glaukon.* — O dziwnym 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 przesuwające się przed nimi cienie nazwali tak samo, jak przenoszone przedmioty.

*Glaukon.* — Słusznie.

*Sokrates.* — Więc ci ludzie w ogóle nic nie uważaliby za rzeczywistość, jak owe cienie wyrobionych przedmiotów.

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

# ROZDZIAŁ PIERWSZY

## GASNĄCE SŁOŃCE

Bardzo niewiele znamy gwiazd o rozmiarach 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; gdzieniegdzie nawet natrafiamy na gwiazdę-olbrzyma, mogącą pomieścić miliony milionów globów. Suma zaś gwiazd we wszechświecie jest niby suma ziarnek 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. Toteż 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 mil od swego najbliższego sąsiada. Wskutek tego z łatwością zrozumiemy, jak rzadkim wydarzeniem jest jakiekolwiek zetknięcie się dwu gwiazd ze sobą.

Niemniej jednakże jesteśmy przekonani, iż to niesłychane zdarzenie zaszło kiedyś i 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 wysoko 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 przejawów rozmnażania się i śmierci, ale z tych skromnych zaczątków wytrysnął strumień ży-

cia. W miarę postępowania naprzód, komplikował się on coraz to bardziej, aż wreszcie dotarł do kulminacyjnego punktu w stworzeniu istot, podlegających różnorodnym wzruszeniom, pełnych aspiracyj, obdarzonych poczuciem estetycznym, a zwłaszcza religijnym, w którym, jak w skarbcu legły 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 że 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 z powodu naszego zupełnego osamotnienia oraz nikłości miejsca, jakie zajmujemy w przestrzeni — jednej milionowej części ziarnka piasku, zgubionego wśród wszystkich wybrzeży świata.

Ale ponad tym wszystkim góruje przerażenie na widok zupełnej obojętności tego wszechświata wobec życia. Wzruszenia, ambicje i wyczyny wszelkie, sztuka i religia 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 materii w przestworzu zaś tak gorąca, iż powstanie życia jest tu uniemożli-

wione. Różnorodne promieniowanie, szkodliwe, bądź nawet zabójcze dla życia przenika całą przestrzeń, bombardując stale wszelkie ciała niebieskie.

Do takiego to wszechświata wpadliśmy, jeśli nie wprost przez pomyłkę, to jednakże wskutek czegoś, co można by śmiało nazwać przypadkiem. Użycie tego zwrotu nie wyraża jednak bynajmniej zdziwienia z powodu 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 Szekspira, tobyśmy słusznie mogli uważać to zdarzenie za wyjątkowy wprost przypadek, gdybyśmy natomiast przejrzeli wszystkie miliony stron, zapisanych przez owe małpy w ciągu niezliczonych milionów lat, tobyśmy mogli być niemal pewni, iż znajdziemy wśród nich sonet Szekspira, 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; spośród nich najważniejszym jest temperatura, przy której ciała mogłyby istnieć w stanie płynnym.

Gwiazdy są wyłączone tutaj ze względu na zbyt wysoką temperaturę. Możemy je sobie wyobrazić, jako wielkie zbiorowiska ogni, rozrzuconych w przestworzach, a dostarczających ciepła w klimacie, co najwyżej czterech stopni 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 ogni panuje niedający się opisać mróz, sięgający setek stopni, tuż obok znów żar o temperaturze wielu tysięcy stopni, przy której wszystkie ciała stałe topnieją, wszystkie płyny wrą. Życie może się wyłącznie utrzymać w ograniczonej strefie umiarkowanej, otaczającej każdy z tych ogni, 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 tysiącznomilionową milionowej części przestrzeni, a nawet w ich obrębie życie musi być nader rzadkim 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 sprzyjające życiu.

Z powyższych powodów wydaje się nam mało praw-

dopodobnym, aby wszechświat został stworzony, celem stanowienia podłoża, na którym by mogło powstać życie, gdyby tak bowiem było, to by 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 natury.

Nie wiemy nic o tym, czy odpowiednie warunki fizyczne są wystarczające same przez się dla wytworzenia życia. Jedna szkoła uczonych twierdzi, iż było to zjawiskiem naturalnym, niemal nieuniknionym, aby w miarę jak ziemia stopniowo ostygała, 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. Materialnymi 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 itd. 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 małpy przy dostatecznej ilości czasu napisałyby sonet Szekspira. Ale czy stanowiłyby one wówczas komórkę żywą? Innymi słowy, azali komórka żywa jest tylko grupą zwykłych atomów, zestawionych ze sobą w niezwykły sposób, czy też jest ona czymś więcej? Czy są to tylko wyłącznie atomy, czy też atomy plus życie? Lub też (aby wyrazić się jeszcze inaczej), czy do-

statecznie wprawny chemik mógłby z niezbędnych atomów stworzyć życie, tak jak dziecko buduje sobie maszynę z części meccano, a potem „puścić je w ruch“. Nie mamy na to odpowiedzi, lecz gdy przyjdzie ona kiedyś, stać się nam może wskazówką, że i na innych światach istnieje życie podobne do naszego, a przez to musi wywrzeć potężny wpływ na sposób w jaki tłumaczymy sobie cel i znaczenie życia. Zapewne wywoła jeszcze większą rewolucję myślową, aniżeli astronomia Galileusza lub biologia Darwina.

Wiadomo nam, iż w materii 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 ($H_2$ $O_2$), lecz żaden z tych związków nie zawiera więcej, niż cztery atomy. Dodanie azotu niewiele 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 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 w skład żywego ciała. Wówczas to, Wöhler wytworzył w swej pracowni

mocznik ($CO(NH_2)_2$), produkt typowo zwierzęcy, za pomocą zwykłego procesu syntezy chemicznej; po moczniku przyszła kolej na inne składniki żywego ustroju, obecnie zaś wszystkie zjawiska, przypisywane dawniej działaniu „siły żywotnej“, są, jedno po drugim, tłumaczone za pomocą zwykłych procesów fizycznych i chemicznych.

Aczkolwiek zagadnienie jest jeszcze bardzo dalekie od rozwiązania, wydaje się coraz to bardziej prawdopodobne, iż to, co cechuje ciała żyjące, nie jest bynajmniej żadną „siłą żywotną“, ale po prostu pierwiastkiem węgla w połączeniu z coraz to innymi atomami, z którymi tworzy cząsteczki niezwykłej 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, co by 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 tym, 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 za-

dziwiających właściwości sześcioelektronowego atomu leży gdzieś utajona w najgłębszych prawach natury, ale fizyka matematyczna nie zdołała jej jeszcze przeniknąć.

Inne podobne wypadki znane są w chemii. Zjawisko trwałego magnetyzmu występuje w najwyższym stopniu w żelazie, w mniejszym stopniu natomiast w jego sąsiadach, niklu i kobalcie; 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, aczkolwiek 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 chemia 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 ograniczeniom, nie mógł być skrępowany prawami, rządzącymi obecnym wszechświatem; mógł On zbudować ów wszechświat według niezliczonej ilości innych praw, gdyby zaś został wybrany inny zespół praw, to by inne atomy posiadały inne swoiste własności, z tych praw wypły-

wające. Nie możemy oczywiście wyobrazić sobie, jakby się to przedstawiało, *a priori* wydaje się nam jednakże raczej nieprawdopodobne, aby promieniotwórczość, magnetyzm **lub życie** miały figurować między nimi. Chemia wyraża przypuszczenie, iż życie zarówno jak promieniotwórczość lub magnetyzm jest po prostu tylko przypadkowym wynikiem szczególnego zespołu praw, rządzących wszechświatem.

Niektórzy mogliby czynić zarzuty pojęciu „przypadkowy". A może właśnie Stwórca wszechświata wybrał ten szczególny zespół praw dlatego, 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, podobnymi do naszych, zarzuty powyższe niczym odparte być nie mogą; co najwyżej można by uczynić uwagę, że z chwilą gdy podobne pojęcie o Stwórcy zostało przyjęte za pewnik, to nie pozostaje już miejsca na żadne argumenty.

Jeśli jednak 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 jednakowym powodzeniem twierdzić by można, iż zostały one wybrane dla stworzenia magnetyzmu, lub promieniotwórczości; miałoby to nawet więcej cech prawdopodobieństwa, jako że fizyka odgrywa przypuszczalnie o wiele większą rolę we wszechświecie, aniżeli biologia. Gdy spojrzymy z czysto materialnego punktu widzenia na zupełną znikomość znaczenia życia, to mimo woli musimy odrzucić przypuszczenie,

aby to życie miało stanowić szczególne dążenie Wielkiego Budowniczego wszechświata.

Proste porównanie może nam oświetli jaśniej położenie: oto jakiś pozbawiony wyobraźni marynarz, który przez całe życie przyzwyczaił się do wiązania węzłów, mógłby sądzić, iż nie podobna bez nich przepłynąć przez ocean. Możność 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 łacno 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; innymi słowy, przestrzeń trójwymiarowa istnieje po to, by mogli istnieć marynarze.

Przykład ten i argument przytoczony powyżej stoją mniej więcej na tej samej płaszczyźnie, gdyż całość życia i wiązanie węzłów dadzą się porównać ze sobą, oba jako 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 jeszcze 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, czy to zmniejszenia, czy to wzmożenia tego promieniowania, życie musiałoby zniknąć z powierzchni ziemi. Sedno zaś sprawy leży w tym, 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 tragedią Tantala, pogrążonego w jeziorze tak głęboko, iż moment tylko dzielił go od utonięcia, było umierać z pragnienia, tak jest tragedią 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 odpowiednim 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 dynamiki odpychają ziemię wciąż dalej od słońca, w krainę mrozów i ciemności.

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

Wnioski astronomii 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 „zgon ciepła", przy którym zaszłoby równomierne rozłożenie całkowitej energii we wszechświecie oraz wyrównanie temperatury zawartej w nim materii; 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.

Azaliż takie tylko mają być wartości i znaczenie życia? Wpaść niemal że 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 drobniutkim ułamku ziarnka piasku w oczeki-



Biblioteka

waniu śmierci lodowej? Odgrywać króciutkie role na malutkiej scence w tym przeświadczeniu, iż wszystkie aspiracje nasze są skazane na ostateczną zagładę, że wszystko, czegośmy dokonali, musi zaginąć wraz z nami, pozostawiając wszechświat takim, jakim byłby również, gdybyśmy nigdy na nim nie istnieli?

Astronomia podsuwa nam te zapytania, ale — moim zdaniem — należałoby po odpowiedź zwrócić się do fizyki. Astronomia może wprawdzie powiedzieć nam cośkolwiek 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 astronomii i widzimy, że poszukiwania nasze prowadzą nas do głębi tajników nowoczesnej fizyki.

## ROZDZIAŁ DRUGI

# 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 lesie, gdy tymczasem drugie wychodziło bez uszczerbku, pomimo jednakowego wzrostu i rozmiarów; w jednym miesiącu nów powodował pogodę, w drugim miesiącu — 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 z czasem odkryto, iż panuje ona nad całą martwą przyrodą. Stwierdzono, iż przyczyna, odosobniona w swym działaniu, wywoływała niechybnie zawsze ten sam skutek. Cokolwiek się zdarzyło, nie zależało bynajmniej od zachcianek istot nadprzyrodzonych, lecz wypływało po prostu, 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 z góry określony przez stan, w jakim się świat znajdował w pierwszej chwili swego istnienia. Z chwilą ustalenia tego stanu natura mogła kroczyć jedynie wytkniętą z góry drogą do przeznaczonego celu; innymi słowy, akt stworzenia nie tylko powołał wszechświat do życia, ale i zarysował w dodatku całą jego przyszłą historię. 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 po prostu według wzorów ogólnego prawa ciążenia; a Newton wyrażał życzenie: „oby pozostałe zjawiska przyrody mogły być wyprowadzone z niezmiennych zasad za pomocą 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 dosięgnął najwyższego punktu w drugiej połowie XIX wieku, kiedy to Helmholtz oświadczył, iż ostatecznym dążeniem wszelkich nauk przyrodniczych powinna być przemiana ich

w mechanikę, a Lord Kelvin wyznawał, iż nie potrafi zrozumieć czegokolwiek, co by się nie dało wyrazić przy pomocy modelu mechanicznego. Był on przecież, wysokiej miary inżynierem, jak wielu zresztą wielkich uczonych XIX wieku, tego wieku 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 czymś 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 zupełnym zaś niepowodzeniem spotkały się próby wytłumaczenia w ten sposób zjawisk światła i ciążenia.

Jednakże ten brak powodzenia nie zdołał naruszyć przekonania, iż świat musi się dać ostatecznie wytłumaczyć w sposób czysto mechanistyczny; zdawało się jedynie, iż potrzeba tylko jeszcze większych wysiłków, a całość przyrody martwej objawi się nam jako nienagannie działająca maszyna.

Wszystko to musiało oczywiście wywrzeć znaczny wpływ na tłumaczenie sobie znaczenia życia ludzkiego. Każde rozszerzenie prawa przyczynowości, każde zwycięstwo mechanistycznej interpretacji przyrody, utrud-

niały coraz to bardziej wiarę w wolność woli, bo, jeśli cała przyroda podlegała prawu przyczynowości, dlaczegóżby 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. Nauka skłaniała się do mechanistycznego poglądu, pojmującego cały świat materialny, jako olbrzymią maszynę.

Wprost przeciwnie, kierunek idealistyczny wysuwał koncepcję, iż świat jest tworem myśli, składającym się wyłącznie z myśli.

Aż do początków XIX wieku wiedza nie sprzeciwiała się mniemaniu, iż życie może być uważane za coś zupełnie odrębnego od natury martwej. Wówczas to odkryto, iż żywe komórki składają się ściśle z tych samych atomów, co i materia martwa, co prowadziło do wniosku, iż są one zapewne rządzone tymi samymi prawami naturalnymi; nasuwało się pytanie, dlaczego atomy, wchodzące w skład 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 mechanicznym 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 ścisłe reagowanie na bodźce zewnętrzne.

Ponieważ podobne wierzenia nie pozostawiały żadnego pola działaniom wyboru lub wolnej woli, usuwały one tym samym wszelkie podstawy etyki; św. Paweł nie stał się dobrowolnie innym od Szawła, stał się po prostu innym samą

siłą rzeczy, pod wpływem odmiennego zespołu bodźców zewnętrznych. Dawni uczeni byli w stanie dokonywać swych badań jedynie na cząstkach materii, których rozmiary zezwalałyby na zbadanie ich bez pomocy środków, rozszerzających zasięg naszych zmysłów; najdrobniejsza cząstka, stanowiąca przedmiot ich badań, zawierała miliony milionów cząsteczek. Niewątpliwe jest, iż taka cząstka ulegała prawom mechaniki; nie przesądzało to jednak o tym, aby pojedyncze, zawarte w niej cząsteczki, miały zachowywać się w sposób identyczny. Czyż nie wiemy, jaka różnica zachodzi pomiędzy zachowaniem się tłumu, a pojedynczych jednostek, które się nań składają. — Aż dopiero pod koniec XIX-go wieku powstała możliwość zbadania zachowania się pojedynczych cząsteczek, atomów i elektronów.

Kalejdoskopowe wprost przestawienie pojęć naukowych nastąpiło jednocześnie ze zmianą stulecia. Wiek XIX dostarczył nauce czasu dla przekonania się, iż niektóre zjawiska, zwłaszcza promieniowanie i ciążenie, wychodzą zwycięsko ze wszelkich prób tłumaczenia ich w sposób mechanistyczny. Gdy 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 naśladować światło świecy lub spadek jabłka. W ostatnich miesiącach ubiegłego stulecia prof. Max Planck wysunął pewną próbę wytłumaczenia pewnych zjawisk promieniowania, które do tego czasu wymykały się wszelkim interpretacjom.

Wytłumaczenie to było nie tylko niemechanistyczne w swojej istocie, lecz zdawało się wprost niemożliwym połączyć je z jakimkolwiek mechanistycznym sposobem myślenia, toteż głównie z tego powodu zaatakowano je, skrytykowano i nawet ośmieszono. Jednakże zostało ono ostatecznie uwieńczone ogromnym 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 zaczątek nowej ery.

Pierwotna teoria Plancka zaledwie nastręczała przypuszczenie, 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 po prostu strąciła 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 prawdopodobne 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 jakimi by oni nie byli.

Konkretny przykład wytłumaczy to jeszcze jaśniej. Znane nam jest, iż atomy radu oraz innych promieniotwórczych substancyj rozpadają się po prostu z biegiem czasu na atomy ołowiu i helu, tak, iż masa radu zmniejsza się stale, 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 narodzinami, 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 oddziele, 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 itd. Faktycznie najprawdopodobniejsze 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 spośród 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 cośkolwiek 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 przyśpieszenia rozpadania się radu za pomocą ściskania lub ogrzewania go. Każdy fizyk uważa to za niemożliwe; przypuszcza on raczej, iż rok rocznie przeznaczenie puka do drzwi jednego atomu radu spomiędzy 2000, zmuszając go do rozpadnięcia się; jest to tak zwana hipoteza „samorzutnego rozpadu", wysunięta przez Rutherforda i Soddyego w 1903 r.

Oczywiście, historia może się powtarzać i może znów kiedyś, w świetle głębszej wiedzy odkryjemy, iż ta pozorna kapryśność natury wyłania się z nieugiętego prawa przyczyny i skutku. Gdy w życiu codziennym mówimy kategoriami prawdopodobieństwa, to dowodzimy tym po prostu niedokładnej znajomości rzeczy. Możemy mówić, iż wydaje się nam prawdopodobnym, 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. Możemy mówić o szansach konia, gdy tymczasem jego właściciel wie z całą pewnością, iż złamał on nogę. W ten sam sposób, być może, iż ucieczka nowoczesnej fizyki w dziedzinę prawdopodobieństwa jest tylko szatą, pokrywającą

całkowitą jej nieznajomość prawdziwego mechanizmu natury. Możemy obrazowo wystawić sobie, jak się to przedstawia.

W początkach bieżącego stulecia Mc Lennan, Rutherford i inni odkryli w atmosferze ziemskiej nowy rodzaj promieniowania, odznaczający się niezmiernie wysoką zdolnością przenikania ciał stałych. Zwykłe światło przenika tylko na ułamek cala przez nieprzezroczystą substancję. Możemy zasłonić nasze twarze od promieni słonecznych kawałkiem papieru lub jeszcze cieńszą zasłoną z metalu, promienie Roentgena natomiast posiadają o wiele wyższą przenikliwość; możemy przepuścić je przez nasze ręce lub nawet przez całe ciało i dzięki temu chirurg może sfotografować nasze kości, ale metal grubości monety zatrzymuje je w zupełności. Natomiast promienie wykryte przez Mc Lennana i Rutherforda mogły przeniknąć przez wiele metrów ołowiu lub innego ciężkiego metalu.

Wiemy obecnie, iż wielka część tych promieni, zwanych powszechnie promieniami kosmicznymi, bierze swój początek w zewnętrznej przestrzeni; spadają one na ziemię w wielkich ilościach, a ich potęga destrukcyjna jest ogromna; w ciągu jednej sekundy niszczą one około dwudziestu atomów w każdym sześciennym calu naszej atmosfery oraz miliony atomów w naszym ciele. Wysunięto przypuszczenie, iż owe promienie, padając na plazmę zarodkową, 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 promieniotwórcze powoduje ich rozpad.

Oto promienie te padały, jak przeznaczenie, rażąc to ten, to tamten atom, wskutek czego atomy padały, jak żołnierze, wystawieni na ślepy ogień, a prawo, rządzące stopniem ich zanikania, zdawało się być tym samym wytłumaczone. Hipoteza ta została obalona, gdy zniesiono materię promieniotwórczą do głębin kopalni węgla; zupełnie 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 tym, że rozżarzony drut otrzymuje energię 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 samym 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 powinnaby wpływać na intensywność emisji promieniowania drutu, tymczasem, o ile wiemy, natężenie promieniowania zależy widocznie 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 partią czterech graczy, godzących się z góry na przerwanie gry z chwilą, gdy po rozdaniu kart okaże się, iż każdy z grających ma w ręku całkowity komplet jednego koloru; masę zaś substancji promieniotwórczej można by przyrównać do pokoju, w którym by 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 dokładnym 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 partia wynika niechybnie z poprzedniej i oto mamy analogię 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 tzw. przeznaczenie.

Aczkolwiek dalecy jesteśmy od stanowczej znajomości rzeczy, wydaje się możliwym istnienie jakiegoś czynnika, neutralizującego w naturze żelazną konieczność starego 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 nieścisłe. Łudziliśmy się wiarą, iż najistotniejszy mechanizm atomu okaże się wzorem idealnej dokładności i precyzji. Tymczasem Heisenberg wykazuje, iż przed tym właśnie natura wzdryga się najbardziej.

Według dawnej nauki stan takiej cząstki, jak elektron, był zupełnie wyznaczony z chwilą, gdy znaliśmy miejsce, zajmowane przezeń w przestrzeni w pewnym określonym momencie oraz szybkość jego ruchu w tymże momencie. Dane te, w połączeniu ze znajomością sił, mogących wpły-

wać nań z zewnątrz, określały z góry całą przyszłość elektronu; posiadając owe dane co do każdej cząstki wszechświata, można by z góry 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 wszelkich 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, jak gdyby 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, tym bardziej zamgloną stawałaby się druga.

Niedokładną latarnią była dawna nauka; łudziła nas ona mniemaniem, iż gdybyśmy mogli rozporządzać doskonałym przyrządem, to byśmy byli w stanie określić jednocześnie położenie i ruch cząstki w danym momencie z najwyższą dokładnością — złudzenie to wprowadziło determinizm do nauki. Obecnie, gdyśmy w postaci nowej nauki otrzymali tę ulepszoną latarnię, wykazuje nam ona, iż

określenia ruchu i położenia leżą na dwu odmiennych płaszczyznach rzeczywistości, nie dających się jednocześnie nastawić na absolutną ostrość — tym samym usuwa ona podstawę, na której opierał się dawny determinizm.

Wygląda to, przyjmując znowu inne porównanie, jak gdyby spojenia wszechświata rozluźniły się, jak gdyby mechanizm jego był „rozklekotany", podobnie jak w zużytej maszynie; jednakże analogia ta szwankuje, jeśli nasuwa nam przypuszczenie, iż świat jest w jakikolwiek sposób zużyty lub niedoskonały. W starej lub zepsutej maszynie stopień rozklekotania lub rozluźnienia spojeń 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 tej stałej może być zmierzoną zarówno w laboratorium, jak i na gwiazdach niezliczoną ilością sposobów, a okazuje się zawsze jednaką. Sam fakt, iż „rozluźnienie spojeń" jakiegokolwiek bądź typu przenika wszechświat na wskróś, obala możliwość istnienia ścisłej przyczynowości, pojmując tę ostatnią, jako cechę nienagannie działającej maszyny. Niepewność, na którą zwrócił uwagę Heisenberg jest częściowo, acz nie całkowicie natury subiektywnej. Nie jesteśmy w stanie oznaczyć z absolutną precyzją położenia, ani szybkości elektronu, w dużej mierze z braku odpowiednio subtelnej aparatury. Podobnie nie możemy zważyć człowieka z absolutną dokładnością gdy nie rozporządzamy odważnikami poniżej 1 kg.

Najmniejszą znaną wiedzy jednostką jest elektron, toteż mniejszej nie ma fizyk do rozporządzenia. Bezpośrednią przyczyną kłopotu są nie tyle granice wielkości tej

jednostki, jak wielkość tajemniczej jednostki *h*, wprowadzonej do nauki przez teorię kwantów Plancka. Stała ta daje nam pojęcie o „skokach", którymi natura postępuje i dopóki te wahania są określonej wielkości, dopóty dokonanie ścisłych pomiarów jest rzeczą równie niemożliwą, jak dokładne zważenie człowieka na wadze poruszającej się „skokami".

Jednakże ta subiektywna niepewność nie ma żadnego związku z promieniotwórczością i promieniowaniem (patrz str. 28). Istnieje również wiele innych zjawisk w przyrodzie, tak licznych, iż trudno by je tu wszystkie wymienić, których bez wprowadzenia pojęcia indeterminizmu nie podobna ująć w żaden stały schemat.

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. Dirac określa sytuację w sposób następujący: „Dokonując obserwacyj nad pewnym systemem atomów... w pewnym określonym stanie, nie otrzymujemy na ogół 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 prawdopodobień-

stwa. W niektórych wypadkach prawdopodobieństwo to może równać się jedności, a wówczas rezultat doświadczenia będzie ściśle określony". Innymi słowy gdy mamy do czynienia z atomami i elektronami w dużych masach, to matematyczne prawo średnich wartości narzuca nam determinizm, którego prawa fizyczne stwierdzić nie mogły.

Pojęcie to możemy zobrazować za pomocą analogicznej sytuacji w świecie makroskopowym. Gdy podrzucimy pięciogroszówkę, nie możemy być nigdy pewni, czy wypadnie „orzeł" czy „reszka", rzuciwszy jednak milion ton pięciogroszówek wiemy, iż 500.000 ton 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 ton jest jednakże niczym w porównaniu z liczbą atomów w najmniejszej nawet cząstce materii, 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. Pewna, aczkolwiek sądzę, stale malejąca ilość fizyków oczekuje chwili, gdy prawo przyczynowości zostanie w taki, czy inny sposób przywrócone na swe dawne miejsce. Ale najnowszy kierunek rozwoju nauki, tych nadziei bynajmniej nie potwierdza. W obrazie wszechświata, przedstawionym nam przez no-

woczesną fizykę, pojęcie ścisłej przyczynowości nie znajduje dla siebie miejsca. 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 nimi, 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 bowiem, żadnymi niezbitymi argumentami, którymi by mogła 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 w ogóle, 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 w ogóle cośkolwiek dziać się może?

Moim zdaniem, nie podobna 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 czymś, 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 tym przekonamy, skłania się bądź co bądź w dużej mierze do naznaczenia pojęcia posuwania się naprzód czasu oraz związku przyczyny i skutku piętnem czystego złudzenia. Pojmuje ona czas po prostu jako czwarty wymiar, który należy dodać do trzech wymiarów przestrzeni, wskutek czego zasada *post hoc ergo propter hoc* da się tyle samo zastosować do kolejności zdarzeń w czasie, co do kolejności słupów telegraficznych wzdłuż linii kolejowej.

Zagadka istoty czasu była zawsze hamulcem dla naszych myśli, jeśli zaś pojęcie czasu jest czymś tak głębokim, iż zrozumienie jego istoty pozostanie dla nas na zawsze nieosiągalne, to wówczas, wedle wszelkiego prawdopodobieństwa, odwieczny spór pomiędzy determinizmem i wolną wolą 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 powierzchownej 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 materii również dąży do poruszania się wzdłuż linii prostej. Nic 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 nie zawsze biegnie po linii prostej. Może on zostać gwałtownie odwrócony, 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 tymi zjawiskami, były należycie znane. W wypadku odbicia się, kąt padania promienia światła na zwierciadło był ściśle równy kątowi odbicia, innymi słowy, światło odbijało się od zwierciadła podobnie, jak piłka tenisowa odbija się od idealnie ubitego kortu. W przypadku załamania istniał stały stosunek pomiędzy sinusem kąta padania i sinusem kąta załamania. Newton nie bez trudu starał się wykazać, iż jego cząstki świetlne poruszałyby się zgodnie z tymi prawami, gdyby były poddane działaniu pewnych określo-

nych 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 poprzez tę przestrzeń, jest przyciągane lub odpychane prostopadle w kierunku któregokolwiek z tych ośrodków bez poruszania lub przeszkód ze strony innej siły, a siła przyciągania będzie jednakowa w równym oddaleniu od każdej płaszczyzny, wówczas twierdzę, 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, twierdzę, iż, gdy linia padania będzie stale obniżana, ciało zostanie wreszcie odbite, a kąt odbicia będzie równy kątowi padania.

Korpuskularna teoria Newtona natrafiła na szkopuł 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 możności 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 towarzyszka jej musiała zawrócić z drogi, tworząc odbite światło. To pojęcie przez swoje odstąpienie od zasady jednostajności w naturze, z jednoczesnym zastąpieniem determinizmu przez kategorie prawdopodobieństwa, w uderzający wprost sposób wyprzedziło nowoczesną teorię kwantów; w owym czasie jednakże nie znalazło należytego uznania.

Niezależnie od poprzedniego teoria korpuskularna napotkała inne, ważniejsze jeszcze trudności. Okazało się bowiem przy dostatecznie drobiazgowym 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. cieniutki drut, włos lub włókno nie daje takiego cienia; gdy trzymamy go przed ekranem, żadna jego cząstka 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 „prążków 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, na przemian jasnych i ciemnych — „pierścieni dyfrakcyjnych". Rys. 1 tablicy II

ukazuje obraz, otrzymany na kliszy fotograficznej, po przepuszczeniu wiązki światła przez maleńki otworek; światło każdego pierścienia o promieniu, większym od promienia otworka, 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 kantów 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 zyskały większego uznania.

Z czasem 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 z obu stron, aby się znów połączyć poza nią, podobnie jak fale światła łączą się z powrotem, 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, wzburzają całą powierzchnię basenu portowego. Rys. 1, tab. II ukazuje „zaburzenie", wywołane poza otworkiem, a spowodowane falami światła, okrążającymi jego brzegi, podobnie jak fale morskie okrążają groblę. 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 fiołkowej. Gdyby światło składało się z fal, podobnych do fal morskich, z łatwością można by wykazać, iż całe światło analizowanego promienia słonecznego winno znajdować się przy fioletowym krańcu widma. Ponadto, ponieważ fale krańcowego fioletu posiadają nieograniczoną możność wchłaniania w siebie energii, całkowita energia wszechświata powinna w krótkim czasie przyjąć formę fiołkowego i pozafiołkowego 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 korpu-

skularną naturę światła nie był całkowicie w błędzie, gdyż istotnie promień światła, może być pojmowany, jako rozbity 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 energię fotonu na podstawie długości fal i *vice versa*.

Nie podobna jest zliczyć wielkiej ilości dowodów, na których opierają się te koncepcje. Wszystkie one bez najmniejszych 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 w ogóle istnieje.

Dwa typowe przykłady wystarczą nam najzupełniej.

Promieniowanie jest zdolne przy odpowiednich warunkach wywołać rozkład atomów, na które pada. Zbadanie rozbitych atomów ujawnia nam ilość energii, wyładowanej dla dokonania rozpadu. Okazuje się zawsze i niezmiennie, iż jest to energia, równa energii całkowitego

fotonu, obliczonej na podstawie znanej długości jego fali. Wygląda to zupełnie, jak gdyby armia światła zetknęła się z armią materii.

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 Roentgena na elektrony i znalazł, iż promieniowanie to rozprasza się dokładnie w ten sposób, jak gdyby składało się ono z materialnych cząstek światła czyli fotonów, pędzących w postaci oddzielnych jednostek, podobnych tym razem do kul na polu bitwy, i 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 wyliczonymi na podstawie długości ich fali.

To pojęcie niepodzielnych fotonów prowadzi nas z powrotem do indeterminacji. 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 rozdwoić 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 promienie Roentgena padają 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 tym samym. To doprowadza nas do drugiej, o wiele ciekawszej, części naszego rozważania. Pierwsza część, podana przed chwilą, dotyczyła występowania światła na przemian w postaci cząstek i fal, drugą część stanowi twierdzenie, iż elektrony i protony, owe zasadnicze jednostki, z których składa się wszelka materia, 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 ustą-

piła miejsca teorii undulacyjnej, nasunęła się konieczność wytłumaczenia, w jaki sposób grad cząstek może naśladować zachowanie się szeregu fal i poruszać się prostolinijnie z wyjątkiem wypadku zawrócenia z drogi przez odbicie lub załamanie. Jeśli promień słońca, przedzierający się przez szparę w okiennicy, składa 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 maleńki otworek, jak to widzimy na rys. 1, tablicy II. Jednakże Young i Fresnel wykazali, iż niezakłócony niczym 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 również, iż taki układ fal ulegałby załamaniu, zgodnie z prawami załamania światła. Gdyby taki układ fal przechodził przez ośrodek, którego zdolność załamywania zmieniałaby się w sposób ciągły, 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. 38. 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 wypadku, w którym

cząstki nie były w stanie oddać jakiejś własności światła, układ fal czynił to w zupełności. W ten sposób hipotetyczne cząstki Newtona rozpłynęły się w układ fal.

W ostatnich latach byliśmy świadkami, jak w podobny sposób podstawowe składniki materii, tj. elektrony i protony, rozpłynęły się również w pewne układy fal.

W wielu okolicznościach zachowanie się elektronu lub protonu okazało się zbyt złożonym, aby można je było wytłumaczyć 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. Niewiele jednak zyskujemy na tym odkryciu; pozwoliłoby to nam wprawdzie, 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 można by wówczas wyłączyć możności 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 tym, 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 było 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 gradowych lub piłek tenisowych, lecz wytwarzają obraz dyfrakcyjny, jakby to uczynił układ fal (Tabl. II, rys. 3).

Ten sam wypadek zachodzi, gdy grad elektronów mknie poprzez wąski otworek: elektrony te rozpraszają się, 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.

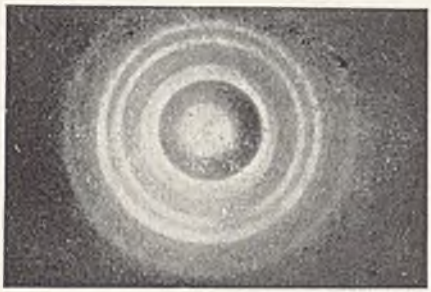
Istotnie układ fal dostarcza nam obrazu, który nie zawiódł nigdy w przewidywaniu zachowania się elektronu, jak się to zdarza w niezliczonej ilości wypadków z odpowiednim obrazem elektronu jako cząsteczki. Współczesna mechanika falowa wykazuje, iż elektron lub proton w ru-

chu powinien zachowywać się jak układ fal o ściśle określonej długości fali. Ta 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 można by określić, jako odbicie i załamanie elektronów, zostały dokonane przez Davissona i Germera w Ameryce, przez prof. G. P. Thomsona w Aberdeen, Ruppa w Niemczech, Kikuchiego w Japonii i wielu innych (Szczeniowskiego w Polsce, przyp. tłumacza). Równoległa wiązka pędzących elektronów została skierowana na powierzchnię metaliczną lub na wskróś przez nią. W każdym wypadku wynik, zanotowany na odpowiednio 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, na przemian jasnych i ciemnych, a otrzymany obraz jest tego rodzaju, jak gdyby 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 przewidzianymi przez wspomniane już wzory mechaniki falowej. Ostatnio prof. Dempster z Chicago osiągnął podobny pomyślny wynik z poruszającymi się protonami.

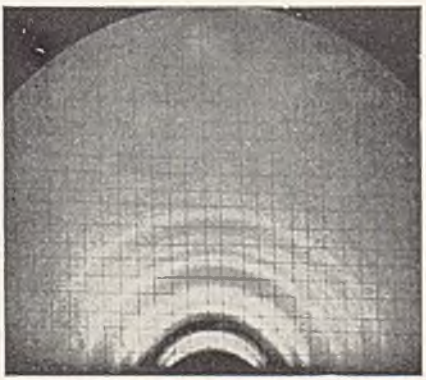
Te i inne doświadczenia dowiodły, iż fale i długości fal, przyporządkowane pędzącym elektronom i protonom są co najmniej czymś więcej, niż zwykłym mitem. Coś z falowej natury tkwi bezwzględnie w tym wszystkim, a obraz,

TABLICA II

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



Rys. 2. Pierścienie dyfrakcyjne, wywołane przez elektrony, przechodzące przez maleńką błonkę ze złota (G. P. Thomson).



Rys. 3. Pierścienie dyfrakcyjne, wywołane przez elektrony, odbite od maleńkiej blaszki złotej (G. P. Thomson).

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, uważające je wyłącznie za naładowane cząstki.

Moglibyśmy streścić to wszystko, cośmy powiedzieli powyżej, stwierdzając, iż zarówno podstawowe składniki materii — 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 ściślejszego kontaktu z istotą rzeczy, przechodząc do zjawisk w skali mikroskopowej, to okazuje się, iż zarówno materia, jak i promieniowanie rozpływają się po prostu w fale.

Chcąc zrozumieć istotę rzeczy, należy przede wszystkim 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 odłamków materii, pośród których fale promieniowania stanowiły wydarzenie, zjawiające się przypadkowo od czasu do czasu.

Rozdział następny zaprowadzi nas dalej tym samym szlakiem myśli.

## ROZDZIAŁ TRZECI

# MATERIA 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 tym prawem. Wystarczyło mu śledzić działanie słońca na szron lub wpływ długich dni letnich na górskie lodowce; w zimie mógł on zauważyć, iż mróz zamienia z powrotem wodę w lód. W dalszym stadium 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 materii. 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 co najmniej, jako hipotezy roboczej.

Przy końcu zeszłego stulecia fizyka rozpoznawała trzy główne prawa zachowania:

A) Prawo zachowania materii
B) „ „ masy
C) „ „ energii

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

Wszechświat był sceną, na której stale ci sami aktorzy — atomy — odgrywali swe role, zmieniając tylko strój

i ugrupowanie osób, wszelako bez jakiejkolwiek 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 ciążenia głosi, iż ciśnienie grawitacyjne, wywierane na dwa ciała, znajduje się w ścisłym 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 chemia 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 przestawiania 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 działanie światła. Np. jeżeli postawimy na świetle butelkę

dwutlenku wodoru, to samo przejście światła przez płyn rozbija 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 ulegają również zmianie pod wpływem światła, co stanowi podstawę fotografii.

Ku końcowi osiemnastego wieku Lavoisier żywił przekonanie, iż odkrył on, że całkowity ciężar materii po przejściu przez wszystkie zmiany chemiczne, stojące do jego rozporządzenia, pozostawał bez zmiany; wynikiem tego było, iż prawo zachowania materii 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.

Energia występuje w najróżnorodniejszych formach, z których najzwyklejsza jest energia ruchu — ruchu pociągu wzdłuż szyn lub kuli bilardowej po stole. Newton wykazał, iż owa czysto mechaniczna energia, zostaje „zachowana". Np. jeśli dwie kule bilardowe zderzą się ze sobą, energia każdej z nich podlega zmianie, natomiast całkowita energia obydwu pozostaje niezmieniona; jedna udziela energii drugiej, nie ma 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 energia niezmiennie się zatraca: pocisk traci na szybkości przy przejściu przez powietrze, a pociąg zatrzymuje się po wyłączeniu motoru. We wszystkich wypadkach 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 energię ciepła i usiłował zmierzyć energię dźwięku za pomocą struny wiolonczeli; badania te, aczkolwiek niedostateczne, doprowadziły do uznania „zachowania energii“ za zasadę, rządzącą wszystkimi znanymi przemianami energii mechanicznej, ciepła, dźwięku i energii elektrycznej. Innymi słowy, wykazały one, iż energia nie zatraca się, lecz przeistacza, i że pozorna strata energii ruchu zostaje skompensowana przez zjawienie się dokładnie równoznacznej energii ciepła i dźwięku: energia ruchu pędzącego pociągu zostaje zastąpioną przez równoważną energię 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 materii, 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 uległa 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 niezmienioną 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 je wszelkim możliwym próbom oraz odrzucić z chwilą, gdy wykażą znamiona niemocy i upadku. Wszelako zdawało się, iż są one tak niezbicie 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 grzmotem 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, tym większą stawała się jego masa, w przeciwieństwie do teorii Newtona o stałej i niezmiennej masie. Zdawało się chwilowo, iż zasada zachowania masy została usunięta z nauki. Przez pewien czas wniosek ten pozostawał przedmiotem czysto akademickiego zainteresowania: nie mógł on być sprawdzony przy pomocy obserwacji ze względu na to, iż nie podobna było zwykłych ciał naładować dostateczną ilością elektryczności, ani też puścić ich w ruch z dostateczną szybkością, tak, aby zmiany masy, przewidywane teoretycznie, mogły wzróść do

uchwytnej ilości. Lecz oto u schyłku dziewiętnastego wieku J. J. Thomson i jego następcy poczęli rozbijać atom, który okazał się wówczas równie podzielny i równie niegodny nazwy „atomu“, jak i 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 bez porównania silniej naelektryzowane, niżeli byłoby to możliwe do osiągnięcia w wypadku 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 za pomocą 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“, (oraz z elektronów dodatnich — „pozytronów“ i cząstek obojętnych — „neutronów“ — przyp. tłum.). Okazało się, iż materia jest po prostu zbiorowiskiem cząstek, naładowa-

nych elektrycznością. Za jednym obrotem kalejdoskopu wszystkie nauki, zajmujące się własnościami i budową materii, 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 energie 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. „Mau-

retania“ przy pełnym ładunku waży około 50.000 ton, gdy płynie z szybkością 25 węzłów, to ruch jej zwiększa jej wagę jedynie o jakąś milionową 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 materii, druga wskutek zachowania energii — to musi zachodzić zachowanie całkowitej masy. Fizyka XIX wieku uważała zachowanie masy wyłącznie za wynik zachowania materii, fizyka zaś XX wieku odkryła, iż zachowanie energii jest w tym również pojęte. Widzimy więc teraz, iż masa jest zachowana dlatego tylko, że materia 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, po czym zapada z powrotem w pierwotny stan spoczynku, lecz, podobnie jak dźwięk, nie jest uważany za główny składnik bicia w dzwony, tak i promieniowania nie uważano za główny składnik materii. Wypadkowo tłumaczy to nam, dlaczego nie podobna było wyobrazić sobie, w jaki sposób słońce nie przestaje promieniować przez tysiące milionów i więcej lat. Wierzono, iż światło sło-

neczne 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 „liniami sił". Gdy dwie, elektrycznie naładowane, cząstki przyciągały lub odpychały się wzajemnie, wynikało to ze spotkania się tych macek, popychających się lub przyciągających; owe macki miały polegać na siłach elektrycznych i magnetycznych, z których składa się również promieniowanie. Wydzielanie promieniowania przez atom było po prostu wyrzucaniem jednej z tych macek w przestrzeń, podobnie jak jeżozwierz wysuwa swe kolce. Koncepcja ta stawiała promieniowanie i materię jeszcze w bliższym stosunku do siebie, niż poprzednio. Ponieważ wszelkie rodzaje promieniowania są postaciami energii, muszą one, zgodnie z teorią Einsteina, mieć pewną masę, podporządkowaną sobie. Gdy atom wydziela promieniowanie, masa jego zmniejsza się o masę wydzielonego promieniowania, podobnie jak ciało jeżozwierza 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 spalenia — 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 zmierzyli to ciśnienie i znaleźli, iż odpowiada ono ściśle obliczeniom Maxwella. Pod naporem promieniowania, tryskającego z jasnego źródła światła, tarcza ugina 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 laboratoriach 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, cokolwiek by 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 nim. Pada ono z szybkością światła, a zatrzymując się, wywiera na

powierzchnię ciśnienie około 0,00000000004 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 km² powierzchni jest minimalnym obiektem w przestworzach astronomicznych. Całkowita emisja promieniowania słonecznego wynosi niemal dokładnie 250 milionów ton 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 ziemska.

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 mil. ton na minutę.

Słońce, wędrując po przestworzu, zmuszone jest zgarniać rozproszoną materię w postaci atomów i cząsteczek, cząstek pyłu i meteorów. Te 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 jed-

nak zamieniają się w parę jeszcze przed osiągnięciem powierzchni ziemi. Rzadko tylko zdarza się pomiędzy nimi meteor na tyle masywny, aby mógł wytrzymać niszczący wpływ oporu powietrza, i wtedy spada on na ziemię w postaci kamienia, zwanego meteorytem. Meteoryty są czasem olbrzymich rozmiarów: spadek meteorytu na Syberii w 1908 r. spowodował pęd powietrza, który zniszczył lasy na olbrzymiej przestrzeni, a siła uderzenia jego o ziemię spowodowała fale, zanotowane w odległości tysięcy mil. Przypuszczamy również, iż wielkie wklęśnięcie w stanie Arizony, podobne do krateru, a liczące około pięciu km 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, i zwiększając odpowiednio ciężar ziemi. Bez porównania większa ilość, miliony milionów na sekundę, musi odpowiednio spadać na słońce, przyczyniając się w znakomitej większości do uzupełnienia słonecznego zapasu rozpraszanej materii. Shapley ocenia, całkowitą wagę materii meteorów, spadających na słońce, na 2.000 ton na sekundę, co stanowi mniej, aniżeli jedną 2.000 część wagi, straconej przez promieniowanie. Wobec tego wydaje się prawie pewnym, iż słońce traci na wadze z szybkością 250 milionów ton 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 faktami astronomii. Aczkolwiek nie mamy na to żadnych niezbitych 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 ton, gwiazdy te są 10, 50 lub nawet 100 razy cięższe: najprostszym 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 mil. ton 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 w ogóle każdej gwieździe należy przypisywać miliony milionów lat istnienia.

Mamy jeszcze inne sposoby obliczenia trwania życia gwiazd: w szczególności ruch gwiazd w przestrzeni świadczy o ich długotrwałym istnieniu, a jednocześnie wyznacza im jeszcze miliony milionów lat do przeżycia. Wiemy już o tym, jak bardzo oddalone są od siebie gwiazdy w przestrzeni — tak bardzo, iż niesłychaną wprost rzadkością jest zbliżenie się dwu 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 na tyle 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, rozmiary gwiazd wskazują na to, iż istnieją one od milionów milionów lat. Mamy jednak dowody, zaczerpnięte z zupełnie innej dziedziny, a 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 zawiłej 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 wywołuje zakrzywienie promieni świetlnych w czasie zaćmienia słońca i zakrzywienie dróg planet i komet, przypisywane dawniej „sile“ grawitacji. Według teorii względności obecność materii nie wywołuje „siły“, która jest zupełnym złudzeniem, lecz tylko zakrzywienie przestrzeni. Chcąc rozwiązać oddzielnie nasze trudności, przypuśćmy na chwilę, iż obecność materii jest jedynym dowodem zakrzywienia przestrzeni, wówczas pusty wszechświat, pozbawiony materii, posiadałby przestrzeń niezakrzywioną, gdyż nie byłoby materii — samej przyczyny zakrzywienia. Wszechświat byłby wówczas nieskończonych rozmiarów,

ponieważ jednak nie jest on pusty, wielkość jego zależy od ilości zawartej w nim materii; im więcej materii, tym więcej zakrzywiona będzie przestrzeń, tym 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 wypadku (z wyjątkiem ostatecznego pęknięcia) owa bańka mydlana przedstawia analogię do wszechświata, wielkość jej zależy od wielkości ładunku elektrycznego, tak jak wielkość wszechświata zależy od ilości zawartej w nim materii. Jednakże zachodzą dwie zasadnicze różnice: pierwsza polega na tym, iż bańka mydlana posiada właściwą sobie 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 materii. Drugą różnicę stanowi fakt, iż podczas gdy ładunek elektryczny zwiększa wielkość bańki mydlanej, powiększanie ilości materii zmniejsza objętość wszechświata — im więcej materii, tym mniej przestrzeni, w której by 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 po-

siada swoistą krzywiznę oprócz krzywizny, spowodowanej obecnością materii; byłaby ona tego rodzaju, iż rozmiar wszechświata zwiększałby się ze wzrostem materii.

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 chwilowym drganiu powraca ona do poprzedniego stanu; otóż właśnie wskutek różnicy zachodzącej pomiędzy przyciąganiem a odpychaniem bańka mydlana, naładowana przyciągającą się materią, byłaby tworem niestałym. Matematyk wie dobrze, dlaczego tak być musi.

Chociaż przeskok 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 materii. 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 materii miała wnosić dodatkowe zakrzywienie, ponieważ jednak materia jest rozłożona skąpo w obecnym wszechświecie, zakrzywienie to było nieznaczne w porównaniu z krzywizną, wynikającą z natury czasu i przestrzeni. Studiując 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, co by rozstrzygnęło spór pomiędzy nimi. Obecnie praca Lemaitre'a wykazała, iż obie te koncepcje są nietyle sprzeczne, co uzupełniające się wzajemnie. W miarę jak niestały wszechświat einsteinowski rozszerza się, materia zawarta w nim rozrzedza się coraz to 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 mylnym 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 wszech-

świat jest w ogóle 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 przez to, iż wszystkie przedmioty w nich zawarte albo pędzą nawzajem ku sobie, albo od siebie, a dzieje się to nie tylko po obu końcach łańcucha, ale i wzdłuż całej jego długości. Jeśli wszechświat jest zbudowany zgodnie z teorią względności, a jest on nim prawie na pewno, 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 szybkością przerażającą, rosnącą w miarę oddalania się w przestrzeni. Ostatnio zbadano w obserwatorium na Mount Wilson jedną z najbardziej odległych mgławic, którą udało się dostrzec przy pomocy 2½-metrowego teleskopu i stwierdzono, iż odsuwa się ona od nas z kolosalną szybkością dwudziestu kilku tysięcy km na sekundę. Dr Hubble i dr Humason, którzy szczegółowo zbadali tę kwestię w obserwatorium na Mount Wilson, znaleźli, iż szybkość, z jaką poszczególne mgławice oddalają się od nas jest mniej więcej proporcjonalna do odległości ich od ziemi, co byłoby koniecznym, gdyby kosmologia teorii względności była słuszna. Mgławica, odległa 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 od-

ległości; np. światło mgławic 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, który począł się rozszerzać zaledwie parę tysięcy milionów lat temu.

Jeśli sprawa tak się przedstawia, to przypisywanie gwiazdom milionów milionów lat istnienia 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 tysięcznej części swej egzystencji, poczęły się rozpraszać.

Jeśli przypuszczalne ruchy recesyjne okażą się ostatecznie prawdą, nie podobna 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 za pomocą bezpośrednich pomiarów, lecz po prostu wywnioskowane na podstawie tzw. 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 bardziej czerwone, niżeli światło, wydzielane przez ciało zbliżające się ku nam; zabarwienie światła odpowiada

tutaj wysokości dźwięku. Mierząc dokładnie barwę ściśle określonych linij spektralnych, astronom może wywnioskować, czy ciało, wydzielające je, zbliża się do nas, czy też oddala, oraz może obliczyć szybkość ruchu. Jedynym faktem, uzasadniającym przypuszczenie oddalania się od nas dalekich mgławic pozagalaktycznych, jest obserwacja, iż światło wydzielane przez nie wydaje się być bardziej czerwone, niż być powinno. Jednakże inne jeszcze przyczyny niż szybkość mogą stać się powodem „zaczerwienia się" światła. Np. jeśli chodzi o światło słoneczne, to czynnikiem decydującym o jego przesunięciu się ku czerwonej części widma staje się sam ciężar słońca, a jeszcze bardziej ciśnienie atmosfery słonecznej. Innemu znów czynnikowi, a mianowicie przejściu przez atmosferę ziemską należy przypisać czerwony odblask promieni słonecznych przy wschodzie i zachodzie słońca. — Natomiast niezbadaną dotychczas tajemnicą jest przyczyna warunkująca czerwień światła niektórych gwiazd.

Ponadto według teorii de Sittera sama odległość wywołuje czerwone zabarwienie światła, wskutek czego, nawet gdyby odległe mgławice nie poruszały się wcale w przestworzu, musiałoby światło ich być nadmiernie czerwone i moglibyśmy skłaniać się do wniosku, że oddalają się one od nas. Żadna z tych przyczyn nie tłumaczy dostatecznie owego zjawiska przesuwania się prążków w świetle mgławicowym. Ale ostatnio dr Zwicky z California Institute wysunął przypuszczenie, iż przyczyną tą może być ciśnienie grawitacyjne gwiazd i mgławic na światło przechodzące koło nich, toż samo ciśnienie, które powoduje uginanie się światła gwiazd w czasie zaćmienia

słońca. Doświadczenia Compton'a wykazały, iż przy napotkaniu elektronów w przestrzeni, promieniowanie ulega jednocześnie odgięciu i przesunięciu w kierunku czerwieni. Znany jest fakt, iż promieniowanie ulega odgięciu przy wejściu w sferę działania pola grawitacyjnego gwiazd, lub innej materii w przestrzeni; Zwicky przypuszcza, iż ulega ono również przesunięciu.

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

Ponieważ z trudnością można by sobie wyobrazić, iż gromady gwiazdowe należące do naszego własnego układu galaktycznego 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 przesunięcia się w kierunku czerwonej części widma.

Jeszcze inne grupy dowodów nasuwają nam przypuszczenie, iż oddalanie się mgławic jest fikcją. Np. światło najbliższych mgławic nie tylko nie jest bardziej czerwone, ale raczej bardziej niebieskie niż być powinno; skoro

światło może stać się bardziej niebieskie 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. Teoria nie dopuszcza żadnego innego wytłumaczenia, ale nic nam nie mówi o szybkości ruchu mgławic. Prace Zwicky'ego i Ten Bruggencate'a nie podają bynajmniej w wątpliwość istnienia rzeczywistego ruchu recesyjnego, wątpliwe pozostaje jedynie pytanie, czy wielkość tego ruchu jest tą samą, którą astronomowie wyprowadzili na podstawie przesuwania się prążków widmowych w kierunku czerwieni; być może, iż główną część tego zjawiska należy przypisać działaniu, przyjętemu przez Zwicky'ego lub innej, podobnej przyczynie, gdy tymczasem tylko drobna pozostałość przedstawia istotnie ruch recesyjny. Nie podobna zaś jest określić szybkości tego ruchu z powodu zamaskowania mniejszego efektu przez większy.

Zagadnienie pozostaje więc jeszcze nierozstrzygnięte, 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 astronomii.

Jak widzieliśmy to już powyżej, wskazania te przemawiają za hipotezą, iż słońce wyrzucało z siebie masę w postaci promieniowania z szybkością 250 mil. ton 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 przedstawiają 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 dwóchsettysięcznej części, ogół masy całkowitej.

Nie jest prawdopodobne, 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 bez porównania więcej elektronów i protonów, a więc i atomów, niż obecnie.

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

Takie rozumowanie może wydać się niedostatecznie uzasadnione, gdyż 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 materii odbywa się faktycznie na wielką skalę w głębinach przestworzy.

Nie możemy spodziewać się uzyskania bezpośredniego dowodu znikania materii wewnątrz gwiazd, ponieważ promieniowanie, wytwarzane w tym procesie, przebiegłoby tylko bardzo krótką przestrzeń, pochłonięte natychmiast przez substancję samej gwiazdy z odpowiednim wydzieleniem energii 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 coraz to 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. 42. Widzieliśmy już jak wygląda „zachowanie masy“ kiedy atom wydziela z siebie promieniowanie. Atom pozbywa się pewnej części swej masy, ale ta część nie ulega zniszczeniu; jest ona uniesiona przez foton i stanowi masę fotonu. Każdy proton i elektron niszczą się wzajemnie. Masa powstałego stąd fotonu musi

równać się połączonej masie zniszczonego protonu i elektronu.

Połączona masa protonu i elektronu jest nam najdokładniej znana, ponieważ równa się ona masie atomu wodoru.

Jeśli przeto znikanie materii zachodzi istotnie, to liczne fotony o masie ściśle równej masie atomu wodoru, powinnyby przenikać przestrzeń, a niektóre z nich spadać na ziemię. Mogą jednak istnieć fotony o jeszcze większej masie, gdyż każdy dowolny atom może ulec nagle zniszczeniu i uwolnić całą swą energię w postaci fotonu, masa którego równałaby się wówczas masie pierwotnego atomu. Jedna możliwość interesuje nas specjalnie. Chociaż wierzymy, iż cała materia zbudowana jest z protonów i elektronów istnieje jednak specyficznie trwała struktura, złożona z czterech protonów i dwu elektronów, którą można uważać za nową i niezależną jednostkę. Ujawnia się ona w promieniowaniu wydzielanym przez substancje promieniotwórcze i znana jest pod nazwą cząsteczki α. Atom helu, najprostszy atom po wodorze, składa się z cząsteczki α i dwu elektronów, krążących wokoło niej. Ponieważ cząsteczka α ma ładunek elektryczny równy dwu protonom, może więc ulec zniszczeniu przez zderzenie z dwoma elektronami. Powstały w tym wypadku foton miałby tę samą masę, co atom helu.

Te dwa rodzaje fotonów miałyby bez porównania większą masę, niż zwykłe fotony promieniowania i dlatego byłyby łatwe do rozpoznania. Fotony możemy wyobrazić sobie jako kulki pędzące wszystkie z jednakową szybkością — szybkością światła. Jeśli pewna ilość kulek zostanie wystrzelona ze strzelby z jednakową szybkością, cięższe

kulki będą mogły poczynić większe szkody i będą miały większą łatwość przenikania. Istnieje wzór matematyczny, który pozwala nam wyprowadzić zdolność przenikania fotonu na podstawie jego masy i okazuje się, że fotony o masie atomu wodoru lub helu, muszą mieć przepotężną siłę przenikania.

Wspominaliśmy już o wysoce przenikliwych promieniach, zwanych powszechnie promieniami kosmicznymi, spadających na ziemię z otaczającej ją przestrzeni i zdolnych przeniknąć przez wiele metrów ołowiu. Nie posiadamy całkowitej pewności, czy promieniowanie to jest prawdziwym promieniowaniem, czy też po prostu strumieniem elektronów. Pierwsze przypuszczenie wydaje się bardziej prawdopodobne, elektrony bowiem musiałyby poruszać się z niepojętą wprost energią, aby przebić się przez wielometrową warstwę ołowiu. Sprawa wydaje się już obecnie wyjaśniona. Grad elektronów spadający na ziemię z otaczającej ją przestrzeni, dostałby się w pole magnetyczne ziemi, a pole to wywołałoby zmianę ich biegu. Gdyby elektrony poruszały się z dostateczną szybkością, aby posiadać zaobserwowaną siłę przenikania promieni kosmicznych, to według obliczeń, prawie cały strumień elektronów zmieniłby kierunek i spadłby na ziemię w bliskości jednego z jej biegunów magnetycznych. Tymczasem promienie kosmiczne nie zachowują się w ten sposób: obserwatorzy, pracujący w różnych punktach naszego globu, znajdują wszędzie to samo natężenie promieniowania. Np. brytyjsko-australijsko-nowozelandzka ekspedycja stwierdziła to samo natężenie promieniowania o 400 km od południowego bieguna magnetycznego, które inni badacze

znaleźli w okolicach odległych od bieguna. To daje nam pewność, że promieniowanie kosmiczne jest istotnym promieniowaniem a nie strumieniem elektronów. (Nowsze obserwacje nie potwierdzają tego przypuszczenia — przyp. tłum.). Daje nam to możność wyliczenia za pomocą wspomnianego już wzoru masy fotonów promieniowania na podstawie zaobserwowanej przenikliwości.

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.

Olbrzymią ilość tego promieniowania tłumaczymy częściowo jego wielką przenikliwością, nadającą mu niemal cechy nieśmiertelności. Przeciętny promień kosmiczny, przechodzący przez przestrzeń w ciągu milionów milionów lat, nie spotyka dostatecznej ilości materii, aby zostać pochłonięty w znaczniejszej mierze. Musimy więc sobie wyobrazić przestrzeń, przepojoną promieniami kosmicznymi, wydzielanymi od początku świata. Te promienie są dla nas wysłannikami nie tylko z najdalszych głębin przestrzeni ale i z najgłębszej otchłani czasu. I jeśli umiemy je wybadać, to donoszą nam one, że gdzieś, kiedyś we wszechświecie materia uległa zniszczeniu i to bynajmniej nie w drobnej, ale w kolosalnej ilości.

Przyjmując, że zarówno astronomiczny dowód wieku gwiazd jak i fizyczny dowód przenikliwego promieniowania stwierdzają zgodnie fakt unicestwiania materii, a raczej przemiany jej w promieniowanie, widzimy, iż przemiana ta staje się jednym z najbardziej podstawowych procesów wszechświata. Prawo zachowania materii znika wówczas z dziedziny nauki, natomiast zachowanie masy i energii stają się pojęciem identycznym, a trzy główne prawa „zachowania": prawo zachowania materii, masy i energii sprowadzają się właściwie do jednego. Jedna prosta zasadnicza wielkość, przyjmująca rozliczne formy, w szczególności materii i promieniowania zachowuje się poprzez wszystkie zmiany; całkowita suma tej wielkości stanowi o całej działalności wszechświata, nie zmieniając przy tym swej ilości. Natomiast zmienia się tylko bezustannie jakość, a ta zmiana jakości wydaje się być głównym procesem odbywającym się w naszym materialnym wszechświecie. Wydaje się, iż cały, dotychczas zdobyty materiał dowodowy, świadczy o tym, iż wszystkie zmiany — z pewnymi nieznacznymi wyjątkami — przebiegają w tym samym kierunku. Od wieków materia roztapia się w niematerialne promieniowanie, a to, co dotykalne, zamienia się w niedotykalne.

Prof. Millikan i jego współpracownicy w Passadena, prof. Regener w Stuttgarcie i inni zbadali z nadzwyczajną dokładnością przenikliwość tego promieniowania. Wydaje się ono mieszaniną wielu rodzajów promieniowania o bardzo różnej przenikliwości, albo, co na jedno wychodzi, mieszaniną fotonów o różnych masach. Wydaje się nam wysoce znamienne, że dwa składniki o najwyższej przenikli-

wości składają się z fotonów o masach — o ile można sądzić — równych masie atomu helu i atomu wodoru. Innymi słowy, są one takim typem fotonu, jakiego należało się spodziewać, gdyby gdzieś daleko w przestrzeni protony i cząsteczki α ulegały zniszczeniu, — pierwsze łącząc się z pojedynczymi elektronami, zobojętniającymi ich ładunki elektryczne — drugie zaś z parami elektronów, z tym samym skutkiem.

Należy dodać, że nie można z zupełną dokładnością oznaczyć masy fotonów i nie można twierdzić z całą pewnością, że odpowiadają one ściśle i dokładnie masom fotonów powstałych przez zniszczenie odpowiednich atomów. Zgodność obserwacji z obliczeniami jest dostateczna, różnica nie przekracza 5%, co stanowi granicę dokładności pomiarów przenikliwości promieniowania. Jest to zgodność zbyt wysoka, aby traktować ją jako prosty zbieg okoliczności wydaje się więc wysoce prawdopodobne, że promieniowanie to ma swoje źródło w faktycznym unicestwianiu protonów i elektronów.

Jednakże sprawa ta nie przestała być sporna i pogląd, który tu przytoczyłem nie został powszechnie przyjęty przez wszystkich fizyków.

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, że „Stwórca nie spoczął jeszcze". Biorąc najprostszy przykład, atom helu zawiera ściśle te same składniki, co cztery 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 z wyzwoleniem fotonu równoważnego trzem procentom ciężaru atomu wodoru. Właściwie nie możemy powiedzieć, iż zostałby wyzwolony jeden foton. Wydaje się raczej prawdopodobne, iż w razie złączenia się czterech atomów wodoru w jeden atom helu, cały proces przebiegłby przez liczne stadia, polegające na wyrzuceniu pewnej liczby małych fotonów, nie zaś jednego wielkiego. Gdyby nawet jednak 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, to jeden wielki foton wyrzucony w rezultacie tego procesu miałby w przybliżeniu masę równą masie atomu wodoru i tę samą przenikliwość co drugi z kolei, najbardziej przenikliwy składnik istotnego promieniowania kosmicznego.

Na podstawie tej teorii pochodzenia promieniowania, pochodzenie mniej przenikliwych składników tłumaczy się w prosty sposób przez syntezę z atomów prostszych od atomów ksenonu.

Z drugiej strony kwestia najbardziej przenikliwego składnika nasuwa nieprzezwyciężalne trudności. Jeśli jego fotony powstają ze zbicia się atomów wodoru w jeden olbrzymi atom, to atom ten musiałby posiadać ciężar atomowy około 500, co zdaje się, przekracza granice prawdopodobieństwa. Wydaje się również nieprawdopodobne, żeby drugi, najbardziej przenikliwy składnik wytwarzał

się na skutek syntezy atomów ksenonu, czy innego pierwiastka o podobnym ciężarze atomowym, gdyż atomy takie są niezmiernie rzadkie. Jakiekolwiek byłoby pochodzenie mniej przenikliwych składników, to źródła powstania dwu najbardziej przenikliwych trudno byłoby dopatrywać się gdzie indziej, aniżeli w zniszczeniu materii.

Poglądy te zostały omówione dość obszernie, ponieważ mają one zasadnicze znaczenie dla istotnej struktury wszechświata. W ostatnim rozdziale widzieliśmy, w jaki sposób mechanika falowa sprowadziła cały wszechświat do systemu fal: elektrony i protony składają się z fal jednego rodzaju, promieniowanie zaś z innego rodzaju. Rozważania zawarte w niniejszym rozdziale nasunęły przypuszczenie, iż materia i promieniowanie nie składają się z dwu 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 z powrotem w poczwarkę".

Oczywiście nie znaczy to wszystko, iż materia i promieniowanie są jednym i tym samym; przemiana materii 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 całkowity stan rzeczy z zupełną pewnością, co dotychczas nie zostało przecież osiągnięte, to i tak byłby on trudny do wyrażenia zwykłym potocznym językiem. Możliwym jest jednak, że podejdziemy dość blisko do prawdy, wyobrażając sobie materię i promieniowanie jako dwa rodzaje fal, jeden krążący

stale po kole, drugi, mknący ruchem prostolinijnym. Te ostatnie fale pędzą oczywiście z szybkością światła, fale tworzące zaś materię znacznie powolniej. Mosharrafa i inni wysunęli nawet pogląd, iż to tylko stanowi całą różnicę pomiędzy materią i promieniowaniem — materia byłaby po prostu pewnym rodzajem zamrożonego promieniowania, pędzącego z szybkością mniejszą od normalnej.

Widzieliśmy już poprzednio na str. 48, 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 materią, poruszającą się z szybkością światła, materia zaś promieniowaniem, pędzącym 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 dążenie do roztopienia materialnego wszechświata w fale i tylko fale. Fale te są dwojakiego rodzaju — jedne zakorkowane, zwane materią, i fale otwarte, zwane promieniowaniem lub światłem. Jeżeli unicestwianie materii zachodzi rzeczywiście, proces ten jest po prostu otwieraniem uwięzionej energii fal i wyzwalaniem jej do biegu w przestworza.

Te pojęcia sprowadzają cały wszechświat do świata promieniowania, utajonego lub ujawnionego i nie dziwi nas to już bynajmniej, że podstawowe cząstki budowy materii wykazują cechy fal.

## ROZDZIAŁ CZWARTY

# WZGLĘDNOŚĆ I ETER

Widzieliśmy 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 nazwijmy je raczej falami 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 posiłkować się eterem bez zbytniego wnikania w jego istotę. Wobec tego możemy krótko określić kierunek fizyki współczesnej, jak następuje: dąży ona do wtłoczenia całego wszechświata w jeden lub więcej rodzajów eteru; słuszne przeto będzie zbadać fizyczne własności tych rodzajów eteru, gdyż w nich właśnie leży ukryta istotna natura wszechrzeczy.

Wskazane byłoby ustalić z góry 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 mówić o nich, coś więc musi istnieć i poza sferą naszych myśli, choćby po to, aby być zaczątkiem takiego lub innego pojęcia w naszych myślach. Temu „czemuś" możemy czasowo nadać nazwę „rzeczywistości" i właśnie

ta rzeczywistość stanowi przedmiot badań nauki, zobaczymy 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 realnym cokolwiek w ogóle być może.

Pojęcie eteru powstało w nauce przed dwoma wiekami lub może jeszcze wcześniej. Gdy znane właściwości materii nie były w stanie wytłumaczyć jakiegoś zjawiska, uczeni omijali nasuwające się trudności stwarzając hipotetyczny, wszystko przenikający eter i przypisując mu własności konieczne dla wytłumaczenia danego zjawiska. Nasuwała się oczywiście jeszcze silniejsza pokusa zastosowania tej metody przy zagadnieniach, wymagających pozornego „działania na odległość". Twierdzenie, iż materia tylko tam działać może, gdzie jest obecna, a nie tam, gdzie jej w ogóle nie ma, brzmi dla zwykłego słuchacza tak rozsądnie i przekonywająco, że komuś, kto by temu zaprzeczył, niewiele pozostawałoby nadziei przeciągnięcia większości adeptów na swoją stronę. Kartezjusz zaszedł nawet tak daleko w swych twierdzeniach, iż utrzymywał, że samo istnienie ciał, oddalonych od siebie, stanowi wystarczający dowód istnienia jakiegoś ośrodka pomiędzy nimi.

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 tego tyleż powstało rodzajów eteru, co nierozwiązanych zagadnień w fizyce.

50 lat temu jeden tylko z tych wszystkich eterów oparł się zwycięsko poważnej krytyce 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 podczerwonego i pozafiołkowego fal elektromagnetycznych, promieni Roentgena i $\gamma$ oraz promieni kosmicznych.

Zjawisko astronomiczne „aberacji 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 obserwacyjny przy studiowaniu 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 nieścisłe, 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 obojętne, czy dmie on z szybkością jednego, czy też tysięcy kilometrów na sekundę. Zgadza się to w zupełności z zasadą dynamiczną, wygłoszoną przez Newtona w jego *Principia:*

WNIOSEK A: „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 prostolinijnym, nie zmąconym 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 prostolinijnym".

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,

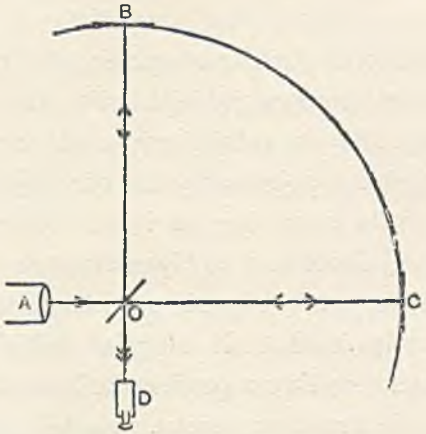
zaburzenia, wywołane przezeń, dałyby nam wskazówki co do szybkości jego podmuchu, podobnie jak ruchy gałęzi drzewa mówią nam o szybkości wiatru; wobec ujemnego efektu nasuwa się konieczność zwrócenia się do innych metod.

Aczkolwiek podróżnik na oceanie nie może określić ruchu okrętu za pomocą jakiejkolwiek 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 przy tym rolę okrętu, a pracownia fizyczna Uniwersytetu w Cleveland (Ohio) — miejsca zanurzenia ołowiu do wody, wysłanie zaś sygnału świetlnego odpowiadało wrzuceniu przyrządu do morza. Przypuszczano przy tym, iż fale świetlne, tworzące ów sygnał, utworzą kręgi fal w otaczającym nas morzu eteru.

Niepodobna było zbadać dokładnie biegu tych fal, natomiast 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 z powrotem.




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 z powrotem 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 obróceniu 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, jeśliby natomiast ziemia poruszała się poprzez morze eteru w kierunku wschodnim, to jasne jest, iż dwukrotna wędrówka ze wschodu na zachód i z powrotem musiałaby

zająć więcej czasu, niż równej długości podróż z północy na południe i z powrotem. Zasada powyższego zjawiska jest równie zrozumiała jak ogólnie znany fakt, iż wiosłowanie w łodzi sto metrów pod prąd rzeki i z powrotem zabiera więcej czasu, aniżeli 200 metrów w poprzek prądu; w pierwszym wypadku płyniemy powoli pod prąd i wracamy szybko z powrotem, lecz zysk na czasie przy wiosłowaniu w drugim okresie nie wystarcza dla wyrównania straty czasu w pierwszym. Jeśli dwaj równi sobie wioślarze rozpoczynają oba biegi jednocześnie, to ten, który płynie na przełaj, będzie pierwszym, różnica zaś czasu pomiędzy 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 z powrotem do geocentrycznego wszechświata z czasów przed Kopernikiem. Takie jednak tłumaczenie było zupełnie niemożliwe, wiedziano bowiem, iż ziemia obraca się dookoła słońca z szybkością około 32 km 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 z powrotem 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; podobnież 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 z powrotem byłaby stale krótsza od drogi w poprzek 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, znalezionoby wytłumaczenie zerowego wyniku, wspomnianego wyżej doświadczenia.

Pomysł ten nie był ani zupełną fantazją, ani też czczą hipotezą, Lorentz wykazał bowiem wkrótce potem, że ówczesna teoria elektrodynamiczna wymagała takiej wła-

śnie kontrakcji, a chociaż kurczenie się okrętów lub samochodów nie przedstawiało dokładnej analogii z tymi zjawiskami, dawało nam ono, bądź co bądź, pewne wyobrażenie o działającym mechaniźmie. 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 tych ostatnich. 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 z góry skazane na niepowodzenie. Nauce znane są jednak inne jeszcze rodzaje miar; wiązki światła, siły elektryczne itd., mogą być użyte do mierzenia odległości dwóch punktów od siebie i tworzyć tym samym podstawę do mierzenia odległości. Przypuszczano więc, że tam, gdzie miary materialne zawiodły, 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 tym samym pozorny zerowy wynik doświadczenia Michelsona-Morleya.

Wynikiem wieloletnich doświadczeń było przekonanie, iż wszystkie bez wyjątku siły natury zdają się być w zmowie — mówiąc językiem laika — w celu zamaskowania ruchu ziemi względem eteru; uczony wolałby 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 zmową sił natury, uniemożliwiającą funkcjonowanie jego perpetuum mobile, podczas gdy uczony wie dobrze, iż przeszkoda ta jest natury o wiele poważniejszej: 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 nie podobna jest określić bezwzględnego ruchu w jakikolwiek sposób". Było to pierwsze sformułowanie zasady względności, stanowiące dość znamienny 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 nimi znajduje się jakieś ciało w absolutnym spoczynku, niemożliwym jest jednak wnioskować z wzajemnych położeń 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 położeń ciał w naszym układzie".

Dodał jednak następujące zastrzeżenie:

„Nie mam tu na myśli ośrodka, jeśli ten istnieje, który by przenikał swobodne przestrzenie między cząstkami ciał".

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

W przeciągu dwóch stuleci, dzielących nas od Newtona, nauka była gorliwie zajęta 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 astronomia nie zdołała wykryć dotychczas ciała Newtonowskiego, będącego w absolutnym spoczynku, a położonego „w oddalonych regionach gwiazd stałych lub być może jeszcze poza nimi", w wyniku czego spoczynek i ruch są wciąż jeszcze pojęciami względnymi. Okręt w czasie ciszy morskiej pozostaje w stanie względnego spoczynku

względem 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, nie tylko nie napotykamy podstawy, tkwiącej w absolutnym spoczynku, lecz przeciwnie, coraz to większe i większe szybkości ruchu. Dopóki nie posiadamy przewodnika we wszechobecnym eterze, nie możemy nawet powiedzieć, co uważamy za bezwzględny spoczynek, a tym 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 nie lada, 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 km na sekundę, to możemy przyjąć, że eter dmie poprzez pokój „jak wiatr poprzez gaj“ z szybkością tychże 1.600 km 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 km 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 zdumiewającym, 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 za pomocą 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 można by nakreślić w eterze pewien system pociągnięć, pchnięć i skręcań transmitujących wszelkie zjawiska i przeprowadzających je na odległość, podobnie, jak system drutów przenosi mechaniczną siłę od dźwigni do dzwonu.

Ów wymagany system pchnięć, pociągnięć i skręcań został z czasem wynaleziony, okazał się on jednak niesłychanie skomplikowany; nie było w tym nic dziwnego, wszak zadaniem takiego eteru było nie tylko przenoszenie działań, ale jednocześnie ukrywanie swego własnego istnienia. Zadaniem nie lada było stworzyć warunki istnienia takiego pojedynczego mechanizmu, który by mógł przenosić dokładnie te same zjawiska niezależnie od faktu,

czy eksperymentator siedzi w spoczynku, czy też w czasie trwania doświadczenia mknie poprzez eter z szybkością 1.600 km na sekundę i oczywiście tak pomyślany mechanizm stanął oko w oko z nieuniknionym zarzutem, iż tylko wówczas mógłby upodobnić do siebie oba szeregi zjawisk, gdyby stworzył dwa różne mechanizmy dla każdego wypadku.

Możemy zobrazować ten zarzut, biorąc pod uwagę jakiekolwiek 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 km na sekundę. Gdy ciała te znajdują się w spoczynku względem siebie, to zasada względności orzeka, iż obserwowane zjawiska będą ściśle takie same, jak w wypadku absolutnego spoczynku tych ciał względem eteru, natomiast mechanizm, wywołujący zjawiska w tym drugim wypadku, jest zupełnie odmienny, albowiem część tylko odpychań jest jeszcze wynikiem napięcia w eterze, pozostałość zaś zależy od sił magnetycznych. Te ostatnie zaś nie mogą być wytłumaczone ciśnieniami i napięciami w eterze, lecz muszą być przypisane skomplikowanemu systemowi cyklonów lub wirów.

Bardziej złożone zjawiska elektromagnetyczne są na ogół wywołane połączeniem sił elektrycznych i magnetycznych, a oba rodzaje mechanizmów występują w odmiennym stosunku z odmiennymi szybkościami ruchu względem eteru. Wobec tego próba mechanistycznego tłumaczenia tych zjawisk nasuwa konieczność wywoływania identycznego zjawiska przez dwa różne mechanizmy. Ponadto należałoby jeszcze wykazać, że jakikolwiek dający się pomyśleć eter byłby wyposażony w warunki odpowiadające obu mechanizmom. 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 błędną drogą. 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 próżnym 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 można-

ści, 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 zmowie przeciw naszym usiłowaniom odkrycia ruchu względem eteru. Pozostaje jeszcze grawitacja. Stała ona zawsze na uboczu innych zjawisk fizycznych wydając się czymś 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 konkretnym przykładzie. Uprośćmy 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 kilo-

metrów na sekundę, to zwykłe skurczenie Fitzgeralda-Lorentza spowoduje skrócenie średnicy jej o blisko 160 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 160-o metrowe skrócenie. Natomiast inne zjawiska grawitacyjne tego rodzaju a w szczególności przesunięcia peryheliów planet wystarczają w zupełności na dokonywanie podobnych obserwacyj. 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 ciążenia, muszą czynić ściśle to samo. Skoro jednak grawitacja nie może być przenoszona poprzez eter, to trudno jest pojąć, dlaczego pręty pomiarowe prawa ciążenia miałyby podlegać temu skróceniu. Możemy więc tylko wyciągnąć wniosek, iż skrócenie Fitzgeralda-Lorentza nie zachodzi wcale i to zmusza nas do porzucenia mechanistycznej koncepcji eteru.

Jesteśmy zmuszeni więc rozpocząć wszystko od nowa. Trudności nasze wypłynęły z pierwotnego założenia, iż wszystko, co się dzieje w naturze, a w szczególności fale świetlne, nadaje się do tłumaczenia za pomocą pojęć mechaniki, krótko mówiąc, usiłowaliśmy przedstawić wszech-

świat jako olbrzymią maszynę, skoro jednak zaprowadziło nas to na manowce musimy obejrzeć się za inną zasadą kierowniczą.

Pewniejszego przewodnika od błędnych mechanistycznych koncepcyj dostarcza nam zasada Wilhelma Ockham'a: „Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem". (Nie powinniśmy przyjmować istnienia jakiegokolwiek bytu, 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 wypadku pojęcie mechanicznego wszechświata z towarzyszącym mu eterem, przenoszącym działanie mechaniczne przez „pustą przestrzeń", nie dając nam nic w zamian.

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 dziwne wydaje się to pojęcie, którym zamierzamy zapełnić lukę, spowodowaną wycofaniem eteru. Obie hipotezy są zdawałoby się tak odmiennej natury, że dowolne zapełnienie tej luki przez jedną lub drugą wydaje się niepodobieństwem; w rzeczywistości jedna jest niemal że antytezą drugiej. Pierwotną funkcją eteru było dostarczenie nam niewzruszonej podstawy porównawczej; wszystkie pozostałe jego własności były pomyślane jedynie jako pomocnicze środki w uzgodnieniu 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 wysiłki 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. 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 różne od drugiego. Możemy zawrócić z drogi w przestrzeni, lecz nigdy w czasie, możemy poruszać się w przestrzeni szybko, powoli lub wcale, jak nam się to żywnie podoba, nikt natomiast nie jest w stanie regulować przebiegu czasu; płynie 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 materii jest natury elektrycznej, wskutek czego i wszelkie zjawiska fizyczne są ostatecznie natury elektrycznej. Minkowski wykazał mianowicie, że według teorii względności

wszelkie zjawiska elektryczne nie przebiegają, jak to mniemano dotychczas — oddzielnie w czasie i przestrzeni, ale w czasie i przestrzeni tak ściśle zespolonych ze sobą, że nie podobna 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 krikieta. Poszczególni gracze dzielą go na dwa wymiary w różnorodny sposób. Kierunek „prosto“ dla rzucającego piłkę będzie kierunkiem „w tył“ dla odbijającego, a „na prawo“ dla sędziego gry. Natomiast piłka krikietowa nie zna tych rozróżnień, biegnie ona tam, dokąd została rzucona, kierowana jedynie prawami natury, według których plac krikietowy jest niepodzielną całością o długości i szerokości ściśle zespolonych ze sobą.

Z połączenia powierzchni dwuwymiarowej (w rodzaju placu krikietowego) z wysokością (o jednym wymiarze), otrzymamy przestrzeń trójwymiarową. Dopóki operujemy w bliskości ziemi możemy zawsze posługiwać się siłą ciężkości dla rozdzielenia naszej przestrzeni na „powierzchnię“ i „wysokość“, tak np. wysokość jest tym kierunkiem, w którym najtrudniej jest trzucić piłkę krikietową 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 dwu, a dalej od dwu do trzech. Znacznie trudniej natomiast jest przejść od trzech do czterech, nie posiadamy bowiem żadnych danych doświadczalnych, dotyczących przestrzeni czterowymiarowej.

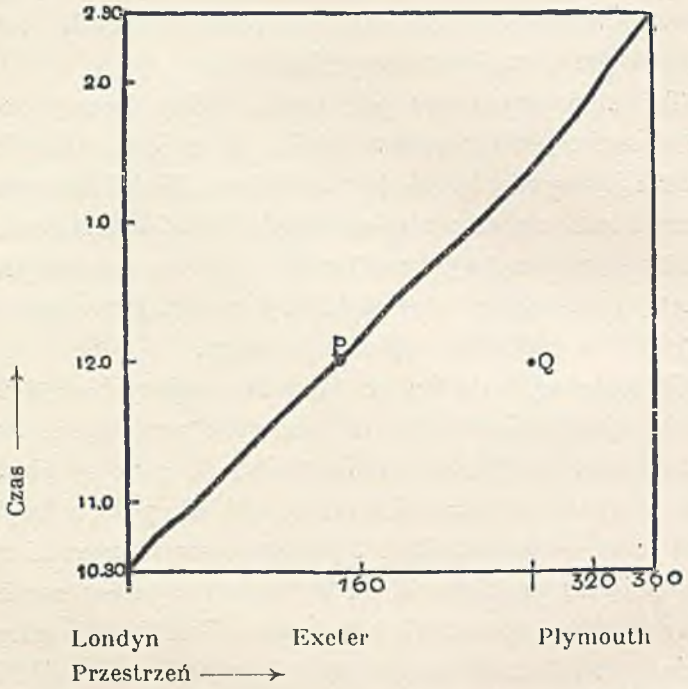
Ta czterowymiarowa przestrzeń, którą chcemy omówić obecnie, jest wyjątkowo trudna do pojęcia, albowiem jeden z jej wymiarów nie jest zwykłym składnikiem przestrzeni, lecz czasem; aby zrozumieć teorię względności, zmuszeni jesteśmy wyobrazić sobie czterowymiarową przestrzeń, posiadającą trzy wymiary zwykłej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

Rozpatrzmy po kolei 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 przychodzącego do stacji Plymouth, odległej o 360 km, o g. 2 m. 30 po południu.

Linia pozioma odpowiada 360 km odległości pomiędzy obiema stacjami, a pionowa — okresowi czasu od 10,30 rano do 2,30 po południu każdego dnia przebiegu pociągu.

Gruba ukośna linia wyobraża nam przebieg pociągu, np. punkt P tej linii odpowiada godzinie 12-tej w południe oraz odległość 146 km od Paddington wskazując nam, iż pociąg do południa przebiegł 146 km; 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




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

drodze od Paddington do Plymouth w godzinach między 10,30 a 2,30, łącząc więc razem długość, mianowicie 146 km toru kolejowego i czas — 4 południowe godziny, otrzymaliśmy pewną powierzchnię o jednym wymiarze przestrzeni i jednym czasu.

W ten sam sposób możemy wyobrazić sobie zespolone trzy wymiary przestrzeni i jeden czasu, 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 czasu, w którym to continuum odłączenie przestrzeni od czasu jest absolutnym niepodobieństwem. Innymi słowy przestrzeń i czas są w tym continuum tak ściśle zespolone ze sobą, iż prawa natury nie czynią między nimi żadnej różnicy, podobnie, jak dzięki zespoleniu długości i szerokości na placu krikietowym 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 jednej długości, zespolonej z drugą długością, które jak wiadomo, dadzą pewną powierzchnię — w tym wypadku stronicę książki.

Nie należy przejmować się zbytnio powyższym zarzutem, albowiem według brzmienia naszego ostatniego wniosku owe czterowymiarowe continuum ma również tylko wartość wykresu. Dostarcza nam tylko wygodnych ram dla uwidocznienia działań natury, podobnie jak rys. 2 ułatwia nam wyobrażenie biegu pociągu. Skoro chcemy jednak pomieścić w tych ramach całkowity obraz natury, to muszą odpowiadać one jakiejś obiektywnej rzeczywi-

stości, 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 krikietowy 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: „przestrzeń i czas, wzięte oddzielnie, rozpłynęły się w cienie, jedynie pewien rodzaj związku ich ze sobą zachował znamiona rzeczywistości“.

Pojmujemy więc w jednej chwili 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 możności takiego podziału nie mogły potwierdzić istnienia eteru.

Chcąc zatem zobrazować rozchodzenie się fal świetlnych i sił elektromagnetycznych w formie zaburzeń w eterze, musimy uznać ten ostatni za zupełnie odmienny od mechanicznego eteru Maxwella i Faradaya. Można go sobie wyobrazić jako pewną czterowymiarową strukturę, wypełniającą całkowicie continuum, a rozciągającą się po-

przez 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 nigdy nim nie był. 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.

Zagadnienie, czy struktura tego rodzaju może być nazwana eterem pozostaje otwartym i nie łatwo byłoby znaleźć w tej strukturze jakąkolwiek własność, wspólną z dawnym eterem dziewiętnastego wieku. Jasne jest bowiem, iż skoro hipoteza względności jest zupełnym 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 nie ma 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 obojętne 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.

Najprostszym wyjściem, jak sądzę, będzie uważanie eteru za pewien schemat, podobnie jak schematem jest wykres na str. 104. Istnienie jego równie dobrze odpowiada lub nie odpowiada 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 nie podobna upatrywać 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 materialny, czego nikt nie czynił, ani nie czyni, nie mamy również żadnego powodu do uważania eteru za coś materialnego.

Widzimy, iż w nowym świetle, wniesionym do nauki przez teorię względności, materialnemu eterowi, wypełniającemu przestrzeń, musiałby towarzyszyć materialny 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 niematerialny 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 niematerialny ośrodek. Wszak mówimy nieraz o fali ciepła lub o fali samobójstw, nie wymagając przecież żadnego materialnego ośrodka dla ich przenoszenia. Fala ciepła może biec wzdłuż równika, a fala samobójstw wzdłuż południka Greenwich.

Można by sądzić, iż, aczkolwiek otrzymanie bezpośredniego dowodu istnienia eteru nie daje się osiągnąć, to jednak dałoby się odkryć dowód istnienia czegoś o charakterze fal, biegnących przez eter. Byłyby to zjawiska stwierdzające, według ogólnego mniemania, falowy charakter światła, a mianowicie pierścienie Newtona, obrazy dyfrakcyjne i wszelkie zjawiska interferencyjne. Niestety, tak nie jest, nie wiemy bowiem nic o tych przypuszczalnych falach, dopóki nie ujawnią ich nam cząsteczki materii. Wspomniane zjawiska nie mówią nam nic o rzeczach, przechodzących przez eter, a jedynie o tych, które padają na materię. 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 pewnymi zarzutami, a rozmowa nasza brzmiałaby jak następuje:

Fizyk. — Ten promień słoneczny przedstawia energię, która została wytworzona 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 energia 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 osiem 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; energia 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 powinnoby być możliwym 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 energią, 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 tym idzie cały układ słoneczny porusza się przez eter ze znaną szybkością, dajmy na to 1.600 km na sekundę, to również możesz dać odpowiedź z łatwością, lecz cały sęk

tkwi w tym, iż obie one są różne. Powiedz mi teraz, która z nich jest słuszna!

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

Matematyk. — Dobrze, lecz zgodziliśmy się już poprzednio, iż zarówno wyrażenie „w spoczynku względem eteru", jak i „z szybkością 1.600 km względem eteru" nie oznaczają w ogóle niczego, jeśli zaś chcemy nadać im jakiekolwiek znaczenie, to wszystkie zjawiska w naturze wymagają, aby było ono jednakowe dla obu wypadków. Ostatecznie więc uważam twoją odpowiedź za pozbawioną 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 energią 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. Poyting podał znany wzór, wskazujący, w jaki sposób można zobrazować energię 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 energia płynie bez końca dookoła magnesu, jak gdyby 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 zmuszony do posunięcia się nawet jeszcze dalej i uważania samej energii za zwykłą matematyczną abstrakcję — stałą całkowania w równaniu różniczkowym. Po zrobieniu tego kroku, przyjęcie dwóch odrębnych wartości dla ilości energii w danym odcinku przestrzeni staje się dlań równie dopuszczalne, jak przyjęcie dwu równych czasów na tym 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 — materii 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 wskazane 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 cztero-

wymiarowego continuum. Przy ilościowym wyrażaniu tych praw staje się dogodnie wyobrazić sobie zarówno czas jak i przestrzeń mierzone w wysoce specjalny i sztuczny sposób. Nie będziemy mierzyli długości na metry i centymetry, lecz na jednostki, wynoszące około 300.000 km, równe drodze, przebieżonej przez światło w ciągu sekundy, czasu zaś nie będziemy mierzyli w zwykłych sekundach, lecz za pomocą 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 sposób. 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 a, jeśli continuum zostanie zbudowane według powyższego sposobu, to trzy wymiary przestrzeni i jeden czasu są całkowicie równorzędnymi czynnikami przy formułowaniu każdego prawa natury. Gdyby nimi nie były, to dane prawo kłóciłoby się z zasadą względności.

Zauważono niebawem, że znane prawo grawitacji Newtona nie odpowiadało powyższym warunkom, wobec czego albo to prawo, albo hipoteza względności musiała być mylna. 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 niczym innym, jak formułą matematyczną przyśpieszenia poruszającego się ciała — zmiany szybkości jego ruchu. Prawo Newtona nadawało się do jasnej mechanistycznej interpretacji: ciało poruszało się w ten sam sposób, jak gdyby było odciągnięte od swego prostolinijnego ruchu (używając wyrażenia Newtona) przez siłę odwrotnie proporcjonalną do kwadratu odległości; Newton zakładał istnienie takiej siły i nazwał ją siłą grawitacji. Prawo Einsteina nie daje się wyrażać kategoriami sił lub w ogóle za pomocą jakiejkolwiek interpretacji mechanistycznej, co było jeszcze jednym dowodem więcej, jeśli takiego było jeszcze potrzeba, że wiek mechanistycznej nauki przeminął bezpowrotnie. Natomiast geometryczna interpretacja dała się znaleźć z łatwością. Działanie masy grawitacyjnej nie polegało, jak wyobrażał sobie to Newton na wywieraniu siły, lecz na zdeformowaniu czterowymiarowego continuum w sąsiedztwie materii. Poruszająca się planeta lub piłka krikietowa

nie była spychana ze swego prostolinijnego ruchu przez nacisk siły, lecz przez zakrzywienie continuum.

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

Powierzchnie tego rodzaju, co plac krikietowy, lub skóra naszych rąk są to continua dwuwymiarowe; analogię z zakrzywieniami, wywołanymi przez masy grawitacyjne, przedstawiają tutaj kretowiska lub pęcherze. Piłka, tocząca się po kretowisku, zostaje zepchnięta ze swego prostolinijnego ruchu, jak kometa lub promień świetlny, przebiegający koło słońca. Połączone zakrzywienia czterowymiarowego continuum, wywołane przez ogół materii wszechświata sprawiają, iż continuum zakrzywia się samo w sobie, tworząc zamkniętą powierzchnię, a przestrzeń staje się przez to skończona; wyniki tego poglądu zostały już omówione w rozdziale drugim.

Przestrzeń i czas, jako dwa oddzielne pojęcia, znikły obecnie ze wszechświata, a teraz oto siły grawitacyjne znikają również, pozostawiając jedynie zmięte continuum. Nauka dziewiętnastego wieku pojmowała wszechświat jako arenę wpływów jedynie dwu rodzajów siły: siły ciążenia, sprawującej władzę nad większością zjawisk astronomicznych, a utrzymującej ciała i posiadłości nasze na powierzchni ziemi, oraz sił elektromagnetycznych, regulujących wszelkie inne zjawiska fizyczne, jak światło, ciepło, dźwięk, kohezję, sprężystość, reakcje chemiczne itd. Teraz gdy prawo ciążenia znikło z nauki staje się zrozumiałe zdziwienie z powodu pozostawienia sił elektromagne-

tycznych oraz zapytanie, jaką rolę odgrywają one w continuum. Wydaje się prawdopodobne, aczkolwiek sprawa ta nie jest jeszcze ostatecznie rozstrzygnięta, iż pójdą one śladem sił grawitacji. Weyl i Eddington podali kolejno teorie, które usunęły zupełnie siły elektromagnetyczne i starały się wyjaśnić wszystkie zjawiska fizyczne jako wyniki specjalnej geometrii continuum, uległy one jednakże wielu zarzutom. Losy późniejszej teorii Einsteina nie są jeszcze rozstrzygnięte, wydaje się jednak prawie pewne, iż niezależnie od tego, która z tych teoryj odniesie zwycięstwo, siły elektromagnetyczne rozpłyną się niebawem po prostu w jakiś nowy typ sfałdowania continuum, różniący się jedynie geometrycznie od skrzywienia, którego wynik określamy, jako grawitację.

Wszechświat zamieniłby się w tym przypadku w pustą, czterowymiarową przestrzeń, pozbawioną całkowicie jakiejkolwiek substancji i kształtu, z wyjątkiem wielkich, bądź małych, wyraźniejszych, lub słabszych, zmarszczek w konfiguracji samej przestrzeni.

To, co nazywaliśmy dotychczas przenoszeniem energii, jak np. przejście światła słonecznego od słońca do ziemi, sprowadza się oto do ciągu pofałdowanych zmarszczek wzdłuż pewnej linii w continuum rozciągającej się około 8 minut czasu i 150 milionów km długości. 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

bruzdami powierzchni za najwierniejszy prawdopodobnie obraz nowego wszechświata. Wszechświat nie jest bynajmniej wnętrzem tej bańki, lecz jej powierzchnią i musimy stale pamiętać o tym, że gdy powierzchnia bańki mydlanej posiada jedynie dwa wymiary, wszechświat-bańka ma ich aż cztery — trzy wymiary przestrzeni i jeden czasu; a materiałem do wytworzenia tej bańki zamiast błonki mydlanej jest pusta przestrzeń, spleciona z pustym czasem.

## ROZDZIAŁ PIĄTY

# W PRZEPASTNE GŁĘBINY

Przypatrzmy się dokładnie owej bańce mydlanej, wydętej z pustki, 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 materię i promieniowanie — domniemane składniki struktury całego wszechświata.

Pierwszy rodzaj to promieniowanie; pędzi ono zawsze z tą samą szybkością 300.000 km na sekundę. Gdyby nasz pociąg z rys. 2 pędził z jednostajną szybkością 1½ km na minutę, ruch jego mógłby być przedstawiony za pomocą idealnie prostej linii, nachylonej pod kątem 45° do pionu; szereg pociągów, poruszających się z tą samą szybkością dałby nam wiązkę linij równoległych do pierwszej. Zmieńmy teraz naszą podstawową szybkość 1½ km na minutę na szybkość 300.000 km na sekundę, zastępując jednocześnie jeden kierunek z Londynu do Plymouth przez wszystkie kierunki w przestrzeni, a wykres na str. 104 zostanie zastąpiony przez czterowymiarowe continuum, promieniowanie zaś przez wiązkę linij pod kątem 45° do kierunku płynącego czasu.

Drugim rodzajem nierówności jest materia; porusza się ona w przestrzeni z rozmaitymi szybkościami, bardzo

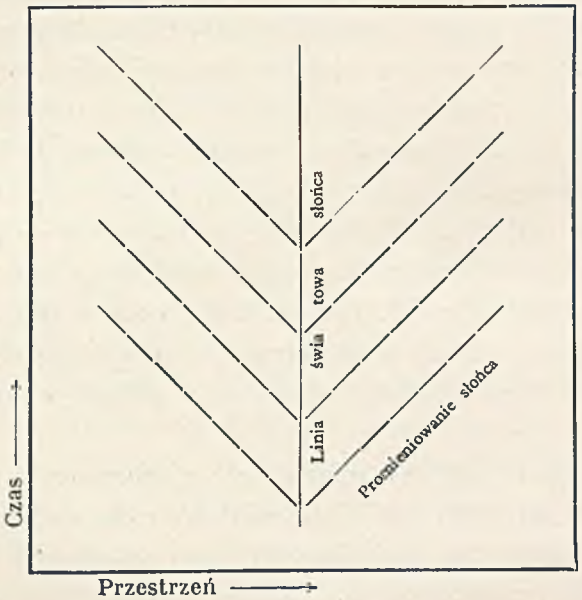
nieznacznymi jednak w porównaniu z szybkością światła; możemy więc, w pierwszym przybliżeniu, uważać materię za pozostającą w spoczynku w przestrzeni, a biegnącą tylko w czasie. Wskutek tego przedstawiające ją znaki biegłyby w kierunku upływającego czasu, podobnie jak w wypadku postoju pociągu na stacji (rys. 2) przystanek ów byłby zaznaczony odcinkiem pionowej linii na wykresie.

Znaki, przedstawiające materię, dążą do tworzenia na powierzchni bańki mydlanej szerokich pasem, podobnych do kolorowych prążków na płótnie, a dzieje się to dzięki dążeniu materii do skupiania się w duże masy — gwiazdy i inne ciała niebieskie. Owe prążki lub inne pasma zwiemy „liniami światowymi". Tak np. linia 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 cieniutkich niteczek, tak i linia światowa ciała wielkiego, jak słońce, składa się z niezliczonej ilości mniejszych światowych linij poszczególnych atomów, wchodzących w skład słońca; od czasu do czasu owe cienkie nitki wchodzą do kabla lub opuszczają go, zależnie od tego, czy jakiś atom wpada do słońca, czy też zostaje zeń wyrzucony na zewnątrz.

Wyobraźmy sobie powierzchnię bańki jako tkaninę, której nitki są liniami światowymi atomów. O ile atomy są wieczne i niezniszczalne, ich linie światowe, podobne do nitek, przebiegają przez całą długość obrazu w kierunku upływającego czasu, jeśli natomiast atomy ulegają zniweczeniu, nitki urywają się nagle i pęki światowych linij promienio-

wania 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




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

rodzaju, że zmuszone są one do podobnego postępowania, zgodnie z określonymi regułami, zwanymi „prawami natury".

Linia światowa ziemi jest niewielką liną, której poszczególne sznureczki przedstawiają góry, drzewa, samoloty, ciała ludzkie itd., tworząc w sumie całą ziemię, a każdy sznureczek składa się z niezliczonej ilości nitek światowych linij 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 drzewo. Podobnie jak poprzednie jest ona początkowo drobiazgiem, ale wciąż wzrasta wskutek ciągłego wchłaniania atomów z zewnątrz w postaci pokarmów; atomy w skład jej wchodzące zasadniczo nie różnią się niczym od innych, a identyczne z nimi 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 linij światowych naszych ciał. Twoja świadomość styka się z obrazem wzdłuż twojej linii światowej, moja wzdłuż mojej itd. 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 jak 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 „Tymeuszu".

„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 wypadku 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 być może jest w stanie przypomnieć sobie skrawek obrazu, przez który została przesunięta przed chwilą, lub nawet łudzić się wyobraźnią, że bierze czynny udział w malowaniu części obrazu, leżącej bezpośrednio pod nią.

Być może, iż świadomość naszą dałoby się przyrównać do wrażenia, którego doznają palce malarza, przesuwającego pędzel po niedokończonym obrazie; w tym wypadku wrażenie czynnego wpływu na tworzące się fragmenty obrazu jest czymś 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 roli abstrakcji, stanowiącej niejako rusztowanie pustej przestrzeni, stanowiące jedynie wymiary przestrzenne bańki mydlanej o błonce, 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, za pomocą 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 dwu elektronów ze sobą, aby zaś opisać w najprostszej formie zjawiska, zachodzące przy tym 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 materii, podobnie jak na płaszczyźnie duchowej „bezokienne monady“ Leibnitza miały

być złączone 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:

chociaż 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 po prostu 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 jednemu zbiorowi fal przypisywać niższy stopień rzeczywistości, niżeli drugiemu; niedorzeczne jest twierdzenie, iż fale jednego elektronu posiadają cechy rzeczywistości, gdy tymczasem fale dwóch elektronów są fikcją. Fale pojedynczego elektronu są na tyle realne, że zaznaczają swoje istnienie na kliszy fotograficznej, tworząc obraz, podany na tabl. II. Możemy więc z powrotem stanąć na stałym gruncie tylko przez przypuszczenie, że zarówno fale pojedynczego elektronu, jak i dwu, oraz fale z kliszy fotograficznej prof. Thomsona posiadają jednakowy stopień realności lub nierealności. Niektórzy fizycy rozwiązują to zagadnienie, uważając fale elektronowe za fale prawdopodobieństwa. Mówiąc o fali

przypływu, mamy na myśli materialną falę wodną, zwilżającą wszystko na swej drodze, gdy zaś mówimy o fali ciepła, myślimy o czymś, co, aczkolwiek jest niematerialne, ogrzewa jednak wszystko na swej drodze. Natomiast gdy dzienniki mówią o fali samobójstw, nie twierdzą one bynajmniej, aby każda osoba, znajdująca 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 Kruzoe, to również wzrosłoby prawdopodobieństwo targnięcia się na własne życie jedynego 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. II) 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 zaciemnianie się kliszy daje miarę prawdopodobieństwa na każdy elektron.

Pogląd ów odznacza się tą zaletą, iż pozwala on elektronom 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 naelektry-

zowana cząstka nie ostałaby się w ugiętej wiązce; każde spotkanie się z materią rozbijałoby 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 tym określonym miejscu i porusza się z szybkością tylu a tylu km na godzinę"; zgadza się to też z ogólną zasadą Dirac'a, wytłumaczoną już na str. 33. Jednak te dwie zasady same nie wystarczą dla dokładnego wyjaśnienia nam natury fal elektronów.

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

Nie ma 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 ujrzeliśmy, 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 indeterminacja natury może być po prostu 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 na niektórych połaciach ziemi pojawiałaby się sporadycznie wilgoć. Otóż my, których zmysły sięgają w trójwymiarową przestrzeń, zwiemy przyczynę tego zjawiska spadkiem deszczu, i wiemy iż wyłącznie zdarzenia zachodzące w trzecim wymiarze przestrzeni stanowią o tym, które połacie ziemi zostaną zwilżone, które zaś pozostaną suche. Gdyby natomiast nasze robaki, niepodejrzewające nawet istnienia trzeciego wymiaru przestrzeni, usiłowały wtłoczyć całą naturę w ramy dwuwymiarowe, 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 ostatnie 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 czarnoksięskich cieni, przychodzących i odchodzących".

Można by 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 innymi, nieraz bardziej złożonymi 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. II dowodzą nam że fale o pewnej określonej długości są czymś podstawowym w systemie natury. Fale te stanowią zasadniczą podstawę koncepcji mechaniki falowej, w innych systemach natomiast wydają się być nieco wymyślnym, ubocznym produktem. Dzięki prosto-

cie swych założeń mechanika falowa okazała zdolność do przenikania o wiele głębiej tajników natury, niżeli jakiekolwiek inne systemy, wskutek czego ostatnie usuwają się coraz to bardziej w cień. Rzecby można, używając innej przenośni, iż służyły one po prostu 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 doprowadziłby nas do podobnych mniej więcej wyników. Istota rzeczy tkwi po prostu w tym, iż wszelkie obrazy natury, podsuwane nam przez naukę, a zgodne z faktami doświadczalnymi, 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 badaczy orzeknie, iż najwyższą zdobyczą fizyki dwudziestego wieku nie jest bynajmniej teoria względności z jej zespoleniem w jedność czasu i przestrzeni, ani teoria kwantów z jej obecnym pozornym zaprzeczeniem prawa przyczynowości, ani też rozłożenie atomu i wynikające zeń odkrycie, że wszelkie rzeczy nie są tym, czym się być wydają, lecz po prostu ogólne zrozumienie, iż nie zetknęliśmy się jeszcze z ostateczną rzeczywistością. Posługując się znanym porównaniem Platona, możemy powiedzieć, iż wciąż jeszcze siedzimy uwięzieni w naszej jaskini odwróceni plecami do światła,

z oczyma wpatrzonymi w cienie, przesuwające się po ścianie. Obecnie jedynym zadaniem nauki jest badanie tych cieni, klasyfikowanie oraz tłumaczenie ich w możliwie najprostszy sposób. A oto w olbrzymim 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 matematykiem 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 naszej jaskini, mogłyby być *à 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 czymś tak pozornie przypadkowym, tak oddalonym od głównego jego nurtu, iż absolutna dysproporcja pomiędzy ogółem naszych ziemskich doświadczeń a jakimkolwiek znaczeniem wszechświata jako całości wydaje się *à priori* przypuszczeniem aż nadto prawdopodobnym. — W tym wypadku bylibyśmy pozbawieni wszelkiego oparcia w szu-

kaniu punktu wyjścia dla zbadania istotnego znaczenia wszechświata.

Aczkolwiek powyższy wypadek wydaje się najbardziej prawdopodobny, nie jest jednak niemożliwe, aby niektóre z cieni, rzucanych na ścianę jaskini, nie miały przypominać nam pewnych przedmiotów i czynności, znanych tak dobrze nam — mieszkańcom tej jaskini. Cień padającego ciała zachowuje się podobnie, jak samo spadające ciało, mógłby więc przypominać nam ciała, upuszczone przez nas samych. Skłonność do tłumaczenia sobie takich cieni za pomocą pojęć mechaniki stanowi wytłumaczenie mechanistycznego kierunku fizyki ostatniego wieku. Cienie przypominały naszym naukowym poprzednikom zachowanie się galaret, bąków, korbowodów i trybów, wskutek czego, biorąc błędnie cienie za ciała rzeczywiste, uwierzyli oni w roztaczający się przed nimi wszechświat galaret i narzędzi mechanicznych.

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

Cienie partii szachów, rozgrywanej poza nami w świetle słońca, przypominałyby nam partie szachów, rozgrywane przez nas w naszej jaskini: niekiedy 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 trudno by 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 podobnym do naszego, 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 naszej jaskini, znajdują oni, iż owe cienie nie są dla nas całkowicie niezrozumiałe, ani też nie przedstawiają nam nieznanych i niezwykłych przedmiotów; wydaje mi się raczej, iż możemy z łatwością rozpoznać graczy, grających poza nami w świetle słońca, a doskonale obeznanych z przepisami gry, sformułowanymi przez nas w naszej jaskini.

Porzucając naszą przenośnię, możemy powiedzieć, iż wydaje nam się, że natura jest zaznajomiona gruntownie z tymi regułami czystej matematyki, które matematycy nasi sformułowali w swych studiach na podstawie tylko swego wewnętrznego przeświadczenia, nie opierając się na żadnych doświadczeniach ze świata zewnętrznego.

Za „czystą matematykę“ uważamy te działy matematyki, które są wytworem czystej myśli, operującej jedynie w swym własnym zakresie, w przeciwstawieniu do „matematyki stosowanej“, której przedmiotem badań jest świat zewnętrzny, a tworzywem — którakolwiek z jego cech.

Kartezjusz w poszukiwaniu wytworu czystej myśli, niezamąconej żadną obserwacją (racjonalizm), wybrał fakt koniecznej równości trzech kątów trójkąta dwu kątom prostym. Wiemy dziś, iż wybór ten był wyjątkowo nie-

fortunny; z łatwością można było zrobić inny wybór, o wiele odporniejszy na wszelkie zarzuty, np. prawa prawdopodobieństwa, zasady operowania liczbami „urojonymi", tj. liczbami, wyrażającymi pierwiastki kwadratowe z wielkości ujemnych, albo geometrię wielowymiarową. Wszystkie te działy matematyki zostały pierwotnie opracowane przez matematyków za pomocą oderwanych pojęć myślowych, całkowicie nieskażonych przez zetknięcie się ze światem zewnętrznym i nie czerpiących nic z doświadczenia; tworzyły one „niezależny w sobie świat, stworzony z czystego rozumu". Obecnie wyłania się przeświadczenie, iż gra cieni, opisywana przez nas jako spadek jabłka na ziemię, przypływ i odpływ morza i ruch elektronów w atomie, wywołana jest przez aktorów, obeznanych gruntownie z tymi czysto matematycznymi pojęciami — z naszymi prawidłami gry w szachy, ułożonymi na długo przed odkryciem, że oto cienie na ścianie również grają w szachy.

Przy wszelkich usiłowaniach odkrycia istoty rzeczywistości poza tymi cieniami spotykamy się z faktem, iż wszelkie rozważania nad istotą natury wszechrzeczy muszą z konieczności pozostać jałowe dopóty, dopóki nie rozporządzamy zewnętrzną podstawą porównania. Możemy z tego powodu powiedzieć, używając wyrażenia Locke'a, iż „stotna 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 ciągłe 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 swymi własnymi myślami a myślami, których wynikiem była budowa pianoli, i powie, że myśl muzyka była początkiem jej istnienia. Drogą podobnego rozumowania naukowe badania nad właściwościami i zachowaniem się wszechświata doprowadziły do wniosku, iż — tak zdawałoby się przynajmniej — plan jego został nakreślony przez czystego matematyka. Tak wyrażonemu pojęciu brak, oczywiście, dostatecznej ścisłości, jest ono ogólnikowe i zbyt jednolite, niestety jednak nie możemy go wyrazić inaczej, nie mając do rozporządzenia innej mowy niżeli ta, którą stworzyły nasze ziemskie pojęcia i doświadczenia.

Powyższemu twierdzeniu nie uda się jednak uniknąć zarzutu, że naciągamy naturę do naszych z góry powziętych pojęć. To 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 dopatrzyć się pewnej muzyki. Podobnie malarz-kubista nie widzi nic prócz

sześcianów w nieopisanym bogactwie natury, a zupełny brak realizmu w jego obrazach wskazuje nam, jak daleki jest on od istotnego zrozumienia przyrody. Jego kubistyczne okulary są po prostu tylko okularami konia, uniemożliwiającymi mu ujrzenie czegoś więcej ponad drobny ułamek otaczającego świata. Można by więc równie dobrze powiedzieć, iż matematyk widzi świat jedynie przez szkła matematyczne, stworzone przez niego samego. Przypomnijmy sobie, iż już Kant, zastanawiając się nad różnymi rodzajami percepcyj, za pomocą których umysł ludzki dociera do zrozumienia natury, stwierdził, iż umysł nasz posiada szczególniejszą skłonność do patrzenia na naturę przez matematyczne okulary. Kant sądził, iż podobnie jak człowiek noszący niebieskie okulary widzi świat na niebiesko, tak i my, dzięki specjalnemu nastawieniu umysłowemu, skłonni jesteśmy widzieć świat jedynie w sposób matematyczny. Czyżby dowodzenia nasze były tylko powtórzeniem tego dawnego błędu, jeśli rzeczywiście może być mowa o błędzie?

Wystarczy chwila zastanowienia, a przekonamy się, iż tego rodzaju ujęcie sprawy nie wyczerpuje bynajmniej całego zagadnienia. Nowej matematycznej interpretacji świata niepodobna przypisać bez reszty działaniu naszych matematycznych okularów, naszemu subiektywnemu spojrzeniu na świat zewnętrzny. Gdyby tak bowiem było w istocie, od dawna już spoglądalibyśmy nań w ten właśnie sposób. Wszak umysł człowieka sprzed stu lat nie różnił się, ani w swej budowie, ani w działaniu, od umysłu człowieka dzisiejszego. Ostatnie wielkie zmiany, które rozszerzyły nasz widnokrąg naukowy, wyniknęły ze wzmożo-

nego postępu wiedzy, a nie na skutek jakichkolwiek zmian w strukturze umysłu ludzkiego. Odkryliśmy w obiektywnym wszechświecie poza nami coś zupełnie nowego, nieznanego dotychczas.

Nasi dalecy przodkowie próbowali wytłumaczyć naturę za pomocą pojęć antropomorficznych, stworzonych przez nich samych, i spotkali się z zupełnym niepowodzeniem. Wysiłki bliższych przodków naszych, celem wytłumaczenia natury w ramach inżynierii, okazały się również zawodne, a Natura nie dała się wtłoczyć w którąkolwiek z tych ludzkich form. Natomiast próby wyrażenia istoty natury za pomocą pojęć czystej matematyki uwieńczone 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 biologii lub inżynierii. 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.

Przed stu laty, kiedy to uczeni skłaniali się do mechanistycznego pojmowania świata, żaden mędrzec nie usiłował ich przekonać, iż mechanistyczny pogląd na świat musi w końcu okazać się błędny, iż świat zjawisk nie odkryje tajemnicy swego sensu dopóty, dopóki nie zostanie rzucony na ekran czystej matematyki. Gdyby mędrzec ten umiał przytoczyć przekonywające argumenty na poparcie swego twierdzenia, być może, iż oszczędziłby nauce wiele bezpłodnych wysiłków. Jeśli teraz filozof powiada: to, co

odkryliście obecnie, nie jest żadną nowością, od dawna już powiedzieć wam mogłem, że tak będzie, — uczony mógłby słusznie zapytać: czemuż nie powiedziałeś nam tego wtedy, gdy ta wiadomość przedstawiała dla nas istotną wartość?

Według naszych poglądów wszechświat jest matematyczny, ale w sensie zupełnie różnym od tego, który brał lub mógł brać pod uwagę Kant. Krótko mówiąc, matematyka przenika wszechświat, ujmując go od góry, nie zaś z dołu.

Można twierdzić, iż w pewnym sensie matematyka przenika wszystko. Najprostszą formą matematyki jest arytmetyka, nauka o liczbach i ilościach, a wszak one przenikają całe życie. Np. handel, polegający na operacjach arytmetycznych, księgowaniu, rejestrowaniu itd., jest w pewnym sensie zajęciem matematycznym, ale nie w tym sensie, w jakim świat wydaje nam się obecnie matematyczny. Każdy inżynier musi być również trochę matematykiem, gdyż chcąc obliczyć i określić dokładnie mechaniczne zachowanie się ciał, musi opierać się na wiedzy matematycznej i patrzeć na swe zadania przez okulary matematyczne. Ale i to nie daje nam pojęcia o matematycznym widzeniu świata, stworzonym przez nowoczesną naukę. Matematyka inżyniera różni się w prawdzie od matematyki kupca tym, iż jest o wiele bardziej skomplikowana. Jednakże i w tym wypadku jest ona tylko narzędziem do obliczeń. Zamiast przeliczać inwentarze lub zyski, oblicza ciśnienie, natężenie lub prąd elektryczny.

Skądinąd Plutarch wspomina, że Platon zwykł mawiać, iż Bóg jest odwiecznym geometrą, i za pomocą

dyskusji na fikcyjnym zebraniu usiłuje nam wyjaśnić, co Platon przez to miał na myśli. Oczywiście, jasne jest, iż miał na myśli zupełnie co innego niż my, gdy mówimy, że np. bankier stale rachuje. Pomiędzy przykładami podanymi przez Plutarcha znajduje się następujący: Platon twierdził, iż geometria wyznacza granice temu, co inaczej byłoby nieograniczone, a Bóg zbudował wszechświat na podstawie pięciu regularnych brył. Mniemał on, iż cząsteczki ziemi, powietrza, ognia i wody mają kształt sześcianu, ośmiościanu, piramidy i dwunastościanu, sam wszechświat zaś ma kształt dwudziestościanu. Należałoby jeszcze wspomnieć o mniemaniu Platona, że odległości słońca, księżyca i planet stoją do siebie w stosunku podwójnych interwałów, przez co rozumiał następstwo liczb całkowitych, będących potęgami 2 lub 3, a mianowicie 1, 2, 3, 4, 8, 9, 27.

Jeśli którykolwiek z tych poglądów posiada dziś jakąś cechę słuszności to właśnie pierwszy z nich — wszechświat teorii względności jest skończony, ponieważ jest geometryczny. Przekonanie, iż zachodzi jakikolwiek związek pomiędzy czterema żywiołami i wszechświatem a pięciu regularnymi bryłami, było zwykłym urojeniem a prawdziwe odległości słońca, księżyca i planet nie mają absolutnie żadnego związku z liczbami Platona.

W dwa tysiące lat po Platonie Kepler zmarnował niemało czasu i energii, usiłując doszukać się podobieństwa pomiędzy rozmiarami orbit planetarnych a interwałami muzycznymi i konstrukcjami geometrycznymi. I on, być może, żywił nadzieję odkrycia, że orbity te zostały ułożone przez muzyka lub geometrę. Istotnie, przez czas pewien wie-

rzył, że dokonał odkrycia, stwierdzającego związek pomiędzy osiami orbit a geometrią pięciu regularnych brył. Gdyby to rzekome odkrycie znane było Platonowi, cóż by to był dla niego za niezbity dowód geometrycznych skłonności bóstwa. Kepler sam pisał o tym: zadowolenie, jakie odczułem po dokonaniu tego odkrycia, nie da się wprost wyrazić słowami.

Nie potrzeba nadmieniać, iż wielkie to odkrycie okazało się po prostu mrzonką; nasze nowoczesne umysły odrzucają je natychmiast jako śmieszne. Nie podobna nam bowiem uważać systemu słonecznego za dzieło całkowicie wykończone, zakrzepłe w stanie statycznej bezmienności od chwili, gdy wyszło spod ręki Stwórcy. W pojęciu naszym jest on czymś podlegającym ustawicznym zmianom, rozwojowi, czymś wypracowującym z przeszłości swą własną przyszłość. A jednak gdybyśmy spróbowali przez chwilę nadać myślom naszym bardziej średniowieczne nastawienie i wyobrazili sobie, iż rzecz tak fantastyczna, jak wniosek Keplera, może być prawdziwa, — miał on wszelkie dane po temu, by sądzić, iż ma słuszność po swej stronie. Matematyka, którą by znalazł we wszechświecie, byłaby czymś więcej niż ta, którą zawierało jego założenie, i mógłby słusznie twierdzić, iż tkwiła we wszechświecie matematyka dodatkowa, poza tą, która mu posłużyła do rozwiązania zagadki jego budowy. Mógłby on twierdzić, na swój antropomorficzny sposób, iż świat został stworzony przez geometrę, a zarzut, iż matematyka znaleziona przez niego jest tworem jego matematycznych okularów, sprawiłby na nim równie małe wrażenie, jak na wędkarzu, który by używając na przynętę małej rybki usłyszał takie np. zdanie: widziałem,

jakeś sam włożył tę małą rybkę do środka dużej. — Ale weźmy nowy i mniej fantastyczny przykład.

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 pomysł, iż najbardziej odpowiednim byłby język czystej matematyki, i zaproponowano, aby na Saharze zapalić szeregi ogni, tworzących wykres słynnego twierdzenia Pitagorasa, 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 można by im wówczas zarzucić, że we wszystkim widzą tylko matematykę.

Tak samo, *mutatis mutandis*, ma się sprawa z sygnałami z zewnętrznego świata rzeczywistości, rzucającymi cienie na ściany jaskini, w której jesteśmy uwięzieni. Nie możemy ich sobie wytłumaczyć, jako cieni rzucanych przez żywych aktorów lub przez maszyny. Natomiast matematyk rozpozna w nich od razu wyraz pojęć, z którymi oswoił go rodzaj jego studiów.

Nie moglibyśmy oczywiście wyciągać z tego żadnych wniosków, gdyby pojęcia czystej matematyki, które — jak to znajdujemy — stanowią zasadniczą podstawę budowy wszechświata, były tylko częścią lub wynikiem po-

jęć matematyki stosowanej, używanej przez nas jako narzędzie w badaniu jego istoty.

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 pojęcia, którymi operuje czysty matematyk, nie były wzięte bezpośrednio z doświadczenia. Takim oczywistym przykładem jest pojęcie ilości. Jest ono jednakże tak podstawowe, iż trudno byłoby wyobrazić sobie jakikolwiek układ natury, wyłączający go w zupełności. Inne pojęcia zapożyczają również przynajmniej coś niecoś 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, ale trudno nam uwierzyć, aby tak bardzo skomplikowane pojęcia, jak pojęcie skończonej, zakrzywionej przestrzeni i rozszerzającej się przestrzeni, weszły w zakres czystej matematyki drogą jakiegoś nieświadomego, czy

podświadomego poznania biegu rzeczywistego wszechświata. Jakkolwiek jednak rzecz się przedstawia, nie podobna jest zaprzeczyć, aby natura, zarówno jak nasz świadomy umysł matematyczny, nie działały zgodnie według jednych i tych samych praw. Działanie natury nie odzwierciedla tego, co nam narzucają nasze nastroje i namiętności, lub działania naszych mięśni i stawów; natomiast jest ona odzwierciedleniem działania naszych myślących mózgów. Twierdzenie to jest słuszne, 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. Przemawiając raz jeszcze językiem pospolitego antropomorfizmu, któregośmy już poprzednio użyli, powiedzieć możemy, iż ustosunkowaliśmy się negatywnie do wszelkich prób upatrywania w autorze planu wszechświata biologa lub inżyniera. Sądząc z najistotniejszych znamion jego dzieła, Wielki Budowniczy wszechświata objawia się nam obecnie w postaci czystego matematyka.

Osobiście sądzę, 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 za pomocą myśli, ale i składają się z myśli, podobnie jak dzieła, stworzone przez inżyniera, składają się z maszyn. A już pojęcia, które obecnie wydają nam się podstawowe dla zrozumienia

natury, jako to przestrzeń skończona i przestrzeń próżna, w której różnica pomiędzy dwoma punktami polega tylko na samych własnościach tej przestrzeni, dalej przestrzenie cztero-, siedmio- i wielowymiarowe, lub przestrzeń rozszerzająca się wiecznie, następstwo zdarzeń podległe prawu prawdopodobieństwa zamiast prawu przyczynowości, względnie zdarzenia, które można opisać dokładnie i wyczerpująco jedynie poza czasem i przestrzenią — wszystkie te pojęcia wydają mi się tworami czystej myśli, nie nadającymi się absolutnie do zrealizowania w jakikolwiek materialny sposób.

Np. każdy, kto kiedykolwiek pisał lub wykładał o skończoności przestrzeni, przywykł do zarzutu, iż pojęcie skończonej przestrzeni jest nonsensem, sprzecznością samą w sobie. Jeśli przestrzeń jest skończona — mówią nasi krytycy — to musi istnieć możliwość wyjścia poza jej granice. A cóż innego znajdziemy poza nią? Znów przestrzeń i tak dalej *ad infinitum*. Ma to być rzekomo dowodem, iż przestrzeń nie może być skończona. I na odwrót, jeśli przestrzeń rozszerza się, to w czymże może się rozszerzać, jeśli nie w przestrzeni? Co znów dowodzi, iż to, co się rozszerza, może być tylko częścią przestrzeni, a więc całość przestrzeni rozszerzać się nie może.

Krytycy dwudziestego wieku, stawiający tego rodzaju zarzuty, są przesiąknięci jeszcze duchem nauki dziewiętnastego wieku; materialna budowa wszechświata jest dla nich pewnikiem. Jeśli przyjmiemy ich przesłanki, zmuszeni będziemy do przyjęcia ich wniosku, że nasze twierdzenie jest nonsensem, gdyż logika ich jest niezbita. Ale nowoczesna wiedza nie może w żaden sposób przyjąć ich wnio-

sku. Musi za wszelką cenę nastawać na przyjęcie skończoności przestrzeni, co, oczywiście, znaczy, iż musimy zaprzeczyć przesłankom przyjętym bezwiednie przez naszych przeciwników. Żadna materialna koncepcja nie da nam obrazu wszechświata, a powodem tego jest fakt, iż stał się on wyłącznie pojęciem myślowym. Podobnie jest z innymi bardziej technicznymi pojęciami, jako to „zasadą wyłączania", 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 przypominają nietyle ruchy poszczególnych części maszyny, ile ruchy tancerzy w kontredansie. A jeśli prawdziwa „istota substancji" jest dla nas na zawsze 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 odpowiedniego słowa musimy określić jako myśl matematyka.

Tak więc dotarliśmy do samego jądra zagadnienia stosunku pomiędzy myślą a materią. Zaburzenia atomowe na odległym słońcu wywołują promieniowanie światła i ciepła. Po ośmiominutowej „wędrówce przez eter", część tego pro-

mieniowania wpada do oczu naszych i powoduje na siatkówce pewne zaburzenia, które wzdłuż nerwu wzrokowego dochodzą do naszego mózgu, przetwarzającego je na wrażenie wzrokowe. Wrażenie to staje się punktem wyjścia nowych myśli, których rezultatem będzie — powiedzmy — szereg poetycznych spostrzeżeń na temat zachodu słońca. Powstaje więc ciągły łańcuch A, B, C, D,....X, Y, Z, łączący A — poetyczną myśl — poprzez B — myślący umysł, C — mózg, D — nerw wzrokowy itd. z Z — zaburzeniami atomowymi na słońcu. Myśl A powstaje z odległego zaburzenia Z tak, jak dźwięk dzwonka powstaje na skutek pociągnięcia odległego sznura. Łatwo nam jest zrozumieć, w jaki sposób pociągnięcie materialnego sznura wywołuje dźwięk materialnego dzwonka, gdyż między tymi rzeczami istnieje na całej linii materialne połączenie. Ale o wiele trudniej jest zrozumieć, w jaki sposób zaburzenia atomów materii powodują powstanie poetycznych myśli, gdyż te dwie rzeczy tak bardzo różnią się od siebie. Z tego powodu Kartezjusz tak uparcie twierdził, że nie może istnieć żaden możliwy związek pomiędzy duszą a ciałem. Wierzył on, że należą one do zupełnie odrębnych rodzajów substancji. Przymiotem materii jest rozciągłość w przestrzeni, przymiotem duszy — myślenie. Prowadziło go to do przekonania, że istnieją dwa różne światy: świat ducha i świat materii, a każdy z nich ma swój własny, niezależny bieg po torach równoległych, nie mogących nigdy zetknąć się ze sobą. Berkeley i inni filozofowie kierunku idealistycznego zgadzali się z Kartezjuszem, iż wobec zasadniczo różnej natury ducha i materii nie może zachodzić pomiędzy nimi żadne wzajemne oddziaływanie. Skoro jednak fakt ich ustawicznego wzajemnego

oddziaływania nie ulega wątpliwości, przeto materia musi być tej samej natury co duch, a według terminologii Kartezjusza przymiotem materii powinno być raczej myślenie, niżeli rozciągłość. Jeśli wyrazimy je dokładniej, twierdzenie to brzmiało: przyczyny muszą być tej samej natury, co skutki. Jeśli B w tym łańcuchu wytwarza A, to B musi być zasadniczo tej samej natury co A, C — co B, itd. A więc Z musi być tej samej natury co A. Jednakże jedynymi ogniwami łańcucha, co do których posiadamy bezpośrednie wiadomości, są nasze własne myśli i wrażenia A i B. O istnieniu i naturze odległych ogniw X, Y, Z dowiadujemy się jedynie drogą pośrednią, na mocy efektów wywołanych w naszym umyśle poprzez nasze zmysły.

Berkeley więc, utrzymując, iż nieznane odległe ogniwa X, Y, Z muszą być tej samej natury, co znane nam bliskie ogniwa A, B, twierdził, że muszą one mieć charakter myśli, albo idei „gdyż w gruncie rzeczy nie ma nic podobniejszego do idei z wyjątkiem idei".

Idea jednak nie może powstać bez umysłu, w którym się rodzi. Możemy powiedzieć, iż przedmiot istnieje w naszym umyśle tak długo, jak jesteśmy świadomi jego istnienia, ale to nie wyjaśnia jego egzystencji w czasie, kiedy nie jesteśmy go świadomi. Tak np. planeta Pluton istniała na długo przedtem, nim jakikolwiek umysł ludzki domyślał się jej istnienia, a nawet zostawiła ślad swego istnienia na kliszach fotograficznych na długo przedtem, zanim jakiekolwiek oko ludzkie zdołało ją dostrzec. Takie właśnie rozważania doprowadziły Berkeley'a do przyjęcia istnienia Wiecznej Istoty, w umyśle której istniałyby wszystkie przedmioty, i w dźwięczny i wspaniały sposób, właściwy

ubiegłym wiekom, streścił on swą filozofię 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 w ogóle 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. Biologia, której zadaniem jest badanie związku pomiędzy pierwszymi ogniwami łańcucha A, B, C, D, zdaje się skłaniać do wniosku, iż ogniwa te są wszystkie jednakiej natury. W danym wypadku twierdzenie to zostało wyrażone w takiej formie, iż skoro biologowie uważają C, D za mechaniczne i materialne, A, B musi być również mechaniczne i materialne. Oczywiście jednak z równym powodzeniem można by ująć to w inną formę, iż skoro A, B, są duchowe — C, D muszą być również duchowe.

Fizyka natomiast, niewiele się troszcząc o C, D, sięga wprost do końcowych ogniw łańcucha. Stawia ona sobie za zadanie poznanie istoty X, Y, Z. A zdaje mi się, iż osiągnięte przez nią wyniki utwierdzają w nas przekonanie, iż owe końcowe ogniwa — bez względu na to, czy ujmiemy wszechświat jako całość, czy wnikniemy w głębię budowy atomu — są tej samej natury co A i B — natury czystej myśli. — Dochodzimy więc do konkluzyj Berkeley'a, ale docieramy do nich, dążąc od przeciwnego końca.

Ze względu na nasz odmienny sposób ujęcia zagad-

nienia osiągnęliśmy najpierw ostatnią z trzech alternatyw Berkeley'a, 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 moim zdaniem takie mniemanie byłoby zbyt powierzchowne. Jeśli prawdą jest, że „istota substancji" jest niepoznawalna, wówczas linia demarkacyjna pomiędzy realizmem a idealizmem zaciera się niemal w zupełności, staje się ona co najwyżej 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"; właściwym mianem byłoby, jak sądzę, „matematyczny", z tym jednak zastrzeżeniem, że obejmuje ono całość czystej myśli, nie zaś wyłącznie studia zawodowego matematyka. Podobne określenie nie narzuca nam żadnego pojęcia, jaką jest istota rzeczy, ale raczej jak się one zachowują.

Obrane przez nas określenie nie spycha jednakże materii do kategorii snów i ułudy; materialny wszechświat pozostaje i nadal substancjalnym, jak był nim dotąd, a twierdzenie to musi, jak sądzę, ostać się poprzez wszel-

kie zmiany myśli naukowej lub filozoficznej; pojęcie substancji bowiem jest pojęciem czysto myślowym, mierzącym bezpośredni efekt przedmiotów na nasz zmysł dotyku. Mówimy, że kamień lub samochód jest substancją, gdy tymczasem echo lub tęcza nią nie są; taka jest po prostu 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 niesubstancjalne lub mniej substancjalne, jest samo w sobie sprzecznością i absurdem.

Opowiadają iż dr Johnson wyraził swą opinię o filozofii Berkeley'a, trącając nogą o kamień i mówiąc: „Nie, Sir, oto obalam ją w ten sposób". To małe doświadczenie nie dawało podstawy oczywiście najmniejszej dla domniemanego rozwiązania owego filozoficznego zagadnienia, a było po prostu tylko sprawdzeniem substancjalności materii. Niezależnie zaś od postępu nauki kamienie zawsze pozostaną ciałami substancjalnymi, ponieważ one i im podobne przedmioty tworzą podstawę do określenia pojęcia substancji.

Ktoś powiedział, iż może w istocie udałoby się Johnsonowi obalić filozofię Berkeley'a, gdyby kopnął przypadkiem nie kamień, lecz kapelusz, do którego jakiś psotny malec włożyłby poprzednio cegłę. „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 w ogóle trudno byłoby uczynić w życiu cośkolwiek, co by nie obalało również takiego pojęcia. Dowód, wynikający ze zdziwienia albo z nowych wiadomości, jest bezsilny wobec koncepcji wszechogarniającego umysłu, którego poszczególne nasze umysły, tj. umysł zadziwiającego lub umysł zadziwionego są pojedynczymi jednostkami lub nawet wyrostkami. Podobnie 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 wyłącza 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 przy tym, 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 halucynacji i snów, gdyż jest on bez wątpienia mniej substancjalny 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, ta druga bowiem, wspólna nam wszystkim, jest właśnie przestrzenią owego uniwersalnego umysłu. To samo 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, tzw. 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 sytuacyj, 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 energia, ten podstawowy element wszechświata, musiała być traktowana 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 wprawdzie 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 czymś 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 itd., były do siebie podobne. Powiedzmy np., że Hermes jest wiatrem: wówczas wszystkie jego przymioty, zawarte będą 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 itd.; nie będzie on potrzebował posągów Hermesa dla przypomnienia sobie tych własności, aczkolwiek, gdyby miał się opierać na statuach, potrzeba by mu było długiego ich szeregu i to różnych jedna od drugiej. A jednak kilku fizyków matematyków pracuje gorliwie nad rzeźbieniem obrazów pojęć mechaniki falowej.

Krótko mówiąc, wzór matematyczny nie może nam nigdy powiedzieć, czym jest dana rzecz, tylko jak się ta rzecz zachowuje; może on określić jakiś przedmiot jedynie za pomocą jego własności, a mało jest prawdopodobne, aby te własności 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 w ogóle o nim wiedzieć można; wówczas zaś wolno nam uważać je bądź za cząstki, bądź za fale, zależ-

nie 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 już bowiem, że 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 wszechświata w postaci szeregu przedmiotów w trzech wymiarach, a zjawisk, jako szeregu zdarzeń w czterech wymiarach; żadna jednak z tych interpretacyj 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 po prostu 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, będących wytworem naszych własnych myśli, lub tych, które inni tworzą, czy też nam opisują. W opowiadaniu du Mauriera Peter Ibbetson i księżna Towers budują w swych marzeniach olbrzymie pałace i ogrody, które, rosnąc i przybierając coraz to potężniejsze kształty, nie wzbudzają wszelako w swych twórcach najmniejszego przerażenia. Ogrom wszechświata powinien wzbudzać i w nas raczej zadowolenie niżeli grozę, albowiem nie lada miasta jesteśmy mieszkańcami. Przy tym nie potrzebujemy zastanawiać się nad skończonością przestrzeni, nie odczuwamy przecież najmniejszej ciekawości wobec 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 z powrotem w przeszłość, napotykamy liczne wskazówki, naprowadzające nas na przypuszczenie, że w końcu tej długiej wędrówki musimy dojść do źródła tj. do chwili, w której obecny wszechświat jeszcze nie istniał. Natura boczy się na perpetuum mobile i *a priori* wydaje się nieprawdopodobnym, aby wszechświat miał w wielkiej skali dostarczyć nam przykładu mechanizmu, przed którym sam się wzdryga. Drobiazgowe rozpatrywanie natury potwierdza to mniemanie, nauka termodynamiki tłumaczy nam bowiem, w jaki sposób wszystko w naturze dąży do stanu końcowego przez proces, zwany „wzrostem entropii". Entropia 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.

Niektórzy uczeni, nieliczni, jak sądzę, nie zgodzą się z ostatnim poglądem. Nie zaprzeczają oni wprawdzie, że gwiazdy roztapiają się w promieniowaniu, ale utrzymują, że gdzieś, w oddalonych głębiach przestrzeni, promieniowanie, wyzwolone w tym procesie, może łączyć się z powrotem na materię. 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 tych światów. W ten sposób głoszą oni istnienie czegoś, co można by nazwać wszechświatem cyklicznym: gdy umiera on w jednym miejscu, pośmiertne jego szczątki stają się gdzie indziej zaczątkiem nowego życia.

To pojęcie cyklicznego wszechświata stoi w rażącej sprzeczności z ugruntowaną zasadą drugiego prawa termodynamiki, które głosi, iż entropia musi stale wzrastać i że istnienie cyklicznego wszechświata jest niemożliwe w tym samym stopniu i dla tej samej przyczyny, dla jakiej niemożliwy jest nieustanny ruch maszyn. Bez wątpienia możliwe jest do przyjęcia, iż w pewnych warunkach astronomicznych, o których nie mamy żadnego pojęcia, prawo to może zawodzić, przypuszczam jednak, że większość poważnych uczonych uważa to za wielce nieprawdopodobne.

Nie można zaprzeczyć, iż koncepcja cyklicznego charakteru wszechświata jest bez porównania bardziej pociągająca. Dla większości ludzi myśl o ostatecznym zaniku wszechświata jest równie odrażająca, jak myśl o zapadnięciu się w nicość ich własnej osobowości. Wspólne wszystkim ludziom pragnienie osobistej nieśmiertelności znajduje swój makroskopowy odpowiednik w marzeniach o niezniszczalności wszechświata.

Natomiast bardziej zgodne z ortodoksyjnym poglądem naukowym byłoby twierdzenie, iż entropia wszechświata musi stale wzrastać aż do swego maximum. Obecnie nie osiągnęła jeszcze ona swego końcowego maximum — nie byłoby możliwe oczywiście myśleć wówczas o tym; wzrasta ona wciąż jeszcze stale, musiała więc mieć swój początek, fakt więc, 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 myśli. Rzeczywiście, skończoność czasu i przestrzeni zniewala nas do wystawiania sobie aktu stworzenia w postaci aktu myśli, oznaczenia zaś stałych astronomicznych w rodzaju promienia wszechświata lub liczby elektronów w nim zawartych zawierają w sobie pojęcie myśli, której bogactwo mierzymy ogromem tych wielkości. Czas i przestrzeń, tworzące oprawę myśli, musiały tedy powstać jako część tego aktu stworzenia. Pierwotne kosmologie malowały Stwórcę działającego w czasie i przestrzeni, wykuwającego 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 swym płótnem. Zgadza się to z twierdzeniem św. Augustyna: „Non in tempore sed cum tempore finxit Deus mundum". Nauka ta sięga wstecz aż do Platona:

„Czas i niebiosa 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 materializacji myśli.

Można by tu zarzucić, iż całe nasze dowodzenie jest oparte na przekonaniu, że obecna matematyczna interpretacja wszechświata jest do pewnego stopnia jedyna i okaże się ostateczną. Streszczając użytą przez nas przenośnię, można by powiedzieć, iż sposób opisywania rzeczywistości w postaci gry w szachy jest jedynie wygodnym 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 nieumiejący 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..." itd.; grający w szachy zaś powie: „białe: Sgl—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 zjawisk przekonywa nas dzięki swej prostocie; posiada ono nie tylko zalety prostoty, ale ponadto największe prawdopodobieństwo rzeczywistego wytłumaczenia zjawisk. Jeśli tedy nie można z całą pewnością przyjąć, że tłumaczenie matematyczne istotnie okaże się najprostszym i ostatecznym, to jednak możemy bez wątpienia powiedzieć, iż jest ono najprostsze i najdokładniejsze ze wszystkich podanych dotychczas i posiada największe szanse tłumaczenia najbardziej zbliżonego do prawdy. Niektórzy czytelnicy nie zgodzą się z tym zapatrywaniem, opierając się na przekonaniu, że dzisiejsza matematyczna interpretacja natury może się łacno okazać stadium przejściowym do nowej interpretacji mechanistycznej. Współczesne umysły mają, jak sądzę, specjalną skłonność do tej drugiej interpretacji. Częściowo winne jest temu nasze początkowe wyszkolenie naukowe, częściowo codzienna obserwacja przedmiotów o charakterze mechanizmów, w rezultacie czego tłumaczenie wszystkiego za pomocą mechaniki wydaje się nam naturalnym i łatwo zrozumiałym. 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 filozofii. Jeśli więc nawet cośkolwiek jest przeznaczone do zastąpienia matematyki, to mechanika zdaje się mieć specjalnie słabe po temu widoki.

Zbyt często zapomina się o tym, że możemy te wszystkie zagadnienia rozważać jedynie pod kątem prawdopodo-

bieństwa. Uczony przywykł już do zarzutów, że zmienia on co chwila swoje poglądy, zarówno jak i do lekkich napomknień, że zdania jego nie należy brać zbytnio na serio. Niesłuszne jest jednak czynienie mu zarzutu z tego, iż badając rwące nurty wielkiej rzeki, wpada on niekiedy w jakąś odnogę, zamiast płynąć nieprzerwanie głównym prądem, żaden bowiem badacz nie może być pewny, że odnoga jest tylko odnogą, dopóki nie przepłynie jej do końca. Nierównie ważniejszą sprawą, wymykającą się kontroli każdego badacza, są ciągłe 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 ustawicznie zakręca, 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 ostanich 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 ostatecznym 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 niemechanistycznej, a wszechświat zaczyna się nam objawiać raczej w postaci wielkiej myśli niż wielkiej maszyny.

Umysł nie wydaje się już przypadkowym intruzem w dziedzinie materii, 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 materii i ducha, ponoszący główną odpowiedzialność za owo rzekomo wrogie stanowisko, zdaje się ustępować z widowni, nie dlatego jednakże, aby materia miała przybrać charakter cienia lub czegoś niematerialnego, albo żeby duch zeszedł do roli

funkcji działającej materii, lecz dlatego, że sama materia okazała się po prostu wytworem i manifestacją ducha. Odkrywamy obecnie, iż wszechświat daje dowody istnienia potęgi, wyznaczającej i kontrolującej, a mającej coś wspólnego z naszym indywidualnym umysłem, przy czym 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. Gdy więc liczne objawy wydają się być wrogie materialnemu podścielisku życia, wiele znów innych zdaje się działać na jego korzyść. Nie jesteśmy przeto, 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 było właściwie uzupełniać każdy paragraf niniejszej książki, a mianowicie, że wszystko, co powiedzieliśmy powyżej, każdy wniosek, wysunięty w formie próby, jest, szczerze mówiąc, najzupełniej niepewny i spekulatywny. Spróbowaliśmy tylko rozważyć, czy też dzisiejsza nauka ma coś do powiedzenia o zawiłych zagadnieniach, które może na zawsze pozostaną niedostępne dla ludzkiego umysłu. Nie możemy jednak dufać, aby dane nam zostało ujrzeć cośkolwiek więcej ponad słabe światełko, a może nawet i ono było tylko złudzeniem. Nie ulega bowiem wątpliwości, że ponad siły wzrok nasz mu-

sieliśmy wytężyć, aby w ogóle cośkolwiek 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 tak już często zawracał w swym biegu.

# S K O R O W I D Z


A

Aberacja światła 85
Antropomorfizm 14
Atomy (budowa) 10, 51, 52, 56, 57, 58, 59
Azot 10

B

Bach 22
Berkeley 145, 146, 147, 149
Boccaccio 144
Bohr N. 126
Brace D. B. 91
Bragg W. 44
British Museum 8
Bromek srebra 53
Bruggencate 71, 72

C

Cameron G. H. 77
Cel istnienia 17
Ciążenie 23
— prawo 52
Ciepło 54
Ciśnienie grawitacyjne 52
Compton A. H. 42, 44, 75
Continuum 105—109, 114—117, 126—127
Czas (istota jego) 35—36, 115
Cząsteczki 11, 52
Czerwienienie światła 71, 72
Człowiek pierwotny 16
Czysta matematyka 140, 141
Czwarty wymiar 35

D

Darwin C. R. 11
Dauvillier A. 46
Davisson C. J. 48
De Broglie Louis 44, 128
Demokryt 51
Dempster A. J. prof. 48
De Sitter W. prof. 67, 70
Determinizm 31, 33—34
Dirac P. A. M. 126, 129, 153
Długość fali 40, 46
Doppler
— zasada 69
Droga Mleczna 9, 77
Dualizm 157
Dwutlenek wodoru 11, 53
Dyfrakcja 39, 47
Dźwięk 54

E

Eddington A. S. 107, 116
Einstein A. 24, 28, 57—59, 65—67, 92—94, 101—114
Elektrony 42, 44, 45, 46, 56, 59, 123
Emisja promieniowania 61
— światła 29
Energia 53
— ciepła 54
— dźwięku 54
— elektryczna 54
— mechaniczna 54
— ruchu 54
Entropia 154, 155
Eter 83—117, 123
— świetlny 85

F
Fale
— elektronowe 124
— światła 40—41
— układ 45
Faraday M. 57, 59, 85, 106
Filozofia atomistyczna 51
Fitzgerald G. F. 89, 90, 98
Fizyka współczesna 19
Fotografia 53
Fotony 42, 75
— niepodzielność 43
Fresnel A. 45

G
Galileusz 11, 130
Gasnące słońce 5—18
Germer L. H. 48
Grawitacja 66, 98, 99
Gwiazdy
— waga 63
— życie 63

H
Heisenberg W. prof. 30, 122, 129, 153
Hel 79
Helmholtz H. von 20
Hipoteza świata mechanicznego 101
Hipotezy robocze 55
Hubble E. 68
Hull G. F. 60
Humason 68
Huyghens C. 85
Huxley T. H. 8

I
Idealistyczne teorie 22
Inercja 52
Interwały muzyczne 133—134
Istota substancji 144

J
Jednolitość natury 44
Johnson dr 149, 150
Joule J. P. 54

K
Kant 135, 137
Kartezjusz 132, 145
Kąt padania światła 37
— załamania światła 37
Kepler 138, 139
Kelvin Lord 21
Kierunek mechanistyczny 136
Kikuchi S. 48
Kobalt 13
Komórka żywa 10
Koniec życia na ziemi 17
Kopernik 89
Korpuskularna teoria światła 37, 44
Krikiet 102
Krzywizna przestrzeni 64
Ksenon 80
Kwantów teoria 24

L
Laue M. von 44
Lavoisier A. L. 53
Lebedew P. 60
Leibnitz G. W. 123
Lemaître G. ks. 66, 67
Liczby urojone 133
Linie sił 59
— światowe 120—122
Locke John 133
Lodge Oliver 107
Lorentz H. A. 89, 90, 98
Lukrecjusz 51, 52

M
Magnetyzm 13
Malarz-kubista 134

Mars (planeta) 140
Masa ciała 52
—energetyczna elektronu 73
— spoczynkowa 57, 73
Mc. Lennan J. C. 27
Matematyka 130
— czysta 132, 136
— stosowana 141
Materia 50, 65—82
— zanik 74
Maxwell J. Clerk 21, 57—60 85, 106, 107, 110
Mechanika falowa 40, 45, 81, 129
Mechanistyczny światopogląd 21—22
Meteory 61
Meteoryty 61
Mgławice spiralne 68
Michał Anioł 22
Michelson-Morley 87—92,
Millikan R. A. 77—79
Minkowski H. 101, 105, 113
Mocznik 12
Monady 123
Mosharrafa A. M. 82

N

Newton Isaac 20, 22, 36—37, 52, 53, 55, 86, 92, 93, 95, 97, 100, 109, 114,
Nichols E. F. 60
Niedziałki (atomy) 52
Niepewność
— zasada 126
Niepodzielność fotonów 43
Niewyznaczalność wiedzy 126
Nikiel 13

O

Oddalanie się mgławic 71
Okkam Wilhelm 100
Ozon 11

P

Perpetuum mobile 92
Pianola 134
Pierścienie dyfrakcyjne 39
— interferencyjne 39
Pitagoras 140
Planck Max prof. 23
Platon 122, 129, 137, 138, 157
Plutarch 137
Pluton 146
Pojęcia antropomorficzne 139
Poynting J. H. 111
Prawdopodobieństwo 26
Prawo ciążenia 20, 52, 99
— prawdopodobieństwa 137
— przyczynowości 20, 24, 33—34, 50, 129
— termodynamiki 17
— zachowania energii 50—
— — 52, 78
— — masy 50—52, 78
— — materii 49—50, 52, 78
Promienie kosmiczne 26—27, 41, 76
Promieniotwórczość 13
Promieniowanie 23, 41, 50, 57, 65—82, 118, 123, 132
— ciśnienie 6
— kosmiczne 80
— pozafiołkowe 76
Promień świetlny 35
Protony 43, 56
Pryzmat 39
Przestrzeń 8, 115, 141—143
— czterowymiarowa 102
— krzywizna 64
— trójwymiarowa 102
— wielowymiarowa 123—
—124

Przestrzeń wymiary 15
Przeznaczenie 30
Przyczynowość 24, 50
Przypadek 8
Przypadkowość 14

R

Racjonalizm 132
Rad 25
Rayleigh 91
Rdzewienie żelaza 52
Recesja 72—73
Rozkład atomów 42, 129
Rozpad atomów 25—26
— samorzutny 26
Rozszczepianie światła 43
Ruch 54
Rupp E. 48
Rutherford E. 26, 56
Rzeczywistość niemechanistyczna 155

S

Salisbury 83
Schrödinger E. 46, 124, 128
Shapley H. 62
Siła grawitacji 64, 115
— żywotna 12
Składniki ciała żyjącego 10
Skon ciepła 17
Słońce gasnące 5—18
Soddy F. 26
Spokój absolutny 94
Stała *h* Plancka 32
Strefa możliwości życia 9
Struktura wszechświata 81
Stworzenie wszechświata 10
Stwórca wszechświata 13—14
Synteza chemiczna 12
Szczeniowski 48
Szybkość mgławic 72

Ś

Śmiertelność atomów 28
Świadomość 121
Światło (fale) 40—41
— gwiazd 77
— mgławic 68
— waga 53
Światopogląd mechanistyczny 21—22
Św. Paweł 22

T

Temperatura 9
— słońca 6
— wnętrza słońca 73
Teoria grawitacji 97
— Einsteina 24
— kwantów 24, 36, 41, 129
— światła korpuskularna 36—39
— undulacyjna 44
Teoria względności 36, 57, 64—65, 83—117
Thomson G. P. 48
Thomson J. J. 55, 56, 124
Tlen 10, 11
Trouton F. T. 91
Twierdzenie Newtona 36
— — słuszność 45
Tymeusz 122

U

Układ fal 45
Unicestwienie materii 73

W

Waga światła 53
Waterston J. J. 21
Weyl H. 116, 122

Węgiel 10, 11, 12
Widmo światła 40—41
Wiek gwiazd 68, 78
Woda 11
Wodór 10, 11
Wola 35
Wöhler 11
Wszechświat (ogrom) 7
— cykliczny 78
— jako czysta myśl 142
Wymiar czwarty 35
Względności teoria 36, 57, 64—65, 83—117
Wzór matematyczny 143

X

X promienie 27—28

Y

Young Tomasz 45, 85—86

Z

Załamanie się światła 36—37
Zanik materii 74
— protonów i elektronów 78
— wszechświata 78
Zasada Dopplera 69
— niepewności 126
— niewyznaczalności 30
— względności 100
Zero absolutne 9
Znikomość życia 15
Zwicky F. 70, 71

Ż

Żelazo 13
Życia znikomość 15
Życie 10
— gwiazd 63
— powstawanie 67

Państwowego Liceum Pedagogicznego
Biblioteka
w Gliwicach
BIBLIOTEKA
Państwowego Liceum Pedagogicznego
w GLIWICACH
Studium Nauczycielskie
Biblioteka
Gliwice

# SPIS RZECZY


Str.

PRZEDMOWA . . . . . 1

ROZDZIAŁ PIERWSZY
Gasnące słońce . . . . . 5

ROZDZIAŁ DRUGI
Nowy świat fizyki współczesnej . . 19

ROZDZIAŁ TRZECI
Materia i promieniowanie . . . . . 50

ROZDZIAŁ CZWARTY
Względność i eter . . . . . 83

ROZDZIAŁ PIĄTY
W przepastne głębiny . . . . . 118

SKOROWIDZ . . . . . 163

# BIBLIOTEKA WIEDZY

1 CLARENCE AUGUST CHANT
**CUDA WSZECHŚWIATA**
łatwy wstęp do poznania nieba, z 132 ilustr.
wydanie drugie str. 193

2 LASSAR-COHN
**CHEMIA W ŻYCIU CODZIENNYM**
z 28 rysunkami str. 292

3 SIR JAMES JEANS
**NOWY ŚWIAT FIZYKI**
wydanie drugie z 7 ilustracjami str. 167

4 PAWEŁ DE KRUIF
**ŁOWCY MIKROBÓW**
z 18 ilustracjami str. 322

5 WILLIAM BEEBE
**W GŁĘBINACH OCEANU**
Wydanie drugie z 50 ilustr. i mapą str. 180

6 SIR WILLIAM BRAGG
**TAJEMNICE ATOMU**
z 57 figurami i 32 tabl. zawierającymi 74 ryciny
str. 185

7 W. BUDDENBROCK
**ŚWIAT ZMYSŁÓW**
z 59 rysunkami str. 245

8 Inż. E. PORĘBSKI
**WIELCY TWÓRCY NAUKI**
wydanie drugie z 58 portretami str. 304

9 Prof. JAN CZEKANOWSKI
**CZŁOWIEK W CZASIE I PRZESTRZENI**
wydanie drugie z 95 ilustr. i mapami str. 280

10 W. H. BOULTON
**WIECZNOŚĆ PIRAMID I TRAGEDIA POMPEI**
z nowych badań archeologii
z 75 ilustracjami i tablicą barwną str. 256

11 PAWEŁ DE KRUIF
autor „Łowców mikrobów"
**WALKA NAUKI ZE ŚMIERCIĄ**
wydanie drugie z 16 ilustracjami str. 394

12 J. WEYSSENHOFF, C. BIAŁOBRZESKI, L. WERTENSTEIN, S. SZCZENIOWSKI
**OD GWIAZDY DO ATOMU**
wydanie drugie z 46 ilustracjami str. 238

13 JAMES KENDALL
**NOWOCZESNA ALCHEMIA**
z 62 ilustracjami i 16 tablicami str. 256

14 H. G. WELLS
**HISTORIA ŚWIATA**
z 40 ilustracjami i 10 mapami str. 348

15 E. HAWKS
**DZIWY PRZYRODY**
wydanie drugie str. 250

16 K. FRISCH
**ŻYCIE PSZCZÓŁ**
wydanie drugie z 96 ilustracjami str. 163

17 H. i M. VOWLES
**CZŁOWIEK I SIŁY PRZYRODY**
z 25 ilustracjami str. 229

18 Dr ARTUR HAAS
**ZASADY FIZYKI**
Światło — Elektryczność — Ciepło — Materia
z 76 ilustracjami str. 309

19 E. HAWKS
**DZIWY POWIETRZA I WODY**
z 83 ilustracjami str. 248

20 WILLIAM BEEBE
**923 METRY W GŁĄB OCEANU**
z 95 barwnymi i czarnymi ilustr. str. 318

21 Dr LUDWIK GROSS
**LUDZKOŚĆ W WALCE O ZDROWIE**
z 7 portretami str. 333

22 E. DIMNET
**SZTUKA MYŚLENIA**
wydanie drugie str. 122

23 WILLIAM BEEBE
**KRAINA WÓD NONSUCH**
z 55 ilustracjami str. 210

24 H. W. VAN LOON
**GEOGRAFIA W KALEJDOSKOPIE**
z 16 barwnymi tablicami i 59 rysunkami str. 389

25 Prof. Dr R. GOLDSCHMIDT
**WSTĘP DO NAUKI O ŻYCIU**
z 181 ilustracjami str. 327

26 A. ZISCHKA
**JAPONIA**
z 25 ilustracjami i 2 mapami str. 415

27 HENRI DE VIBRAYE
**MITOLOGIA**
z 32 rotograwiurami str. 212

28 RITCHIE CALDER
**NARODZINY PRZYSZŁOŚCI W RETORCIE UCZONYCH**
z 8 ilustracjami str. 250

29 M. A. NOURSE
**DZIEJE 400,000.000 NARODU**
Chiny od czasów najdawniejszych do chwili obecnej.
Z 6 mapami i 47 ilustracjami str. 324

30 SIR ARTHUR EDDINGTON
**NAUKA NA NOWYCH DROGACH**
z 4 ilustracjami str. 310

31 PAWEŁ DE KRUIF
**POGROMCY GŁODU**
str. 342

32 Dr ALEXIS CARREL
**CZŁOWIEK ISTOTA NIEZNANA**
z portretem autora str. 272

33 T. R. GLOVER
**ŚWIAT STAROŻYTNY**
z 98 ilustracjami i 8 mapami str. 336

34 ALBERT DRYJSKI
**MÓZG I DUSZA**
z 57 ilustracjami str. 288

35 WILLIAM BEEBE
**GALÁPAGOS**
Na krańcach świata
z 84 barwnymi i czarnymi ilustr. str. 346

36 M. BOLL
**ZAGADKI ZJAWISK FIZYCZNYCH**
z 60 ilustracjami

37 ANTON ZISCHKA
**ITALIA DZISIEJSZA**
z 25 ilustracjami

38 PROF. DR R. GOLDSCHMIDT
**NAUKA O DZIEDZICZNOŚCI**
z 50 ilustracjami

39 WITOLD JABŁOŃSKI, JAN PRZYŁUSKI, RUDOLF RANOSZEK, STANISŁAW SCHAYER, ANTONI ŚMIESZEK, TADEUSZ ZIELIŃSKI
**RELIGIE WSCHODU**
z 44 ilustracjami

40 Dr A. SOŁTAN, J. MAZUR, Dr W. KAPUŚCIŃSKI, S. SZCZENIOWSKI, Dr L. WERTENSTEIN
**TRYUMFY EKSPERYMENTU I JEGO GRANICE**
z licznymi ilustracjami

41 P. SCHMITZ
**WSZECHSTAM**
z 30 ilustracjami mapami

42 F. A. KIRKPATRICK
**ZDOBYWCY AMERYKI**
z 21 ilustracjami

43 A. G. MACDONELL
**NAPOLEON I JEGO MARSZAŁKOWIE**
z 26 portretami

DALSZE TOMY W DRUKU

STUDIUM NAUCZYCIELSKIE
w GLIWICACH
SP 18423