

LUDWIK WERTENSTEIN

# POCHWAŁA FIZYKI



L. ~~2275~~

BIBLIOTEKA  
Państwowego Liceum Pedagogicznego  
w GLIWICACH

Nr. ~~1376~~

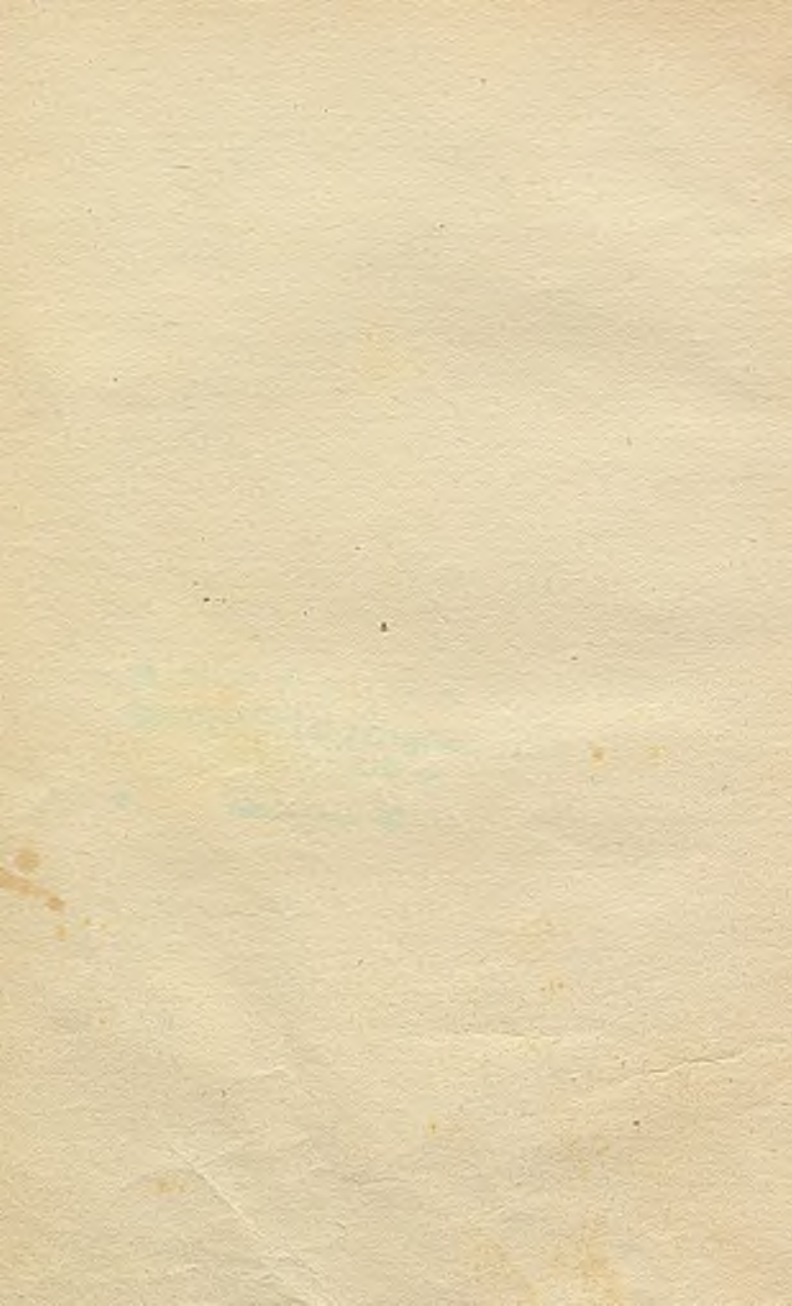


WARSZAWA 1935  
WYDAWNICTWO J. PRZEWORSKIEGO

BIBLIOTEKA NAUKOWA TOM 4

~~BIBLIOTEKA  
Państwowego Liceum Pedagogicznego  
w GLIWICACH~~

Nr. 1376





53

Wert.  
Poch.  
1376



SN 18538



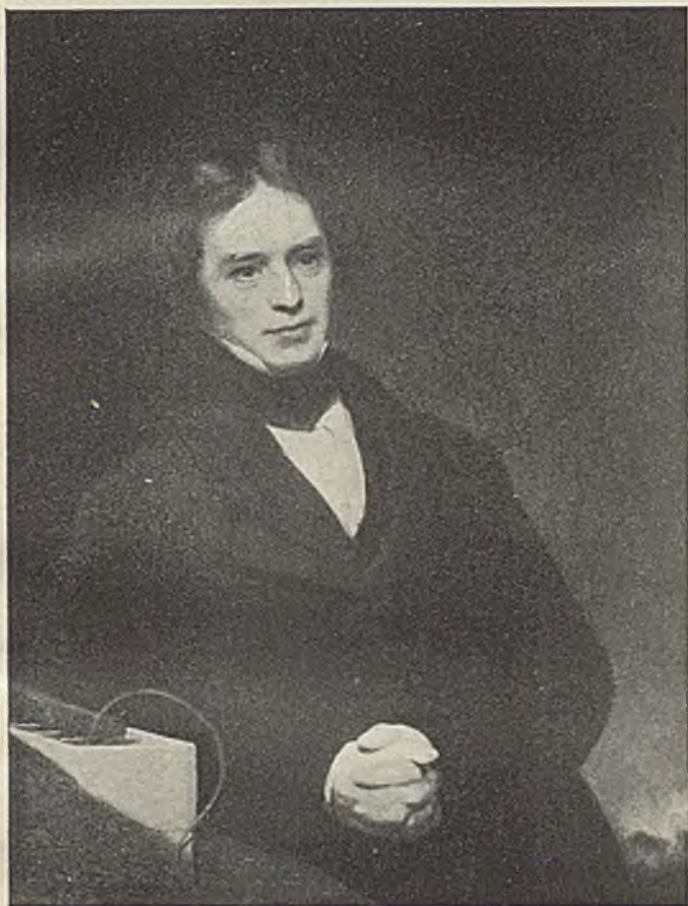
## POCHWAŁA FIZYKI

Wiadomo: „każdy cygan swoje dziecko chwali“. Nic przeto dziwnego, że fizyk uważa swoją naukę za najciekawszą i najdoskonalszą, za najpiękniejszy twór ducha ludzkiego; jej uprawianie za największe szczęście, jakie może spotkać człowieka, jej popieranie za najważniejsze zadanie ludzkości, za główny obowiązek rządów i bogaczy. To wszystko jest wybaczone, jest nawet psychologicznie zrozumiałe. Ale czy uda mu się choćby drobną cząstkę tego entuzjazmu zaszczepić bliźniemu, „to the man in the street“, robotnikom, kupcom, przemysłowcom, artystom, politykom, wreszcie, co najtrudniejsze, bratnim duszom z „konkurencji“, t. j. uczonym innego typu?

Czytelniku, który przeglądasz ten feljeton, w domu przy świetle żarówki oszczędnościowej, pomyśl przez chwilę z wdzięcznością o piwowarze i fizyku angielskim, Jamesie Prescott Joule'u, który odkrył, że prąd elektryczny rozżarza cienkie druciki, o amerykańskim fizyku Irvingu Langmuirze, którego pracom zawdzięczamy udoskonalenie żarówki dawnego typu i odkrycie t. zw. półwatówki. Jeżeli czytasz w tramwaju, wiedz, że motor elektryczny zawdzięcza swoje istnienie odkryciom Christiana Oersteda i André-Marie Ampère'a, dotyczącym sił, jakie wywierają na siebie wzajemnie prądy i magnesy. Ale może jednak czytałeś w domu i czyta-

nie to przerwał ci dzwonek (elektryczny, będący zastosowaniem elektromagnesu, odkrytego przez François Arago, zasilany prądem z ogniwa, które jest udoskonaleniem stosu Alessandra Volty) inkasenta elektrowni miejskiej. Wobec kiepskiego humoru, w jaki wprawia Cię ta wizyta, zapewne nie w porę będzie stwierdzenie, że nie byłoby na świecie ani elektrowni, ani wogóle żadnych elektryfikacji, gdyby genialny samouk Michael Faraday nie wykonywał sto lat temu eksperymentów nad indukcją elektromagnetyczną, t. j. wzbudzaniem prądów zapomocą przesuwania magnesów. Niech piorun trzaśnie w elektrownię, gotówes zakląć. Ale na szczęście zaklęcie to, któregobyś później żałował gorzko, nie będzie spełnione, gdyż elektrownia posiada piorunochron, wynalazek Benjamina Franklina.

Oto już drzwi zamknęły się za inkasentem, przeto dla poprawienia humoru włączasz radjo. Po chwili głośnik zaczyna syntetyzować z czystych tonów (nauczył się tego od Hermanna v. Helmholtza i następców) przemówienie speakera londyńskiego, przybywające wprost z Anglii na falach elektromagnetycznych, które jak Pallas Atene z głowy Zeusa, wyskoczyły z genialnego mózgu Jamesa Clerk Maxwella i otrzymały dokładną matematyczną charakterystykę, zanim jeszcze Heinrich Hertz w śmiesznie małej skali odtworzył je w pracowni. Fale te przebywają drogę z Londynu w ciągu  $1/150$  sekundy, gdyż biegną z prędkością światła, a ta została wyznaczona, dzięki pracom Leona Foucaulta, Armanda Fizeau i Abrahama Michelsona.



FARADAY



Obawiam się, Czytelniku, że tylko w części dopiąłem celu. Niewątpliwie przekonałem Cię, że całe Twe życie codzienne przepojone jest emanacjami trudu wielkich fizyków. Ale obcować stale z tyłoma genjuszami jest nieco żenujące i powiedzmy szczerze, mało zabawne. Zapewniam Cię jednak, że byli to ludzie mili w obejściu, dalecy od chęci produkowania się swą wiedzą, a już napewno za nic nie chcieliby narzucać Ci swego towarzystwa. Kiedy Volta stykał metale w celu wytworzenia prądu, Faraday obserwował w najwyższym napięciu nerwów igłę magnetyczną, czyhajac na pierwsze, słabiutkie jej drgnięcie od pierwszego w dziejach ludzkości indukowanego prądu, kiedy Maxwell wytężał wyobraźnię matematyczną w celu sformułowania swoich słynnych równań pola elektromagnetycznego, poznanie prawdy było jedynym ich celem; nie mogli, nie chcieli myśleć o wartości praktycznej odkrytych przez siebie skarbów. W murach swego laboratorium, czy obserwatorium, zapatrzony w lunetę, mikroskop czy galwanometr, uczony zapomina o potrzebach ludzkości, ha! często o porze własnego obiadu. Wszechświat jest wieczny i nieskończony; ród ludzki jest niedostrzegalnym zapyleniem powierzchni maleńkiej kuleczki, zwanej ziemią, jest jedną chwilką w króciutkim momencie trwania tej bryłki. Fizyk chce dać rozumowy system wszechświata, najszczytniejszem zadaniem ludzkości wydaje mu się wytworzenie takiego obrazu wszechświata, któryby dorównał oryginałowi harmonją swej logicznej bu-



## PRZEDMOWA

dowy. Wobec tak wzniesłego celu jakież znaczenie może mieć ta czy inna chwilowa korzyść; nieco więcej komfortu, jeszcze jeden krok w opanowaniu sił natury. Tak to fizyk staje się mimowolnym dobroczyńcą ludzkości. Nadchodzi falanga wynalazców, bliżej znających, właściwiej oceniających potrzeby ludzkie; oni to zamieniają bezcenne kruszce, gromadzone przez fizyków, na emisję mniej trwałych, ale niezbędnych ogółowi wartości. Wyrządzają oni pośrednio wielką usługę również i samej nauce, gdyż ona nie może rozwijać się owocnie bez pomocy przemysłu, czerpiącego ze swej strony inspiracje z odkryć fizyków. Cóż począłby astronom bez teleskopu, rozbijacz atomów bez transformatorów do wysokich napięć, i wszystkie nauki przyrodnicze razem wzięte bez mikroskopu i aparatu fotograficznego?

Pochwałę fizyki kończę słowami uznania dla techniki. Czynię to, gdyż uważam technikę za dziecko fizyki, a przecież „cyganowi“ wolno chyba również pochwalić swoją wnuczkę.

## REWJA FIZYKI POLSKIEJ

Rewja 3 Maja jest pięknym widowiskiem, podnoszącym ducha, wzmacniającym w nas wiarę w siły narodu. Niemniej ważne byłoby dokonanie rewji sił kulturalnych narodu. Pokusimy się o taką prezentację na jednym tylko odcinku: fizyki polskiej.

W stosunku do własnych walorów zajmujemy często stanowisko krańcowe: w pewnych dziedzinach jesteśmy skłonni do ich wyolbrzymiania; w innych — stanowczo ich niedoceniaamy. Wobec tych tendencyj dobrze jest wiedzieć, że chociaż w sferze fizyki chorągiew polska nie może zawisnąć na maszcie jakiejś hipotetycznej Olimpiady, to jednak udział nasz w postępach tej nauki jest poważny i opinia zagraniczna liczy się z nami.

Zacznę od przypomnienia kilku faktów. Kilka tygodni temu święciliśmy pięćdziesięciolecie doniosłego odkrycia, dokonanego przez Zygmunta Wróblewskiego i Karola Olszewskiego: skroplenia powietrza. Odkrycie to ma wielkie znaczenie zarówno naukowe, jak i techniczne. Jak wiadomo, powietrze skrapla się — t. j. przechodzi w stan płynny — w temperaturze niskiej: musi być oziębione poniżej 150 stopni zimna. Otóż fizycy oddawna odgadywali, że podział ciał na ciała stałe, ciecze i gazy jest nieistotny, przypadkowy. Na słońcu wszystko jest gazem, a na jakiejś odległej pla-

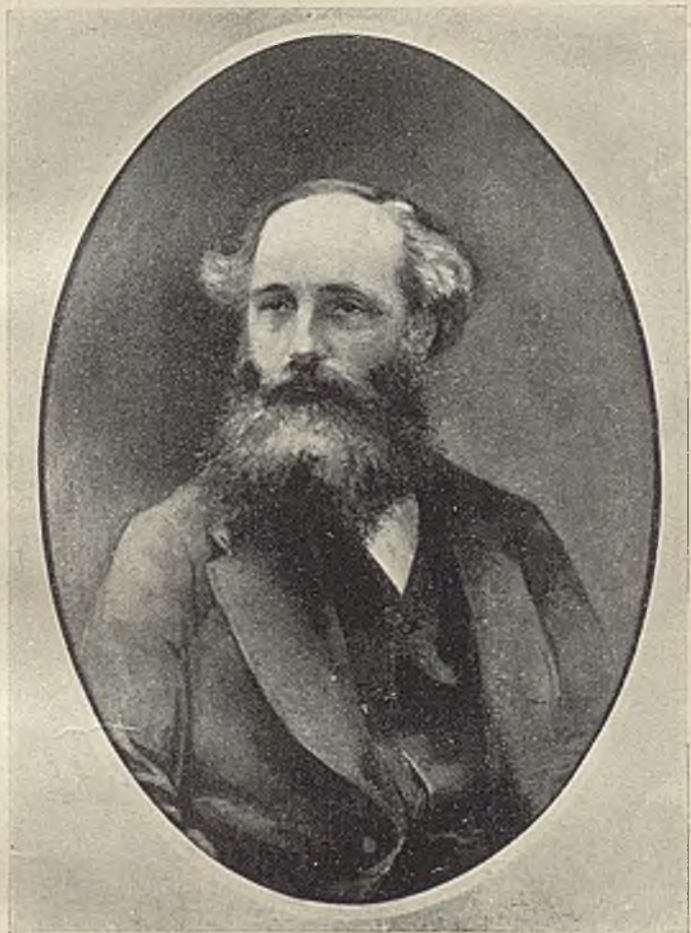
necie, np. Plutonie, zapewne istnieje tylko stan stały. Ale co innego domysł, a co innego dowód. Badania Wróblewskiego i Olszewskiego przekonały nas, że zasada ta jest słuszna w zastosowaniu do składników powietrza. Z czasem powstała cała gałąź fizyki, poświęcona tej dziedzinie — co pewien czas dowiadywaliśmy się o skropleniu lub zestaleniu nowego gazu: wodoru, później neonu, wreszcie najbardziej opornego, helu. Do skroplenia tych gazów potrzeba coraz to niższych temperatur, to też te badania mają w sobie coś z pobijania rekordów „zimna“. Już bliscy jesteśmy kresu, „Mount Everestu“ zimna, t. zw. zera bezwzględnego, któremu w skali zwykłej odpowiada 273 st. zimna. W laboratorium niskich temperatur w Lejdzie osiągnięto niedawno temperaturę 0,9 stopni<sup>1</sup> powyżej tego punktu, a zatem niższą od tej, jaka panuje w przestworzach międzygwiazdnych. Fizyka polska może być dumna z tego, że zapisała się chlubnie w tak ważnej dziedzinie.

Inne wielkie zdobycze polskiej fizyki wiążą się z nazwiskiem zmarłego podczas wojny Marjana Smoluchowskiego. Odkrycia te dotyczą ruchu Brownowskiego, jednego z dowodów istnienia atomów. Przypominam, że tak nazywamy bezładne ruchy małych ciałek, zawieszonych w wodzie lub powietrzu. Oglądanie ich w mikroskopie jest pełne uroku; trudno się od niego oderwać;

---

<sup>1</sup> Obecnie umiemy już osiągnąć temperaturę o 0,1<sup>o</sup> wyższą od zera bezwzględnego.





MAXWELL



cząstki materji ciskane nieustannie to tu, to tam, to gwałtownie, to delikatnie, jakby muśnięte, mogą być uważane za symbol zmiennych kolei losu. Ale sprawcami ich losu są poprostu atomy. Same niewidoczne, zdradzają się ruchami Brownowskiemi. Potrzeba nam tylko wskazań genialnego detektywa, aby odtworzyć dokładną charakterystykę przestępcy. Takim detektywem był Smoluchowski. Nauczył nas, jak na podstawie obserwacji ruchów Browna, odczytać liczebność gromad atomowych, a stąd pośrednio i wielkość pojedynczych atomów.

Przechodzimy do współczesnych. Marja ze Skłodowskich Curie jest z pośród nich bezsprzecznie najślawniejsza<sup>2</sup>.

Odkrycie radu należy do tych, które przeobraziły fizykę dzisiejszą od podstaw; a przytem promienie radu okazały się niezwykle skutecznym środkiem leczniczym. Jakkolwiek bezpośrednim celem badań fizycznych nie są korzyści praktyczne, to jednak specjalne zaznaczenie wielkiej użyteczności radu jest tembardziej wskazane, że w tej notatce chodzi nam o przedstawienie polskiej fizyki, jako części naszego ogólnego dorobku kulturalnego.

Przekroczyłbym ramy tego feljetonu, gdybym chciał wymieniać nazwiska innych wybitnych fizyków polskich. Ale nauka składa się nietylko ze „ślawnych“. W dzisiejszych czasach nie mniejsze

---

<sup>2</sup> Artykuł pisany przed zgonem ś. p. Marji Curie-Skłodowskiej.

znaczenie ma jej organizacja, warsztaty pracy, sposoby przygotowywania nowych pracowników naukowych. Po odzyskaniu niepodległości wzięliśmy się bardzo intensywnie do pracy na tem polu. Nasze instytuty fizyczne wzbudzają często podziw zagranicznych gości. O tem, jak owocnie pracują, świadczą urządzone w odstępach dwuletnich zjazdy fizyków polskich. Na ostatnim z nich zreferowano przeszło 100 oryginalnych prac naukowych. Potężna fundacja kulturalna Rockefellera tak się zainteresowała fizyką polską, że ofiarowała 50.000 dolarów na rozszerzenie największego z naszych zakładów fizyki, Instytutu Fizycznego Uniwersytetu Warszawskiego. Istnieją wszelkie dane na to, że w niedalekiej przyszłości rewje fizyki polskiej poszczycić się będą mogły szeregiem nowych sławnych nazwisk.



SMOLUCHOWSKI



## IZAACK NEWTON

Na marginesie książki prof.  
M. Grotowskiego<sup>1</sup>

Każdy z nas, dzieckiem będąc, uczył się trzech praw ruchu niemal w tej samej formie, w jakiej podane są w „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“, książce Newtona, wydanej w r. 1686, której sądzone było stać się Wielką Księgą fizyki. Wszyscy słyszeliśmy opowieść, przekazaną potomności przez Voltaire'a, o jabłku, które spadło w dziwnie stosownej chwili: nietylko owoc był dojrzały, ale również głębokie rozmyślenia Newtona dojrzały do tego stopnia, że ten błahy fakt odegrał rolę tajemnego znaku, odsłaniającego zagadkę ciężenia powszechnego.

Nasz dziecięcy umysł wchłaniał te prawdy z większym lub mniejszym trudem, zależnie od zdolności, lub uprzedniego przygotowania, ale od-tąd przyzwyczailiśmy się uważać je za oczywiste, niewątpliwe, stawiać je na równi z pewnikami geometrii Euklidesa. Jakże trudno jest nam zrozumieć epokę, która nie знаła praw Newtona, w której prawa te powstały, o której mówi poeta: „Nature and Nature's laws lay hid in night; God said,

---

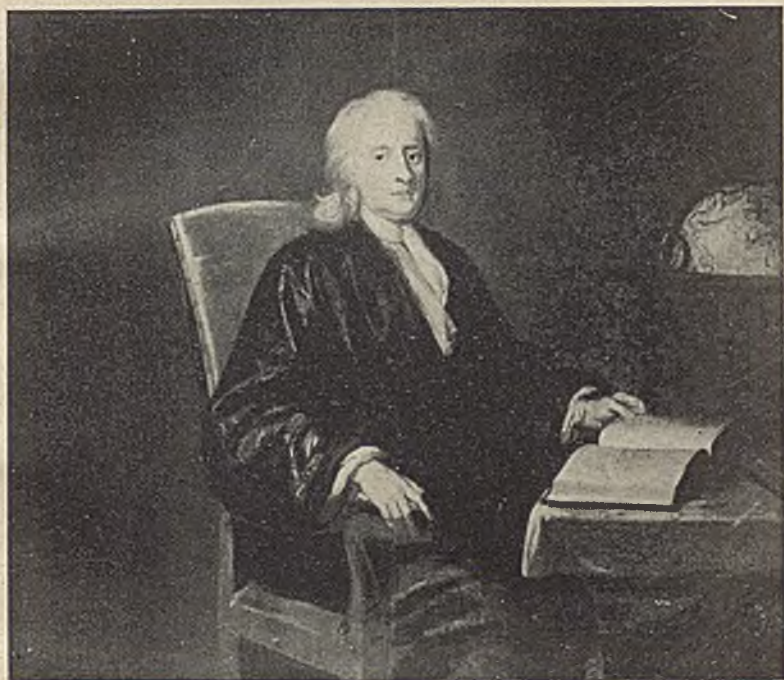
<sup>1</sup> Marjan Grotowski. Newton. Nakładem księgarni Ś-go Wojciecha. Poznań. 1933.



let Newton be, and all was light“ (Natura i jej prawa leżały ukryte w mroku; Bóg rzekł: niech będzie Newton, i wszystko stało się światłem).

Ten piękny wiersz Pope'a jest jednak hiperbolą poetycką. Nie była to mroczna, głęboka noc, lecz godzina świtania. Newton był największy z sobie współczesnych, ale nie był jedyny. Książka prof. Grotowskiego przenosi nas w epokę, tak pełną twórczego wysiłku, jak może żadna inna. W wysiłku tym brały udział wszystkie narody Europy. Pierwsze słowo wyszło z Polski. Zakuta w kajdany scholastyki myśl ruszyła wtedy dopiero, gdy Kopernik „ruszył ziemię“. Od Kopernika do Galileusza i Keplera, później do Kartezjusza i Huygensa szła wielka fala poznania.

Zagadnienie ruchu ciał niebieskich domagało się eksperymentowania nad ruchami przedmiotów ziemskich. Galileusz wykrywa prawa spadku ciał, zrzucając je z pochyłej wieży pizańskiej, toruje drogę mechanice doświadczeniami nad równią pochyłą, nad wahaniami lamp, zawieszonych u pułapu kościelnego. Huygens odkrywa siłę odśrodkową ciał wirujących; posługuje się wahadłem nietylko w celu zbudowania pierwszego zegara wahadłowego, „horologium oscillatorium“, ale również w celu zmierzenia siły ciężkości w różnych punktach globu ziemskiego. Kartezjusz w olbrzymim wysiłku duchowym kusi się o przedwczesną, niemożliwą w owym czasie syntezę; kreśli obraz Wszechświata wypełnionego doszczętnie, bez próżnych miejsc, —



NEWTON

których Natura rzekomo nie znosi (habet horrorem vacui) — materją, a ruchy ciał niebieskich tłumaczy wirami w tej materji.

Jak widzimy, noc się kończy, w różnych punktach widnokreęgu zapalają się raz po raz światła, jak sygnały, podawane sobie wzajemnie przez Czuwających.

Są między światłami błędne ogniki, ale jedno jest pewne: podstawa nauki nowoczesnej jest utworzona, mechanika może rozpocząć swój zwycięski pochód, gdyż pogrzebany został wielki błąd stuleci, którego winowajcą był Arystoteles. Podtrzymanie ruchu prostoliniowego i jednostajnego nie wymaga wbrew Arystotelesowi, użycia siły; ruch ten trwa samorzutnie, dzięki b e z w ł a d n o ś c i. Galileusz nauczył nas, że „każde ciało zachowuje stan spoczynku lub ruchu prostoliniowego i jednostajnego, dopóki nie działa na nie siła“.

Fala poznania jest wysoka i rozległa, ale jest skłębiona i gnana przeciwnymi prądami. Newton czyni ład wśród chaosu. Już przed nim wielu przeczuwało, odgadywało istnienie ciężenia powszechnego, ale nikt nie wiedział, jak wyznaczyć siłę ciężenia na podstawie ruchów ciał niebieskich, jak dowieść jej identyczności z ciężarem ciał ziemskich. Pojęcia siły i masy były mgliste; nie rozumiano istoty związku między siłą a wywoływanym przez nią ruchem.

Newton powiedział w Principiach — a do tych słów i dzisiaj nic nie możemy dodać, nic z nich ująć — że miarą siły jest m a s a l ą c z n i e z p r z y -





ś p i e s z e n i e m. Nic dziwnego, że niełatwo było odkryć ten związek, gdyż przyśpieszenie jest pojęciem, które stało się jasne jedynie dzięki pracom matematycznym Newtona, dzięki stworzonym przez niego podstawom rachunku różniczkowego. Dzisiaj wydaje się nam oczywiste, że działanie równe jest i przeciwne przeciwdziałaniu, że ta sama siła wywołuje większy ruch mniejszej masy i odwrotnie, ale pamiętajmy o tem, że dopiero Newtonowi zawdzięczamy tę zadziwiającą koncepcję, zgodnie z którą nie tylko ziemia jabłko, ale również jabłko przyciąga ziemię.

Jeszcze na krótko przed ukazanie się *Principiów* pisarz francuski Cyrano de Bergerac odbywał — w swej wyobraźni — podróż na księżyc na maszynie lafającej, w której nad człowiekiem umieszczone były podciągające go w górę magnesy (zapomocą umieszczonych w maszynie żelaznych części). Bergerac nie wiedział, że owe magnesy z równą siłą musiały być ściągane na ziemię.

Ale dla Newtona nie uległo żadnej wątpliwości, że nawet najmniejsze, najodleglejsze cząstki materji przyciągają się wzajemnie. Ciężenie powszechne z doskonałą jasnością tłumaczyło ruchy planet i księżyców, mogły one mknąć w doskonałej próżni; niepotrzebną, beztreściwą zdawała się Kartezjusza hipoteza wirów wypełniających przestrzeń, wypierających zewsząd nienawistną próżnię.

Nie przesądzając natury ciężenia powszechnego, nie wdając się w bezpłodne dociekania istoty rze-



czy (*hypotheses non fingo*), Newton uważał wzajemne przyciąganie się poprzez próżnię cząstek materji za nieodparty wniosek z doświadczenia. A chociaż wpływ Kartezjusza był przemożny, chociaż myśliciele tacy jak Huygens i Leibniz nie chcieli się pogodzić z możliwością działania na odległość, nauka Newtona zwyciężyła. Prawo grawitacji tłumaczyło z idealną dokładnością i pozwalało przewidzieć tak wielki zakres faktów, że przez długi czas uważane było za najdoskonalszą formę prawa fizycznego. Wszystkie inne zjawiska: elektryczne, magnetyczne, chemiczne, usiłowano tłumaczyć prawami tego samego typu, t. j. siłami, działającymi na odległość pomiędzy najmniejszymi cząstkami materji.

Ale nauka Newtona — choć jest istotną częścią naszego przyrodniczego poglądu na świat — nie wyraża jednak całej prawdy. Idee Kartezjusza odżyły, uważamy je dzisiaj za równouprawnione z poglądami Newtona. Nie podajemy w wątpliwość istnienia sił działających na odległość, ale prawdę tego układu sił podporządkowujemy prawdzie wyższego rzędu, nauce o ośrodku. Nie wypełniamy poprawda tego środowiska wirami Descartes'a, ale nie to jest istotne. Mniejsza z tem, czy ośrodek nazywamy polem grawitacyjnem lub elektromagnetycznem, czy przestrzenią nieeuklidesową. Ważne jest, że pogląd, któremu hołdujemy, jest pogodzeniem, jest syntezą dwóch sprzecznych doktryn, które walczyły ze sobą za czasów Newtona.

## TRZEJ LAUREACI NOBLA

W roku obecnym przyznano nagrodę Nobla za dwa lata; rok ubiegły i obecny. W dodatku laureatów jest aż trzech: Anglik P. A. M. Dirac, Niemiec Heisenberg i Austriak E. Schrödinger. To wszystko składa się na imponującą manifestację, hołd złożony dziełu wyjątkowego znaczenia. Na uwagę zasługuje również młodość nagrodzonych: suma ich lat jest bardzo zbliżona do setki.

Nazwiska mało znane są ogółowi, tembardziej zrozumiała jest powszechna ciekawość, którą wzbudza orzeczenie Szwedzkiej Akademii Królewskiej. Cóż takiego zrobili ci młodzi uczeni? Depesza, mówiąc, że nagroda została przyznana za „prace z mechaniki kwantowej” pogłębia tylko tajemnicę, zamiast ją wyjaśniać. Ogół odgaduje jedynie, że chodzi tu o wielkie, może epokowe odkrycia.

Zazwyczaj wielkie odkrycia są proste, zrozumiałe dla wszystkich; wiadomość o nich bez trudu trafia do wyobraźni i do uczucia. Marja Curie Skłodowska odkryła rad, Röntgen — promienie Röntgena, Thomson — elektron, Rutherford objaśnił istotę promieniotwórczości, jako rozpadu pierwiastków. Ale w danym przypadku sprawa nie przedstawia się tak prosto. W kilku słowach: zasługa Heisenberga, Schrödingera i Diraca polega na wyjaśnieniu praw rządzących zachowaniem się najmniejszych cząstek materji i energii. Ale takie sformu-

łowanie musi się wydać beztreściwe i suche. Spróbujmy je wypełnić treścią i ożywić.

Metoda atomistyczna nie jest nowa w fizyce. Od dawna tłumaczymy własności i zjawiska dostrzegalne własnościami i zjawiskami ukrytymi, dokonujemy w umyśle konstruowania całości z niewidzialnych jej części. Części te dawniej znano tylko pod nazwą atomów; dzisiaj jest ich wiele: są elektrony ujemne i dodatnie, neutrony, protony i t. d. Jednak nie chodzi o liczbę typów elementarnych; nawet gdyby ich było nieco więcej, byłoby rzeczą bardzo ponętną sprowadzić rozmaitość nieskończonej liczby przejawów wszechświata do własności dwu czy trzech, nawet czterech elementów podstawowych. Ale całe zagadnienie polega na tem, jak to uczynić.

Zagadnienie to ujmowano dawniej zupełnie inaczej niż dziś. Drogą obserwacji przyrody i wykonywania doświadczeń szukano niezawodnych, powszechnych i prostych praw fizycznych. Ponieważ mnogość objawów była zbyt wielka, by można je było objaśnić temi prawami, powiadano: „Ciała są złożone, lecz atomy są proste; ciała są przezroczyste lub barwne, twarde lub miękkie, magnetyczne, przewodzące i nieprzewodzące elektryczność; jednym słowem posiadają bogactwo cech, których nie można wywnioskować bezpośrednio z praw podstawowych. Ale atomy posiadają to tylko, na co im pozwalają owe prawa: ruch, masę, ładunek elektryczny, wzajemne siły przyciągania i odpychania. Atomów jest niezliczone mnóstwo, zbadajmy, czy



z wielokrotnego sumowania ich niewidzialnej pro-  
stoty może powstać zawilość rzeczy oglądanych  
przez nas“.

Program ten okazał się wcale dobry — do czasu. Teorja atomowa w tej najprostszej postaci tłumaczyła wiele zjawisk, naprzykład zjawiska, związane z temperaturą i ciśnieniem gazów. Jednakże już w końcu ubiegłego stulecia natknięto się na trudności. Nie można się temu dziwić, gdyż dawna metoda była błędna, mówiąc dokładniej, była oparta na zupełnie dowolnej hipotezie. Aby objaśniać świat atomami, trzeba znać prawa atomowe; prawa te wykryto drogą doświadczalną; ale doświadczenia wykonywano na ciałach złożonych z miliardów atomów, nie na samych atomach. Gdzie dowód, że te prawa stosują się do atomów? Jeżeli się dobrze zastanowimy, to zobaczymy, że budowanie ciał z atomów zbudowanych na obraz i podobieństwo tych samych ciał, jest właściwie błędnem kołem.

Jedynem usprawiedliwieniem dawnych teoretyków było to, że dla ówczesnej fizyki świat atomów był światem fantastycznym, niedostępnym, zjawiska znane były tak odległe od zjawisk atomowych, że ten naiwny obraz atomów mógł wystarczać, jako podstawa w przybliżeniu prawdziwego poglądu na świat. System zaczął się psuć dopiero wtedy, gdy wraz z postępem techniki doświadczalnej zbliżono się do atomów, zaczęto wykonywać eksperymenty niemal z oddzielnymi atomami. Poznano nowe zagadkowe prawo, które przenika całą dzie-

dzinę atomową: prawo kwantowe. Prawo to opiewa, że w atomach zmiany nie mogą zachodzić w sposób ciągły, t. j. stopniowo (natura non facit saltus, mawiano dawniej), jak w świecie rzeczy dużych, lecz nagłemi skokami, których przebieg wymykał się z pod wszelkiego wyjaśnienia. Prawo to odkrył w roku 1900 Niemiec M. Planck, zastosował je zaś do nauki o budowie atomu w r. 1913 Duńczyk, N. Bohr. Obaj są laureatami Nobla; nawiasem zauważymy, że obecna nagroda wieńczy ewolucję poglądów kwantowych, zamyka pewien okres rozwoju nauki.

Prawo kwantowe było, jak powiedziałem, zupełną zagadką; ale miało tę wielką zaletę, że było wiadomością o atomach, zdobytą przez studja nad samymi atomami, nie nad ciałami zbudowanymi z atomów. Próbowano ratować dawny pogląd; tworzono teorię „sztukowaną“, zgodnie z którą atomy w ogóle stosują się do praw znanych, mają jednak właściwe sobie dziwactwo kwantowe. Teoria była zbyt mało konsekwentna, by mogła się utrzymać. Pierwszy wyłom zrobił w niej Francuz de Broglie, również laureat Nobla; ale dopiero tego-roczni laureaci, prawie jednocześnie i prawie niezależnie od siebie zdobyli się na śmiałe przebudowanie prawodawstwa atomowego od podstaw.

Gwoli krótkości musimy, z krzywdą dla tych genialnych indywidualności, scharakteryzować obecny stan poglądów, jako dzieło wspólne, w którym giną zasługi oddzielnych twórców. Osobliwość świata atomów, którą wykryli Heisenberg, Schrödinger

i Dirac, polega na tem, że prawa, które nim rządzą, t. j. podstawowe, najbardziej powszechne prawa natury, nie są idealnemi prawami fizycznemi w tem znaczeniu, jak to sobie wyobrażaliśmy naiwnie. Sądziliśmy dotąd, że prawa te są deterministyczne, to znaczy dają się sformułować podług następującego schematu: jeżeli atom umieścimy w określonych warunkach, to dalszy los jego jest zupełnie ściśle określony. W rzeczywistości jednak prawa te są statystyczne: ich schemat jest następujący: Jeżeli mnóstwo atomów umieścimy w określonych warunkach, to losy ich nie będą jednakowe, jedne doznają pewnych zdarzeń, inne—innych. Możemy przewidzieć dokładnie tylko jakie będą te różne możliwości i jaki ułamek całej liczby atomów wybierze każdą z tych możliwości. Zupełnie jak w statystyce społecznej: nie wiemy jak długo będzie żył Piotr lub Filip, ale wiemy dokładnie ilu ludzi przeżyje sześćdziesiątkę i ile dzieci umrze w pierwszym roku życia. Ta rezygnacja z możliwości poznania historii jednego atomu jest pewnem upokorzeniem dla umysłu ludzkiego; wynika z niej, że możemy dość dokładnie przewidzieć, co się zdarzy z grupą atomów, ale nie możemy i zapewne nigdy nie będziemy mogli opisać tych zdarzeń we wszystkich szczegółach. Jednakże z punktu widzenia naukowego nie mamy „żadnej krzywdy“; wszak chodzi o objaśnienie własności ciał; ciała zaś składają się zawsze z olbrzymiej liczby atomów. O indywidualny atom możemy nie dbać, gdyż nigdy nie mamy do czynienia z jednym ato-



mem. M n ó s t w o jest, że tak powiem, najbardziej istotną cechą atomów, być może nawet pojęcie izolowanego atomu jest pozbawione sensu.

Daleko ważniejsze od tego filozoficznego usprawiedliwienia rezygnacji z opanowania szczegółów świata atomowego jest okoliczność, że przez to dobrowolne ograniczenie naszych aspiracji — w myśl powiedzenia Goethego: „In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister“ — osiągnięto olbrzymi postęp w tłumaczeniu Natury. Punkt widzenia statystyczny, może dlatego, że zawiera w sobie pewien element twórczej dowolności, okazał się bardziej giętki, bardziej przystosowany do różnobarwnej rzeczywistości, niż sztywne prawo epoki ubiegłej. Teoria laureatów Nobla tłumaczy powstawanie światła, łączenie się atomów w związki chemiczne, samorzutny rozpad atomów promieniotwórczych. Jest przewodnikiem w badaniach, któremu możemy zaufać, któremu już zawdzięczamy szereg niespodziewanych odkryć. Cała fizyka stoi pod znakiem mechaniki kwantowej, nauki stworzonej przez Heisenberga, Diraca i Schrödingera. Tegoroczna nagroda Nobla jest uroczystym finałem pochodu, w którym kroczyły obok siebie narody cywilizowanego świata.

## KARTKA Z DZIEJÓW NAUKI

Chociaż poglądy zmieniają się wraz z szerokością i długością geograficzną, to jednak istnieją umowy i prawdy obowiązujące wszędzie i zawsze, np.  $2 \times 2 = 4$ . Formułki matematyczne, prawa fizyczne i chemiczne są walutą prawdziwie międzynarodową, ilość posiadanej wiedzy bogaci naród bardziej, niż ilość złota i nigdy nie może stracić na wartości. O głębokiej jedności rodu ludzkiego świadczy fakt, że japończyk, murzyn, hindus, europejczyk, mają umysłowość rządzoną pomimo ogromnych różnic temi samymi zasadami logiki i w ten sam sposób widzą fałsz i słuszność w sprawach dotyczących zjawisk natury i wogóle zawsze wtedy, gdy sądu nie zaślepia namiętność. I dlatego swarliwa ludzkość jest zgodna w uznawaniu nauki za powszechne dobro, wyższe ponad wszelkie kryteria różnic rasowych i narodowościowych. To dobro nietylko służy wszystkim, ale również jest dziełem wszystkich, z tem zastrzeżeniem oczywiście, że pewien poziom kultury jest niezbędnym warunkiem uprawiania nauki. Jeżeli się dobrze namyślić, jest w tem coś zadziwiającego, że są nam dostępne prawdy matematyczne, które zakiełkowały w mózgach prawników najstarszych kultur doliny Indu; odnajdujemy w nich niejako samych siebie w najgłębszym zwierciadle czasu.

Poprzez olbrzymie różnice okoliczności dziejo-

wych, warunków geograficznych i temperamentów rasowych, dzieje myśli ludzkiej suną nieprzerwanie jak nurt tej samej rzeki. Charakter narodu jest terenem, który nurt ten urozmaica, zmienia jego głębię i wartkość, stroi brzegi w żywy i radosny, lub smutny i jałowy pejzaż, ale wody toczą się wciąż rozleglejsze, wciąż naprzód do nieznanego, niedostępnego Oceanu Prawdy. Gdyby nauka była skrzynią uwiecznionych dźwięków, w której każde odkrycie przemawiałoby językiem swego twórcy, rozbrzmiewałaby, niczem wieża Babel, kakofonją narzeczy bliskich i dalekich, żywych i martwych, zrozumiałych i niepojętych.

Nie mam potrzeby sięgać daleko w głąb czasów, by znaleźć potwierdzenie powyższych myśli, których banalność kazałaby mi się rumienić, gdyby ludzie nie zapominali o nich tak często. Dzieje nauk fizyczno-matematycznych dostarczają licznych, nadzwyczaj pięknych przykładów budowania gmachu wiedzy cegiełkami znoszonymi ze wschodu i zachodu, z północy i południa. Gdy polak Kopernik przełamał przesąd nieruchomości ziemi i zaprowadził harmonijny podział ruchu między częściami układu słonecznego, szwed Tycho de Brahe swemi dokładnemi pomiarami umożliwił niemcowi Keplero wi wykrycie zawieszonych w niebiosach, doskonałych figur geometrycznych: elips, po których krążą planety; włos Galileusz przeniósł wzrok z nieba na ziemię, zauważył, że ciała spadają po pokrewnej niebiańskim elipsom paraboli i w Wielkiej Księdze Ruchu napisał dwa pierwsze paragrafy:



o bezwładności ciał i o ich ruchu pod wpływem niezmiennnej siły.

Następne paragrafy pisali francuz Descartes i twórca teorii wahadła, holender, Huygens, któremu zegarmistrze i geodeci powinni dochować wieczną wdzięczność. Następnie Wielka Księga przenosi się do Anglii, do zacisznego Cambridge, gdzie anglik Newton zapisuje ją nieśmiertelnymi zgłoskami *Principium Mathematicorum*; prawa szczegółowe Galileusza, Descartesa, Huygensa, łączy w prawa ogólne, Zasady Dynamiki; ziemię i niebo jednym ogarnia spojrzeniem; podobieństwo paraboli spadku i elipsy obiegów przypisuje wspólnej przyczynie: ciężeniu powszechnemu.

Inny przykład zgodnej współpracy narodów, zmierzającej ku stworzeniu wielkiego dzieła, stanowi powstanie współczesnej nauki o elektryczności na początku ubiegłego stulecia. Włoch Volta buduje pierwsze ogniwa, znajduje, że reakcje chemiczne mogą być źródłem siły elektrycznej, (ku uciesze późniejszych posiadaczy latarek elektrycznych); Niemiec Ohm uczy regulować siłę prądu doбором odpowiednich „oporów“ czyli drutów stosownej natury, grubości i długości; duńczyk Oersted wykrywa działanie prądu elektrycznego na igłę magnetyczną, przerzucając pierwszy most między dziedzinami, które niebawem miały zrosnąć się w niepodzielną całość; francuz Ampère prądem działa „magnetycznie“ na prąd i ze spostrzeżeń Oersteda i własnych rozstrzuwa matematyczną teorię działań „elektrodynamicznych“.

I znowu Księga Elektrodynamiki, jak przed 150 laty księga Dynamiki przenosi się do Anglii, dostaje się w ręce ubogiego samouka Michała Faraday'a, który trzyma ją długo i oddaje do powszechnego użytku dopiero wtedy, gdy włożył w nią dosyć treści, by umożliwić inżynierom zelektryfikowanie globu ziemskiego, teoretykom zaś połączenie Optyki, Elektrodynamiki i Mechaniki w jedną wielką syntezę. Ale to stało się znacznie później, oczywiście znowu z udziałem wielojęzycznej rzeszy odkrywców i pionierów.

Przykłady mógłbym mnożyć dowoli; może wystarczy, mówiąc o zeszłym stuleciu, ograniczyć się do Układu Perjodycznego, który był dziełem francuza de Chancourtois, angiłka Newlandsa, Niemca Meyera i — najzasłużeńszego z wszystkich — Rosjanina Mendelejewa.

Jeżeli tak żywe było współdziałanie narodów w czasach, kiedy sposoby komunikacji były pierwotne, lub mało udoskonalone, to cóż dopiero mówić o czasach dzisiejszych. To, co nazywamy fizyką współczesną, jest wynikiem odkryć dokonanych w końcu zeszłego i początku obecnego stulecia na terenie całej Europy oraz — dorywczo jeszcze tylko — Ameryki przez szereg uczonych, z których najślynniejsi są Niemcy Röntgen i Planck, Polka Skłodowska - Curie, Polak Smoluchowski, Anglicy J. J. Thomson i Rutherford, Holender Lorentz, Niemiecki Żyd Einstein, Michelson, Żyd polskiego pochodzenia i Duńczyk Bohr. W ostatnich 15 latach teren się rozszerza, obejmuje wyraźnie całą kulę

ziemską; Stany Zjedn., Kanada, Indje Wschodnie, nawet Chiny stają do turnieju i wmurowują w gmachu fizyki własne cegielki noszące przyjętym oddawna zwyczajem nazwiska ich twórców: np. efekt Rainana (Indje), Comptona (S. Z. A.).

To zaś, co się dzieje dzisiaj, mogłoby sprawić pozór, że zbratanie ludów jest faktem dokonanym. Z błyskawiczną szybkością następują po sobie odkrycia dokonywane w Paryżu, Cambridge, Pasadenie, Warszawie, Leningradzie, Rzymie. Możliwy sobie wyobrazić, że wyzwolona dzięki postępom techniki i eksperymentu, zrodzona w szczytnych sferach abstrakcji, idea krąży w tysiącnych obiegach nad naszymi głowami, szukając palnego materiału, rozniecając tu i owdzie raz po razie małe ogniska, których symbolicznym wynikiem ma być Wielki Ogień ogrzewający i oświetlający całą ludzkość. *Spiritus fiat ubi vult*, jest jednak rzeczą godną uwagi, że od pewnego czasu omija Niemcy, kolebkę tylu wielkich rzeczy w dawnej i niedalekiej przeszłości.



## IRVING LANGMUIR

Czytelnicy pism codziennych wiedzą niewątpliwie, że w ub. r. nagroda Nobla z chemji przypadła w udziale dr. Irvingowi Langmuirowi. Nazwisko to z pewnością mało mówi szerokiej publiczności. Ot, odznaczony został ktoś z szarego zastępu pracowników naukowych, zwyczajny doktor, nawet nie profesor. Może poprostu wyczerpana została już lista znakomitości, i przyszła kolej na gwiazdy *minorum gentium* (broń Boże, brać to powiedzenie dosłownie: wszak Langmuir jest *gente americanus*).

Sąd taki byłby zupełnie mylny. Przecież Akademia Szwedzka nie jest zobowiązana do corocznego wydawania nagród; np. w ub. r. nikt nie otrzymał nagrody z fizyki. Przeciwnie, gest Akademji był niewymuszony, był spontanicznym hołdem złożonym genjuszowi. Niewątpliwie jednak cechuje go zerwanie z pewnym konwenansem.

Oto Langmuir służy zarazem nauce czystej i stosowanej, jest odkrywcą, ale i wynalazcą, teoretykiem i praktykiem, nie jest, jak już wspomniałem, profesorem żadnego uniwersytetu, lecz współpracownikiem naukowym wielkiej firmy przemysłowej. Nagrody Nobla z fizyki i chemji dawane były dotąd wyłącznie przedstawicielom czystej wiedzy. Nagroda Nobla jest nowoczesnym wieńcem laurowym; wzniosła tradycja nakazuje, by wień-

czył czoła tych tylko, którzy poszli w służbę prawdy i piękna.

Na pierwszy rzut oka mogłoby zatem wydawać się, że areopag szwedzki sprzeniewierzył się intencjom Nobla, że zmniejszył znaczenie jego nagrody. Czujemy instynktownie, że wynalazek techniczny nie zasługuje, a odkrycie naukowe zasługuje na wyróżnienie o tym charakterze. Ogół rozumuje, że racją bytu wynalazku jest bądźco bądź jego bezpośrednia użyteczność, a co za tem idzie, rentowność. Dobry wynalazek sam sobie wyznacza nagrodę; szczęśliwego wynalazcę czekają miliony; nadzieja na ich zdobycie była mu bodźcem w wysiłkach. Jak wszystkie zasady, i ta nie jest bez wyjątku: pobudki wielu wynalazców były równie bezinteresowne, jak pobudki twórców nauki, zwłaszcza w przypadku, gdy wynalazek wyprzedzał swoją epokę; a iluż genialnych wynalazców, zamiast korzyści materialnych, znalazło nędzę u kresu swoich wysiłków. Mimo wszystko jednak są to wyjątki i opinia publiczna nie błądzi, gdy uważa za zbędne podniecanie nagrodami pieniężnymi wysiłków wynalazców w rodzaju, dajmy na to, Edisona.

A jednak Akademia Szwedzka nagrodziła tym razem wynalazcę, i dlatego powiedziałem, że zerwała z konwenansem. Dała tem tylko dowód zrozumienia ducha czasu. Dzisiaj wynalazcy typu Edisona schodzą z widowni, stają się postaciami przeszłości. Wynalazek naszej epoki chce być bezimienny, dąży od ukrycia swego ojcostwa, a raczej są inni, którzy o to dbają. Wiemy jeszcze, że Forest był wy-

nalazcą lampy katodowej, Langmuir wynalazł żarówkę oszczędnościową, czyli t. zw. popularnie półwatówkę, ale ogromna większość wynalazków i ulepszeń nosi imię „Philips“, „Marconi“, „Siemens“, „Brown-Boveri“, „General Electric Company“ (wymienione tu nazwiska nie powinny nikogo wprowadzić w błąd, chodzi tu o firmy przemysłowe, nie o ludzi). Związek nauki z techniką jest dzisiaj ściślejszy, niż kiedykolwiek; wypróbowanie najlepszego nawet wynalazku wymaga znakomicie wyposażonych laboratorjów. Toteż w ogromnej większości przypadków wylęgarnią wynalazków są laboratorja wielkich firm przemysłowych. Dokonane w nich wynalazki stają się najczęściej własnością firmy, stąd bezimiennność, o której mówiłem. W laboratorjach tych pracuje liczny zastęp ludzi, których byt materialny jest zapewniony, których nie trawi gorączka zdobycia fortuny. Fabryki konkurują ze sobą zawzięcie, ale w ich laboratorjach jest cisza, jest atmosfera spokojna, naukowa, niemal akademicka. Oczywiście, przeważają tematy „związane z życiem“, ale sposób ich ujęcia jest wolny od piętna korzyści doraźnych, jest zgodny z duchem metody naukowej.

Ta sprawa tematów do badań tem jest ciekawsza, że wiąże się bezpośrednio z twórczością Langmuira. Fabryka, w której pracował („General Electric Company“), w olbrzymim laboratorjum wybudowanym w Shenectady (N. Y.) zaprowadziła zasadę wolności badań. Było to posunięcie nadzwyczaj śmiałe, możnaby powiedzieć ryzykowne, gdyby nie



to, że olbrzymie zasoby tej firmy pozwalały jej na zbytek popierania twórczości czysto naukowej.

Ale pointa polega na tem, że ta zasada wynikała z dobrego zrozumienia interesów firmy. Najlepszym uzasadnieniem tej myśli będzie scharakteryzowanie tego, co zrobił Langmuir, wielki wynalazca i uczoney.

Gdy Langmuir rozpoczął swą pracę w Shenectady, zasada wolności badań nie była tam jeszcze praktykowana, i Langmuira proszono „na początek“ o przestudjowanie zagadnienia czysto praktycznego, mianowicie wyjaśnienie przyczyny nietrwałości żarówek, które produkowały zakłady „General Electric Company“. Nietrwałość ta polegała na tem, że wolframowe nitki, których żarzenie się jest źródłem światła, przepalały się po bardzo krótkim czasie. Ponieważ wolfram nie jest metalem szlachetnym, jasne było, że wchodzą tu w grę reakcje chemiczne między wolframem a gazami, jakie powstają w bańce szklanej żarówki. Był to temat na pozór banalny, jeden z tych, jakie nasuwa codziennie praktyka przemysłowa, a jednak sądzone mu było odegrać decydującą rolę w historii nauki. Wszystko zależy od sposobu ujęcia zagadnienia. Dla Langmuira przepalające się żarówki nie były złym, nierentującym się objektem fabrycznym, który należało za wszelką cenę ulepszyć, uszlachetnić pod względem technicznym, lecz siedliskiem ciekawych zjawisk, których zbadanie interesowało go o wiele więcej, niż wszystko inne. Uświadomiwszy sobie charakter zadania, Langmuir uważał za obowiązek uczciwości powiedzieć kierownikowi laboratorium

Whitneyowi, że wykonywa doświadczenia nad przepalaniem się włókien w żarówkach z punktu widzenia czysto naukowego i obawia się, że próby te nie przyniosą fabryce żadnej korzyści. Whitney odpowiedział mu, aby i nadal kierował się wyłącznie swymi upodobaniami i nie miał żadnych skrępowań. Whitney poznał się rzecz prosta na tem, że ma do czynienia z badaczem niezwykle utalentowanym; niewiadomo jednak, czy chciał być wielkodusznym mecenasem nauki, czy właśnie uczynił gest godny intuicji wielkiego przemysłowca.

Nie będziemy tu mówili o pracach Langmuira nad zjawiskami w żarówce. Stwierdzimy tylko, że praktycznym wynikiem tych prac, zapewne niespodziewanym dla samego Langmuira, było wynalezienie znanej powszechnie „półwatówki“, t. j. żarówki z krótkim w spiralę skręconem włóknem (zamiast prostego włókna w lampach dawnych), wypełnionej gazem szlachetnym (w dawnych była wysoka próżnia), dającej tę samą jasność, co żarówka dawnego typu, przy dwa razy mniejszem zużyciu energii elektrycznej. Ale ten wielki wynalazek, który wywołał przewrót w przemyśle żarówkowym, napewno nie odegrał żadnej roli w motywach tegorocznej decyzji Akademji Szwedzkiej. Nagrodziła ona inne prace Langmuira, prace, o których wie kilka tysięcy ludzi na całej kuli ziemskiej, gdy tymczasem miliony posługują się żarówkami oszczędnościowymi. Niemniej prace te związane są z żarówką, zawdzięczamy je złym żarówkom, może natchnął do nich Irvinga Langmuira ów „prądo-

żerca“, którego jedna z pomysłowych reklam nowoczesnych umieszcza w złej żarówce. Langmuir zrozumiał, że reakcje chemiczne, których wynikiem jest rozpylanie włókna, są reakcjami powierzchniowymi i zachodzą na powierzchni włókna, między atomami wolframu i cząsteczkami otaczającego go gazu.

Każdy wielki uczony natrafić musi na „swoją“ dziedzinę, na zjawisko, które nikomu prócz niego nic nie mówi, lub mówi rzeczy błahe, a które nęci go urokiem tajemnicy o tysiącznem obliczu, wciąga go coraz głębiej, coraz zupełnie, odsłania mu się, oddaje jak zdobywana kobieta, stopniowo, krok za krokiem, ale nigdy całkowicie, ponieważ jest częścią przyrody, która jest nieskończona. Dla Langmuira taką ukochaną dziedziną stała się powierzchnia. Możemy powiedzieć krótko, że dostał nagrodę Nobla za to, że nauczył nas czem jest powierzchnia. Cóż można ciekawego powiedzieć o powierzchni? Zdawałoby się, że conajwyżej może być polem popisu dla geometry. Ale z fizycznego punktu widzenia powierzchnia jest granicą między dwoma różnymi ciałami. Dziecko, przejeżdżające po raz pierwszy przez granicę, dziwi się, że odpowiednikiem idealnej linii, oddzielającej dwa kolory na mapie, jest pas graniczny o skończonej grubości. Tak samo granicą między ciałami jest w rzeczywistości pewna warstwa graniczna. Ma ona zresztą w fizyce i w chemji daleko większe znaczenie, niż w stosunkach między krajami, gdzie odgrywa rolę filtru regulującego wzajemne przenikanie rzeczy i ludzi.



Używając nadal tej samej analogji, możnaby powiedzieć, że w stosunkach między ciałami wszelkie wymiany odbywają się głównie w pasie granicznym, ruch od wnętrza do wnętrza obu sąsiadów jest nikły, jak w epoce nierozwiniętych środków komunikacji. Innemi słowy, ciała działają nazewnątrz niemal wyłącznie przez swoją powierzchnię i dlatego jest rzeczą olbrzymiej wagi poznać z czego ona się składa.

Możnaby sądzić, że gdy mamy przed sobą jakieś określone ciało, np. bryłkę złota, drucik wolframowy, płytkę szklaną, kawałek żelaza i t. d., wiemy dokładnie, jak się będzie zachowywało, o ile, rzecz prosta, mamy dostateczne wiadomości fizyczno-chemiczne. W rzeczywistości jednak bardzo wiele własności ciał zależy w wysokim stopniu od umieszczonej na ich powierzchni warstwy granicznej, złożonej z cząsteczek obcej natury i maskującej często do niepoznania charakter ukrytego pod nią ciała. Słowa „ukrytego“ nie możemy brać dosłownie; przeciwnie, ta warstwa graniczna jest niewidoczna. O tem wszystkim wiedziano już przed Langmuirem, jemu jednak zawdzięczamy wykrycie doniosłego faktu, że warstwa graniczna, ta „szminka“ materji, pozwalająca temu samemu ciału grać różne role, jest najczęściej monomolekularna, t. j. składa się z cząstek ułożonych obok siebie, nie zaś piętrzących się na sobie pokładami. Jest to niewątpliwie jednym z najbardziej dobitnych dowodów istnienia cząsteczek, że wystarczy wsunąć między dwa ciała po jednej cząsteczce we wszystkich punktach ich ze-

tknięcia, aby całkowicie zmienić charakter ich obcowania. Podamy tu kilka najbardziej uderzających przykładów tych zadziwiających własności warstw monomolekularnych, które utworzone są przecież z niedostrzegalnie małej szczypty „obcej“ materji. Usiłując przesunąć paleczkę szklaną po bardzo czystej i suchej płytce szklanej, doświadczamy silnego tarcia. Tarcie to ustępuje miejsca łagodnemu poślizgowi, gdy płytkę szklaną „posmarować“ monomolekularną warstwą tłuszczu. Langmuir osiąga to np. zanurzając płytkę w wodzie, której dotknięto palcem, i następnie wysuszając ją starannie. Tłuszcz palca rozlewa się po wodzie niewidoczną monomolekularną warstwą, która następnie osiada na szkłe podczas wyjmowania go z wody. Zauważymy mimochodem, że i w innych przypadkach moglibyśmy, w zasadzie przynajmniej, smarować warstwą monomolekularną, naturalnie pod warunkiem, że powierzchnie smarowane, np. łożysko i wał byłyby idealnie obrobione.

Inny przykład dotyczy lamp katodowych. Wiadomo, że zjawiskiem, zużytkowaniem w ich funkcjonowaniu, jest emisja elektronów (wypływ elektryczności ujemnej) przez rozżarzone włókno wolframowe. Jeżeli wolfram jest czysty, „niezamaskowany“, temperatura jego musi być niezmiernie wysoka, 2.300 stopni.

Wiemy jednak, że nowoczesne lampki katodowe żarzą się słabo, ledwie widocznie, chociaż dają tę samą emisję co dawne. Zawierają one wolfram pokryty — tym razem widoczną — warstwą obcej ma-

terji, tlenku strontu, zwiększającej emisję wolframu. Uderzające jest jednak to, że wystarcza wolfram pokryć nalotem niewidocznym, warstwą monomolekularną metalu „alkalicznego“ lub „ziemnoalkalicznego“, np. cezu, baru, strontu, aby otrzymać wynik ten sam, co z warstwą uczulającą, widoczną dla oka.

Naturalnie, zarówno te badania, jak i wiele innych, których nie możemy tu opisywać, zostały skwapliwie wyzyskane w celach praktycznych przez „General Electric Company“: opiera się na nich cały szereg patentów, odgrywających wielką rolę zarówno w radjotechnice, jak i w innych działach elektrotechniki. Jednakże z punktu widzenia niniejszej notatki interesują one nas głównie dlatego, że należą do najświetniejszych triumfów nowoczesnej atomistyki. Można by powiedzieć obrazowo, że pozwalają nam stwierdzić, jak zmienia się „smak fizyczny“ materji, gdy ją przygotowimy oddzielnymi atomami różnych domieszek. Ze sprawą tą wiąże się jeszcze inne zagadnienie ogólniejszej natury, mianowicie, dlaczego warstwa graniczna składa się tylko z jednego pokładu atomowego. Np. w przypadku „uczulonego“ wolframu, wolfram chwyta z otoczenia atomy cezu i osadza je na swojej powierzchni; proces ten jednak jest ukończony z chwilą, gdy utworzy się warstwa monomolekularna, tak jakgdyby powinowactwo wolframu do cezu nasyciło się już po zetknięciu wolframu z pojedynczymi atomami cezu. To pytanie prowadzi nas wprost do zagadki sił działających pomiędzy atomami lub czą-



steczkami różnych substancyj. Niepożytą zasługą Langmuira jest wykazanie, że siły powodujące powstawanie warstw granicznych są zwyczajnymi siłami chemicznymi, a więc temi samemi, które występują w tworzeniu się związków chemicznych. Stąd wynika, że badanie warstw granicznych rzuca światło na ogólne zagadnienie sił chemicznych. To też prace Langmuira mają ogromne znaczenie dla chemji, i zapewne dlatego Akademia Szwedzka przyznała Langmuirowi nagrodę Nobla z chemji, jakkolwiek prace jego ze względu na stosowane w nich metody, należą właściwie całkowicie do fizyki.

## LORD RUTHERFORD

(spowodu przyjazdu do Warszawy  
D-ra J. D. Cockcrofta)

W Warszawie przebywa obecnie młody uczony angielski dr. J. D. Cockcroft, którego nazwisko stało się głośne w zeszłym roku w związku z dokonaną przez niego sztuczną transmutacją pierwiastka litu. Dr. Cockcroft przybył na zaproszenie Polskiego Towarzystwa Fizycznego, aby podzielić się ze swymi polskimi kolegami wiadomościami o najnowszych sensacyjnych wynikach, osiągniętych w Cavendish Laboratory w Cambridge. W laboratorium tem, stanowiącem jeden z głównych ośrodków fizyki, pracuje obok p. Cockcrofta cały szereg utalentowanych badaczy, pod kierunkiem lorda Rutherforda.

Lord Rutherford of Nelson jest jednym z najwybitniejszych mężów nauki naszych, a może i wszystkich czasów. Urodził się w roku 1871 w Nowej Zelandji; w różnych punktach rozległego Imperjum Brytyjskiego odbywały się kolejne etapy jego zdumiewającej kariery naukowej. Rozmach jego twórczości ma w sobie coś z porywu wichrów dmących na szlakach oceanicznych, które utorowała wola rasy anglosaskiej. W r. 1902 Rutherford, podówczas młody profesor w Montrealu (Kanada) — pono genialnych odkryć dokonywa się zawsze za młodu —

daje światu wytłumaczenie zjawisk promieniotwórczości, które dzięki odkryciu radu przez małżonków Curie, były wtedy sensacją chwili. Zjawiska te polegające zasadniczo na tem, że rad promieniuje stale, samorzutnie, bez żadnego bodźca zewnętrznego, budziły powszechny podziw i wydawały się zupełnie niezrozumiałe. Rutherford odgadł ich przyczynę; mianowicie sformułował (wspólnie z F. Soddy) teorię rozpadu promieniotwórczego, według której rad i pierwiastki pokrewne rozpadają się na pierwiastki lżejsze, wydzielając przytem energję w postaci promieniowania.

Była to myśl rewolucyjna. Nauka XIX wieku chlubiła się tem, że mrzonki alchemiczne zastąpiła surową, ale niezawodną — jak sądziła — wiedzą o niezmienności i nieziśszczalności pierwiastków chemicznych. Idei Rutherforda sądzone było przeistoczyć się w wielki przewrót duchowy, który obalił szranki pozytywizmu ubiegłego stulecia i znamionował odrodzenie romantyzmu dawnych czasów. Dla chemika XIX wieku pierwiastki były zastygłemi i martwemi formami materji. Rutherford tchnął w nie życie, uczynił nas świadkami ich przeobrażeń, unicestwień i narodzin i nie tylko rozbudził śmiało nadzieje udziału człowieka w genezie materji, lecz nadziejom tym potrafił dać mocną opokę pierwszych, nielicznych jeszcze, ale już olśniewających realizacyj. Nazwisko Rutherforda ma dziś znaczenie symbolu; moglibyśmy nazwać go ojcem nowoczesnej alchemji.

W kilku słowach streściliśmy dzieło blisko 40 lat



życia Ernesta Rutherforda. Dzieło to rozrastało się stopniowo, jak pełna żywotności roślina. Pierwszym jego etapem było stwierdzenie, że przemiany pierwiastków promieniotwórczych istotnie zachodzą. Ale byłoby fatalnem nieporozumieniem, gdyby słowa „nowoczesna alchemja“ miały być mylnie interpretowane. Rad zamienia się po szeregu przemian w ołów — oto treść teorii Rutherforda. Nie należy jednak sobie wyobrażać, że z bryłki radu powstaje stopniowo na oczach bryłka ołowiu. Jest to proces, który trwa tysiące lat. W skali naszego życia przemiany są niedostrzegalne; odbywają się, że tak powiemy mikroskopijnie, atom po atomie. Ta uwaga jest charakterystyczna dla nowoczesnej nauki o przetwarzaniu pierwiastków, odgranicza ją ostro od „alchemji alchemików“ i każe przyjmować z najwyższem niedowierzaniem wszelkie pogłoski o rzekomo dokonanych transmutacjach o charakterze technicznym. „Alchemja nowoczesna“ jest nauką niesłychanie subtelną, której metody pozwalają śledzić losy indywidualnych atomów. I te metody zawdzięczamy Rutherfordowi, twórcy zarazem programu, jak i narzędzi pracy. Odkrycie przemian promieniotwórczych było wykonaniem dopiero pierwszej części tego programu.

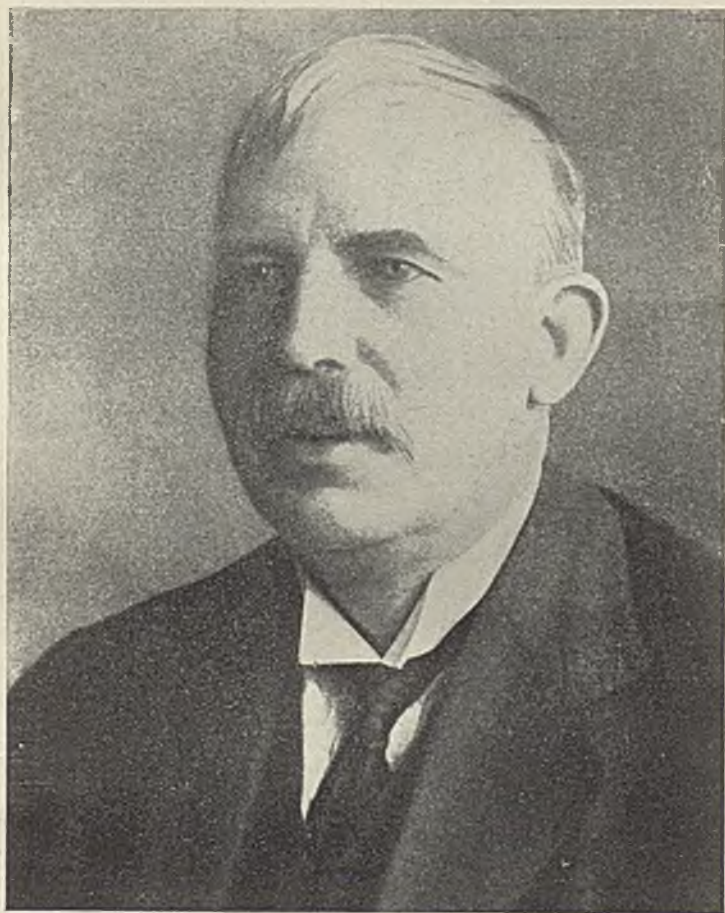
Po stwierdzeniu, że w naturze istnieją pierwiastki samorzutnie nietrwałe, przyszła kolej na próby interwencji w to misterjum natury. Chemja wieku XIX twierdziła, że jest to niemożliwe — w ostateczności mogła godzić się z tem, że niektóre pierwiastki rozpadają się, ale przeczyła możliwości wywoły-

wania sztucznego rozpadu. Ale chemja XIX wieku nie znała promieniowania ciał promieniotwórczych. Genjalną intuicją Rutherford odgadł, że jest to czynnik nowy, niezwykle potężny, który nietylko jest objawem rozpadu samorzutnego, ale może stać się również sprawcą rozpadu sztucznego. Poddając promieniowaniu radu pierwiastki zwykle, osiągnął ich rozbitcie, oczywiście we wspomnianej poprzednio skali mikroskopijnej — ale to nie zmniejsza doniosłości jego odkrycia. Nieugięte wrota, strzegące wejścia do zagadki materji, drgnęły po raz pierwszy pod naporem woli człowieka.

Stało się to dawno, już 15 lat temu. Była to ostatnia z wielkich prac, dokonanych przez Rutherforda bezpośrednio, osobiście, trudem mózgu i rąk. Odtąd działalność jego nie słabnie, lecz wkracza na inne tory. Staje się organizatorem nauki w wielkiem stylu.

Obok tego Napoleona nauki młodszy zdobywają buławy marszałkowskie.

Wizyta p. Cockcrofta przynosi nam raport tej Grande Armée, której kwaterą jest Cavendish Laboratory. Obecnie prowadzona tam kampanja wkroczyła w nową fazę. W zagadnieniu rozbijania pierwiastków nie chcemy już ograniczać się do korzystania z pomocy natury: promieniowania radu, nie chcemy korzystać z broni zapożyczanej, lecz broń tę wykuwamy własnymi rękami. Promienie radu zawierają naelektryzowane cząstki materjalne, pędzące z wielką prędkością. Nowoczesna technika wysokich napięć dostarcza sposobu wytwarzania



RUTHERFORD



takich cząstek. Pierwsze próby przeprowadzone w tym kierunku, o których opowie nam dr. Cockcroft, uwieńczone zostały świetnym powodzeniem. I te przemiany pierwiastków, jak wszystkie o których mówiliśmy, odbywają się w skali mikroskopijnej. Jeżeli jednak abstrahować będziemy od strony praktycznej, która w zagadnieniu naukowym jest bez znaczenia, możemy powiedzieć, że doczekaliśmy się rozkwitu nowoczesnej alchemji, chociaż laboratorium, które nam opisze p. Cockcroft, będzie zupełnie niepodobne do „prawdziwego“ laboratorium alchemicznego.

Stworzone wolą ludzką okruchy nowych pierwiastków jawią się nie w żarze pieców, wśród rytuału zaklęć magicznych, lecz w trzasku olbrzymich iskier, niczem ujarzmionych piorunów.

W ramach krótkiego artykułu nie możemy nawet w przybliżeniu podać całego bogactwa treści, którą roztoczy przed nami wysłannik fizyki angielskiej. Pragniemy tylko zaznaczyć, że doniosłość nowych odkryć polega nietylko na możliwości przetwarzania tych, czy innych pierwiastków, ale również na ujawnieniu nowych nieznanych dotąd elementów budowy atomu, mianowicie t. zw. neutronów i elektronów dodatnich.

Również i w Polsce pracujemy nad temi zagadnieniami. Wizyta p. Cockcrofta stanie się niewątpliwie bodźcem do skutecznego ich kontynuowania.

## ALBERT EINSTEIN — OBYWATEL WSZECHŚWIATA

Historja się odwraca. Jak niegdyś hugonoci w Niemczech, tak dzisiaj wygnańcy z Niemiec znajdują przytułek i możliwość pracy w krajach ościenych. Albert Einstein „skreślony“ z listy profesorów, zostaje powołany — niezależnie od innych zaszczytnych propozycji — na katedrę w Collège de France, w którym ongi wykładał Mickiewicz. Historja się powtarza.

Teorje Einsteina modne były kilkanaście lat temu. Głosiły jego sławę dzieła naukowe, broszury i odczyty popularne, nawet wywiady dziennikarskie. Każda wykwintna dama rozprawiała o relatywizacji czasu i przestrzeni oraz o czterech wymiarach. Z czasem rozwiął się dym uczonych słów; zostało tylko wielkie nazwisko Einsteina, coś jakby mit o człowieku, który w dziedzinie myśli dokonał jakiegoś czynu herkulesowego, zadziwiającego, nieprawdopodobnego. Ale mitologii uczyliśmy się zamłodu i obecnie nie pamiętamy czy to chodziło o głowy hydry, czy o cztery wymiary.

Polityka Hitlera zwróciła znowu uwagę ogółu na postać, a zatem i dzieło Einsteina. Chcę je dzisiaj przypomnieć w paru słowach.

Einstein wskazał nowe drogi w wielu dziedzinach fizyki, ale ja się ograniczę do tej, którą zwy-

kle, niejako nieświadomie, kojarzymy z jego nazwiskiem — do zagadnień zasady względności.

Są wielcy uczeni, którzy, jak Lord Rutherford, dokonują zwycięskich wypraw w Krainy Nieznane, przysparzają nauce nowe obszary z dziedzin, leżących poza granicą kraju codziennych naszych doświadczeń. Są inni, którzy wcielają w życie sokratyczną zasadę: poznaj samego siebie. Jest świat zmysłów i świat ducha. Oba są niezmierzone; oba pełne zagadek. Można, jak mówi Hamlet, zamknąć się w łupinie orzecha i uważać siebie za króla nieogarnionych przestworzy. Można dokonywać zdumiewających odkryć analizą pojęć elementarnych. Do tego typu należy nieśmiertelne dzieło Einsteina: zasada względności.

O tem, że ruch jest względny, wiemy od czasów Kopernika, który „wstrzymał słońce, ruszył ziemię“. Naiwne pojęcie spoczynku oparte jest na nieodczuwaniu wstrząsów. Ale wstrząsy są wynikiem zakłóceń ruchu, nie zaś samego ruchu. Ludzie XVI wieku nie mogli sobie wyobrazić, byśmy mogli bezkarnie pędzić wraz z ziemią z prędkością 30 km. na sekundę. Ale dzisiaj, gdy podróżujemy w samochodzie dobrej konstrukcji lub w wagonie pociągowym, możemy zamknawszy oczy zapomnieć o tem, że „pożeramy“ przestrzeń. Ruch bezwzględny ani spoczynek bezwzględny nie istnieje, istnieje tylko zmiana wzajemnego położenia ciał.

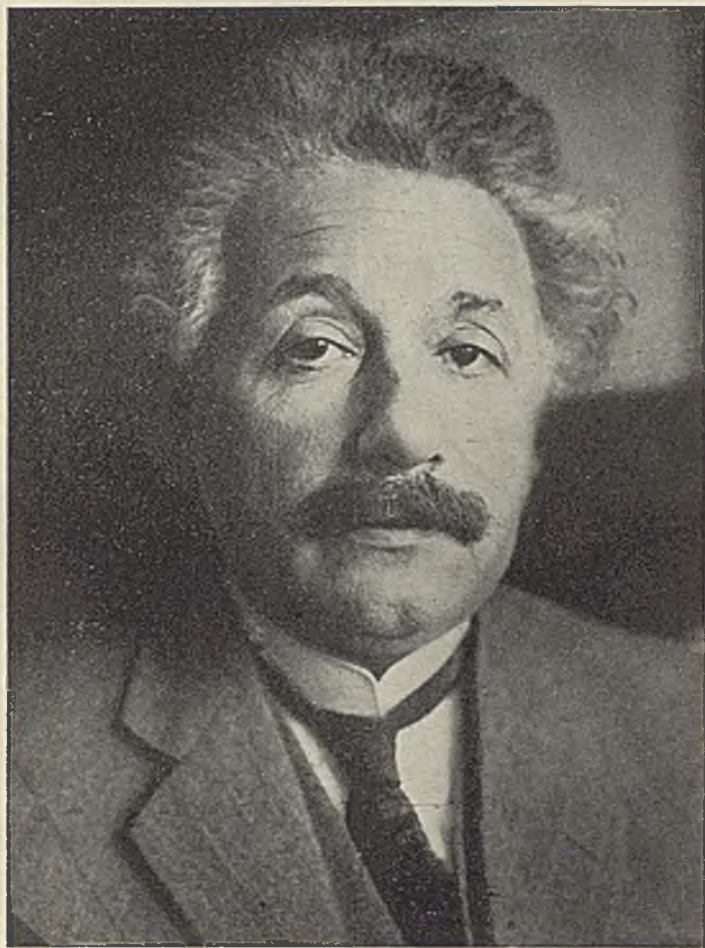
Tak sformułowana zasada względności znana była przed Einsteinem. Nie zawiera ona żadnych twierdzeń o brzmieniu paradoksalnem. Inaczej z te-



orją Einsteina. Każdy wie, że jej względność jest daleko bardziej „bezwzględna“. Względne są pomiary długości, gdyż wszystkie ciała kurczą się w kierunku ruchu; względny jest czas, gdyż upływa on wolniej w środowisku poruszającym się, niż w spoczywającym. Mogłoby się wydawać, że to uogólnienie zasady względności prowadzi do sprzeczności z względnością ruchu. Zdawałoby się, że mamy prawo powiedzieć do podróżnika, który usiadł okrakiem na pędzącym, a wskutek tego skróconym metrze: „dotąd nie wiedziałem, kto z nas jest w ruchu, ale teraz wiem: Twój metr jest krótszy. Ty zatem poruszasz się naprawdę, a ja już spoczywam“. Żłudny argument. Zasada względności poucza nas, że podróżnikowi na metrze właśnie nasz metr będzie się wydawał krótszy.

Wydaje się to zabawką myślową nedorzeczną i niepotrzebną. Nedorzeczną, bo nie możemy się pogodzić z tem by „a“ było jednocześnie mniejsze i większe od „b“; niepotrzebną, bo te zmiany długości dostrzegalne są wtedy dopiero, gdy ruch odbywa się z prędkością zbliżoną do prędkości światła, t. j. do 300.000 klm. na sekundę!!!

Czyżbyśmy nie mieli większych zmartwień? Cała rzecz w tem, że dla nauki nie jest to sprawa błaża. Dawny system pojęć i oparty na nim system miar przestrzeni i czasu wystarczał nam w zupełności, dopóki ograniczaliśmy się do naszego najbliższego otoczenia, do codziennego doświadczenia, do małych odległości, małych prędkości, krótkich odstępów czasu. Była to fizyka „w cichym zakątku“.



EINSTEIN

Ale duch ludzki rości sobie pretensje do opanowania całości wszechświata. Celu tego nie można osiągnąć bez ofiar. Musimy wznieść się na wyższy poziom, przerobić przyzwyczajenia myślowe, z parafjan stać się obywatelami wszechświata. Dawne „bezwzględne“ miary były, jak waluta lokalna; chcąc podróżować po bezkresach czasu i przestrzeni, musimy zaopatrzyć się w walutę bardziej uniwersalną.

Mówiłem, że odkryć swych Einstein dokonał w głębinach ducha ludzkiego. Subtelną analizą pojęcia pomiaru dowiódł, że niema sprzeczności, gdy ta sama rzecz wydaje się dwum mijającym się we wzajemnym ruchu obserwatorom razem krótszą i dłuższą. „Punkt widzenia, kąt widzenia“, jak mówi Wyspiański.

Ale tu nie chodzi tylko o „punkt widzenia“. Nowy pogląd nie tylko jest logiczny, jest również konieczny. Zapewne, nasze maszyny i pociski nie osiągają i nigdy nie osiągną prędkości, do których należałoby stosować miary „Einsteinowskie“. Ale już ruch ziemi dookoła słońca, jakkolwiek odbywający się z prędkością 10.000 razy mniejszą od prędkości światła, wywołuje zmniejszenie się długości, które możemy wykryć zapomocą bardzo precyzyjnych obserwacyj.

Ponadto ciała promieniotwórcze, wyrzucają elektrony, których prędkość zbliża się do prędkości światła. Umiemy również realizować takie prędkości w nowoczesnych rurach próżniowych, gdzie elektrony rozpędzane są napięciem wielu setek ty-



sięcy woltów. Wiemy z poprzednich artykułów, że zjawiska te zostały zużytkowane do sztucznego przetwarzania pierwiastków. W zastosowaniu do nich teoria Einsteina nie jest czezą spekulacją, lecz jest nicodzowna dla ich zrozumienia, jest źródłem wskazówek, jak należy kierować pracami transmutacji, by otrzymać skutek pożądany. Uczy nas — wbrew poglądom klasycznym, opartym na „zdrowym rozsądku“ — że masa pocisku atomowego wzrasta wraz z prędkością; ogólniej biorąc, że masa jest miarą zawartej w pocisku energii. A przecież jest jasne, że bez nakładu energii nie można nawet marzyć o wywołaniu przemian atomowych.

Powiedziałem: „teoria Einsteina“. Powinienem był powiedzieć: wstęp do teorii Einsteina. Względność przestrzeni i czasu to zaledwie pierwszy pokład skarbów wydobytych przez Einsteina z kopalni ducha ludzkiego.

W następnej fazie swej twórczości Einstein dowiódł, że wystarczy pokopać nieco głębiej, by w układzie naszych pojęć o przestrzeni i czasie znaleźć wytłumaczenie odwiecznej zagadki ciężenia powszechnego.

To właśnie miałem na myśli, mówiąc, że Einstein uczynił nas obywatelami wszechświata.

Ten wielki czyn naukowy może mu być rekompensatą za utratę obywatelstwa pruskiego.

## CAVENDISH LABORATORY

Depesze doniosły światu o doniosłym odkryciu sztucznej transmutacji litu, dokonaniem w Cavendish Laboratory w Cambridge. Laboratorium to jest tak słynne, że warto zaznajomić się z historją jego powstania i rolą, jaką odegrało w historii nowoczesnej fizyki.

Cavendish Laboratory jest niepozornym budynkiem, ukrytym w jednej z ciasnych średniowiecznych uliczek Cambridge. Miałem szczęście spędzić dłuższy czas w tym przepięknym mieście uniwersyteckim, którego „żywe kamienie“ są pomnikami wiedzy lat minionych, w którym handel, rzemiosła, administracja istnieją tylko jako niezbędny dodatek; które ma w sobie coś greckiego, ponieważ wszystko służy tam kulturze ducha i ciała. Nie wiele jest miast bardziej sprzyjających uprawianiu nauki badawczej, a w szczególności jest ono chyba predestynowane na to, by kwitła w niem fizyka, gdyż tam właśnie, w murach precudnego Trinity College, tworzył nieśmiertelne swoje teorie Isaac Newton. A jednak Cavendish Laboratory istnieje stosunkowo niedawno, ufundowane zostało około 60 lat temu dla uczczenia pamięci Sir Henry Cavendisha, wielkiego fizyka 18-go wieku.

Pierwszym jego kierownikiem był słynny James Clerk Maxwell, twórca teorii zjawisk elektromagnetycznych, w którego pismach jest zawarta

w stanie potencjalnym cała nasza wiedza o falach radjowych. Następcą jego był inny wielki uczony, lord Rayleigh, któremu zawdzięczamy między innymi wytłumaczenie błękitu nieba, jako następstwa rozpraszania światła słonecznego przez molekuly powietrza.

Obaj ci wielcy mężowie nauki byli indywidualistami, nie stworzyli szkoły, nie przyczynili się do tego, by blaskiem swojej chwały opromienić Cavendish Laboratory. Dopiero trzeci jego kierownik J. J. Thomson uczynił to laboratorium instytutem nauki zorganizowanej. Prace J. J. Thomsona i jego uczniów dotyczyły głównie przewodzenia prądów elektrycznych w gazach i w próżni. Jest zadziwiające, ile wiadomości o materji zawdzięczamy badaniu ośrodków wypełnionych materją rozrzedzoną lub niemal pozbawionych materji, mianowicie gazom i próżni. Prądy studjowane w Cambridge w końcu zeszłego stulecia, są bardzo słabe, można je wykryć tylko zapomocą subtelnych przyrządów, a jednak odsłoniły jeden z najdonioślejszych faktów fizycznych, gdyż pozwoliły stwierdzić, że elektryczność, podobnie jak materja, posiada budowę atomistyczną, jest utworzona z niepodzielnych, t. zw. elementarnych ładunków elektrycznych. Największem odkryciem tej epoki było stwierdzenie, że ujemne ładunki elementarne mogą istnieć w stanie swobodnym, t. j. nie złączone z żadną, bodaj najmniejszą, cząstką materjalną. Otrzymały one nazwę elektronów.

Nic dziwnego, że tak doniosłe prace skupiły do-



koła osoby J. J. Thomsona wielu utalentowanych pracowników naukowych z całego świata. Wśród nich należy wymienić jednego z najwybitniejszych fizyków francuskich, P. Langevina, obecnie profesora w Collège de France.

Jednym z najświetniejszych uczniów Thomsona był Rutherford, wówczas dwudziestokilkoletni młodzieniec, świeżo przybyły z Nowej Zelandji. Później powołany został na profesora do Montrealu w Kanadzie i tam znalazł własną drogę, która go miała zaprowadzić do szczytu sławy i do zapoczątkowania nowej ery w dziejach fizyki. Tam po raz pierwszy odgadł zmienność pierwiastków, mianowicie zrozumiał, że promieniotwórczość radu jest wynikiem rozpadu tego pierwiastka na prostsze. Idea była olśniewająca w swojej prostocie i śmiałości, ale długich lat pracy potrzeba było na jej ugruntowanie i rozwinięcie we wszystkich szczegółach. Ta faza twórczości Rutherforda dokonała się przeważnie już w Anglii, w Manchester, dokąd powołany został z Montrealu. Jednym z celów jakie sobie postawił było aby drogą badania rozpadu samorzutnego zdobyć wskazówki do rozstrzygnięcia najambitniejszego zadania, jakie postawić sobie może myśl ludzka: wydarcia naturze tajemnicy powstawania pierwiastków i wywoływania ich przemian środkami zależnymi od woli człowieka.

W r. 1918, gdy sędziwy Thomson usunął się z kierownictwa Cavendish Laboratory, następcą jego został Sir Ernest Rutherford. Dziwnym trafem począ-

tek jego kierownictwa stał się zarazem początkiem nowej fazy jego twórczości, gdyż w r. 1919 dokonane zostało rozbicie atomów azotu przez bombardowanie ich cząstkami alfa radu. Był to pierwszy przykład sztucznej przemiany pierwiastków. Zwróćmy jednak uwagę na to, że środka do osiągnięcia tego wyniku Rutherford nie znalazł w arsenale znanych wtedy pomocy naukowych. Zapożyczył go wprost od Natury, która w samorzutnym rozpadzie atomów radu wyzwała więcej energii atomowej, niż to możemy uczynić sposobami technicznymi.

Jeżeli za czasów J. J. Thomsona na bramach Cavendish Laboratory można było napisać: „Oto jest laboratorium elektronu“, to od r. 1919 napis ten należałoby zastąpić innym: „Tu rozbija się atom“. Istotnie ubiegłe 15 lat przeszły tam pod znakiem nieustannych prób przetwarzania pierwiastków i poszukiwania elementów budowy atomu, a raczej tego głęboko ukrytego, centralnego organu atomu, który nazywa się jądrem. Badania te były zbyt różnolite, aby sam Rutherford mógł je osobiście prowadzić. Otoczył się zastępem młodych, utalentowanych pracowników. Dał dowód, że jest równie miary psychologiem, co fizykiem, gdyż wszyscy oni zdobyli sobie pierwszorzędne nazwisko w nauce. Blackett, Chadwick, Cockcroft, Ellis, Kapitza — oto sztab generalny wojny z jądrem atomu.

Należy podkreślić, że w dzisiejszych próbach rozbijania atomów rozporządzamy już „własnymi siłami“. Olbrzymie napięcia, wytwarzane przez no-

## CAVENDISH LABORATORY

woczesne transformatory, okazały się skutecznym rywalem tajemniczej potęgi radu.

Na Cavendish Laboratory zwrócone są dziś oczy całego świata.



## F A L A

„Zmienna“, „kapryśna“, „gwałtowna“ „łagodna“ wszystkie te określenia dowodzą, że fala należy do tych zjawisk natury, które przykuwają uwagę w wysokim stopniu i nasuwają liczne analogje z innych dziedzin świata materialnego, a nawet życia duchowego. W słynnej swej książce o wrażeniach dźwiękowych, Helmholtz pisze: „Za każdym razem, gdy uważnie przyglądałem się temu widokowi (fal morskich) sprawiał mi on szczególnego rodzaju rozkosz duchową, gdyż wzrok cielesny poznaje wtedy bez trudu sprawy, które w przypadkach fal (głosowych) niewidzialnego oceanu atmosfery stają się jasne dla wzroku duchowego dopiero po długim szeregu rozumowań i wniosków“.

Pojęcia naukowe są abstrakcją pojęć utworzonych drogą bezpośredniej obserwacji zjawisk codziennych. Zanalizujmy pojęcie fali w znaczeniu potocznem: odnajdziemy w niem te same pierwiastki, co w naukowem pojęciu fali. Fala kołysze, fala przybywa. Istotnemi cechami fali są zatem: rytm i ruch. Ruch ten jest szczególnego rodzaju, gdyż cząstki falującej wody tylko unoszą się i opadają, nie uczestniczą w ruchu fali, który polega na tem, że owo rytmiczne kołysanie się udziela się stopniowo coraz innym cząstkom wody. Jest to przesuwanie się nie samej wody, lecz czegoś co wodę tę wstrząsa rytmicznie. Wyobraźmy sobie wielki tłum,

którego końca nie możemy dojrzeć. Coś ważnego wydarzyło się gdzieś u kresu masy ludzkiej: natychmiast wrażenie wstrząsa najbliższe cząstki tego oceanu, bezpośrednich świadków wydarzenia. Wrażenie to udziela się stopniowo coraz dalszym cząstkom, obejmuje cały ocean pod postacią „wieści“ — słów szeptanych od ust do ust. Masa ludzka stoi, wieść wędruje, wieść przybywa. Fala jest wieścią.

Świat jest pełny wieści; panuje w nim zgiełk i rozgwar nie do opisanía. Wszystko działa na wszystko, żadna cząstka Wszechświata nie jest odosobniona; wszystkie, najodleglejsze nawet części działają na siebie, komunikują się z sobą, przesyłają sobie wieści. Gdy sejsmograf notuje odległe trzęsienie ziemi, gdy nasze oko lub przyrząd dostrzega mgławice oddalone o setki milionów lat świetlnych, odbieramy wieść, odczytujemy sygnał. Treść i sposoby przekazywania sygnału mogą być różne, ale wspólną cechą wszystkich sygnałów jest, że są falami.

Powiedzenie: fala jest wieścią — można odwrócić: każda wieść jest falą. Oczywiście fala powstająca na powierzchni wód jest tylko jedną z odmian bardzo powszechnego zjawiska zwanego ruchem falowym. Głos jest falą biegnącą w powietrzu choć może rozchodzić się również w wodzie (nie po wodzie, w odróżnieniu do fal, o których mówiłem poprzednio) i w ciałach stałych, np. wzdłuż szyny kolejowej; fale sejsmiczne przenikają skorupę ziemską; fale radjowe i wogóle fale elektromagnetyczne,

do których należy światło i wszystkie odmiany promieniowania, rozchodzą się w próżnej przestrzeni, nie wymagają materialnego ośrodka, a gdy ośrodek ten istnieje, to i wówczas falę przenosi nie on, lecz przestrzeń, którą on wypełnia, która istnieje w pewnym sensie obok niego. Te wszystkie rodzaje fal trudno sobie wyobrazić, musimy je oglądać wzrokiem ducha, o którym mówi Helmholtz.

Zawsze istotą fali jest, że rytmiczna zmiana zachodząca w ośrodku udziela się stopniowo ze źródła fali coraz dalszym jego częściom, zazwyczaj równomiernie, z jednakową prędkością we wszystkie strony. Każde miejsce na ziemi i wogóle we wszechświecie jest nawiedzane nieustannie falami „podążającymi we wszystkich możliwych kierunkach. Niema „zapadłego kąta“, trzeba tylko umieć odczytać sygnały, które przynoszą fale. Nie jest to nowa prawda, ale wynalazek radja uwydatnia ją bardzo dobitnie, pomyślmy tylko o naszych rodakach z Wyspy Niedźwiedziej.

Mówi się często o „zgiełku w eterze“, t. j. nadmiarze fal radjowych; ale stosuje się to również i do fal innego rodzaju. Jeżeli określilibyśmy ruchy falowe, jako organizację porozumiewawczą, coś niaby urząd telegraficzny wszechświata, to wypadłoby nam stwierdzić ogromną wyższość telegrafu natury nad urządzeniami ludzkimi, gdyż jest niezmiernie subtelny; „przyjmuje“ wszelkie najśłabsze nawet wstrząsy, sygnały pisane z dowolną szybkością; jest bardzo sprawny, gdyż może prze-



sylać olbrzymią liczbę niezależnych od siebie de-  
pesz.

Depesze te, rzecz prosta komunikują o wydarze-  
niach według określonego klucza, są pewnego ro-  
dzaju odwzorowaniem wydarzeń. W rozległej kla-  
sie przypadków odwzorowanie to jest bardzo wier-  
ne. Jeżeli wydarzeniem jest drganie, odpowiadają-  
jąca mu depeszą jest fala o tej samej częstości, t. j.  
fala, w której zmiany ośrodka powtarzają się  
w tych samych odstępach czasu, co kolejne stany  
ruchu i spoczynku w ciele lub układzie drgającym.

Oczywiście nie każde zjawisko jest drganiem,  
niemniej drgania, a ogólnie biorąc, t. zw. zjawiska  
perjodyczne są bardzo powszechną postacią ujawni-  
ania się sił natury. Nasze umiłowanie rytmu i ru-  
chów rytmicznych, np. tańca, niewątpliwie ma  
źródło w dostrzeganej dokoła nas i w nas samych  
rytmiczności zdarzeń.

Ta powszechna rytmiczność jest wyrazem bardzo  
ogólnej zasady, podstawowego prawa natury, któ-  
re nosi imię jego twórcy, *zasady Hamiltona*.

Jest to zasada harmonji, zasada równowagi mię-  
dzy ruchem i spoczynkiem, lub wyrażając się na-  
ukowo, energją ruchu (kinetyczną) i energją poło-  
żenia (potencjalną). Zgodnie z tą zasadą, ciało  
wytracone ze spoczynku, a zatem zdobywające  
pewną ilość energii ruchu, ustawicznie zamienia  
ją w energję położenia i odwrotnie, znów odzysku-  
je energję ruchu; wynikają stąd regularnie powta-  
rzające się kolejne stany ruchu i spoczynku, cha-  
rakteryzujące drganie.

Dawniej sądzono, że z zasady tej wynika istnienie fal tylko w ośrodkach ciągłych, lub przynajmniej utworzonych z bardzo wielkiej liczby atomów. Dzisiaj wiemy, że również ruch pojedynczego atomu jest falą. Odkrycia tego dokonał uczony francuski, laureat Nobla, Ludwik de Broglie. Nie wchodząc w szczegóły, powiem tylko, że według dzisiejszych poglądów celem nauki jest nie wyznaczenie losów pojedynczego atomu, lecz prawdopodobieństwa tego lub innego losu. Otóż fala de Broglie'a jest falą prawdopodobieństwa, innemi słowy prawdziwe, znaczenie słów „ruch atomu“ jest takie, że prawdopodobieństwo jego wykrycia w tem, czy innem miejscu przesuwają się w przestrzeni na wzór fali głosowej lub świetlnej. Oczywiście nie łatwo jest wyobrazić sobie taką falę. Aby ją pojąć, „wzrok duchowy“, o którym pisze Helmholtz musimy wyostrzyć do ostatecznych granic.

## CHEMICZNE OBLICZE ŻYCIA

(spowodu Zjazdu British Association)

W Leicester, w Anglii, odbywa się obecnie Zjazd British Association for Advancement of Sciences (Stowarzyszenie Brytyjskie Popierania i Rozwoju Nauki). Zjazdy takie są podobne w charakterze do odbywających się w Polsce Zjazdów Przyrodników i Lekarzy; są jednak coroczne, pozatem różnią się od naszych tem, że medycyna nie jest na nich reprezentowana, a natomiast dopuszczane są nauki gospodarcze. W ostatnim numerze „Nature” umieszczone są streszczenia odczytów przewodniczących różnych sekcyj, oraz podany w całości odczyt prezesa Zjazdu, słynnego biochemika F. R. Hopkinsa, p. t. „Chemiczne oblicze życia”. Odczyt ten przeczytałem z wielkiem zajęciem i pragnąłbym podzielić się z Czytelnikami myślami, jakie mi nasunął, zastrzegając się, że są to myśli laika.

Tematem odczytu p. Hopkinsa jest zagadnienie, czy życie może być objaśnione wyłącznie z fizykochemicznego punktu widzenia. Wiadomo, że zagadnienie to jest przedmiotem odwiecznego sporu, odnawiającego się coraz to w innej postaci między „witalistami” i „materjalistami”. Witaliści twierdzą, że życiem rządzi swoista zasada życiowa, materjaliści odrzucają jej istnienie, broniąc poglądu, że zjawiska życiowe nie różnią się zasadniczo od zjawisk



przebiegających w przyrodzie martwej i podlegają dokładnie tym samym prawom. „Zdrowy rozsądek“ zdaje się dawać rację witalistom. Zjawiska życiowe są na pierwszy rzut oka tak odrębne od „martwych“, że wydaje się beznadziejne sprowadzanie obu kategorii do wspólnego mianownika.

Przedewszystkiem substancja żywa w odróżnieniu od martwej jest siedliskiem nieustannych zmian chemicznych, polegających na jednoczesnym rozpadzie i syntezie (odbudowie), jest w pewnej równowadze dynamicznej z otoczeniem. Zachowanie tej równowagi nie zależy li tylko od własności otoczenia. Istotnym czynnikiem jej utrzymania jest „wrażliwość“, dzięki której substancja żywa wybiera z otoczenia to, co jest jej „potrzebne“. Równowaga nie jest zresztą doskonała i substancja żywa może być „młoda“ lub „stara“: w pierwszej przeważają procesy syntetyczne, powodujące wzrost masy substancji, w drugiej procesy rozpadowe, kończące się śmiercią. Oczywiście mamy tu na myśli śmierć „naturalną“, zachodzącą nawet wtedy, kiedy organizm znajduje się w odpowiednim dla siebie otoczeniu.

Zauważyć należy, że prawo śmierci „przyrodzonej“ nie jest słuszne dla całego świata ożywionego bez wyjątku. Organizmy najniższe są właściwie nieśmiertelne; znikają jako indywidua jedynie drogą podziału. Gdyby nie było przeszkód ze strony otoczenia, organizmy takie, np. wymoczki po krótkim czasie zsyntetyzowałyby niesłychanie wielką, „astronomiczną“ ilość substancji życiowej. Procesy twórcze przeważają zatem, substancja żywa „dą-

ży“ do wchłonięcia w siebie, do „ożywienia“ substancji martwej. Powszechne jest tylko prawo wzrostu. Ale to prawo jest szczególne: dana jednostka biologiczna nie jest zdolna do nieograniczonego wzrastania, lecz w pewnym stadjum rozwoju dzieli się na mniejsze jednostki, które następnie wzrastają znowu do „przepisanej wielkości“, poczem dzielą się znowu i t. d. Organizmy wyższe, t. j. wielokomórkowe, zachowują się zasadniczo w ten sam sposób, z tą jednak różnicą, że zdolność podziału jest w nich wyłącznym przywilejem nielicznych, t. zw. rozrodczych komórek, pozostałe po osiągnięciu maximum wzrostu są skazane na zagładę, t. j. na śmierć.

Chcąc wytłumaczyć zjawiska życiowe z punktu widzenia chemji i fizyki musimy doszukiwać się analogji między niemi, a zjawiskami w przyrodzie martwej. Powiedziałem, że równowaga dynamiczna odróżnia materję żywą od martwej. Nie jest to zupełnie słuszne; znamy rozległą klasę substancyj chemicznych, t. zw. katalizatorów, które umieszczone w odpowiedniem otoczeniu, ulegają podobnie, jak ciała żywe, nieustannemu rozpadowi i regeneracji. Nazywamy je tak, ponieważ, doznając tego cyklu przemian, jednocześnie katalizują, t. j. umożliwiają lub przyspieszają pewne reakcje chemiczne.

To też nauka o katalizatorach jest kością pacierzową wszelkich prób fizyko-chemicznej interpretacji życia. Ale katalizatory nie wykazują naogół przewagi procesów regeneracyjnych: obce im jest prawo wzrostu. Coprawda, istnieją niektóre nie-

liczne ciała katalityczne, które powiększają swą masę podczas katalizy, t. zw. autokatalizatory; przez pewien czas wyrażano się nawet dosadnie, że życie jest autokatalizą, wydaje się jednak wątpliwe, czy pogląd ten może być utrzymany.

Zresztą nawet, gdyby był słuszny, sprowadzanie objawów życia do autokatalizy jest niesłychanie ubogiem i niepełnem jego odwzorowaniem w płaszczyźnie fizyko-chemicznej. Chodzi o to, że życie nie jest jednym jakimś procesem, lecz zbiorem procesów skoordynowanych, że organizm jest całością skomponowaną według jednolitego planu. Jakkolwiek głęboko zapuszczalibyśmy się w analizę części organizmu i jego oddzielnych procesów, nie możemy nie dostrzec czynnika, stojącego niejako ponad chemicznem obliczem życia: zasady organizacyjnej, która częściom wyznacza ich rolę i koordynuje ich funkcje. W artykule p. t. „Kryształy“ zaznaczyłem<sup>1</sup>, że i w substancji martwej, mianowicie krystalicznej, daje się wykryć w stanie zaczątkowym istnienie takiej zasady, ale jakże daleko kryształom do substancji żywej! Zresztą istnienie pewnych wspólnych zasad w świecie żywym i martwym nie oznacza supremacji fizyko-chemji nad biologją; moglibyśmy równie dobrze powiedzieć, że również w substancji martwej działa w bardzo słabym stopniu „siła życiowa“, która znajduje swój najwyższy wyraz w świecie ożywionym.

Następną cechą odróżniającą oba światy jest wraź-

---

<sup>1</sup> p. str. 190.



liwość. Substancja żywa staje się podłożem reakcji z otoczeniem tylko wtedy, gdy otrzyma odpowiedni bodziec. Działanie otoczenia nie jest zatem bezpośrednie, ono przechodzi poprzez ogniwo bodźca i odpowiedzi organizmu na bodziec. W rozpatrywaniu tego zagadnienia spotykamy się z odwiecznym problemem wolnej woli i przyczynowości. Organizm wydaje się reagować na bodziec według swego widzimisie, przynajmniej do pewnego stopnia: może reagować szybciej lub wolniej, słabiej lub silniej, ma napozór pewną możność wyboru. Czy ta wolność wyboru nie jest iluzoryczna, czy sposób reakcji jest przepisany całkowicie przez naturę bodźca i stan fizyko - chemiczny otrzymującej go części organizmu? Pytanie to ukazuje się nam dzisiaj w innym świetle, niż dawniej; wiemy bowiem, że nawet reakcja atomu na czynnik zewnętrzny nie jest całkowicie zdeterminowana, atom „wybiera“ między różnymi możliwościami reakcji. Ale zasada na jakiej to czyni jest dla nas zupełną zagadką; to też ograniczamy się jedynie do wyznaczenia prawdopodobieństwa tego czy innego wyboru; uważamy że rządzi nim prawo ślepego przypadku.

Nie śmiałbym wypowiadać sądów w dziedzinie, w której nie jestem kompetentny; wydaje mi się jednak rzeczą możliwą, że *tabulam rasam*, na której piszemy w fizyce w braku czegoś lepszego słowa „statystyka“, „prawdopodobieństwo“ i „prawo przypadku“, w biologji zapisuje niewidzialnem, a jednak władcem pismem zasada organizacyjna.

Istnieje oczywiście podejście do procesów wraz-

liwości z punktu widzenia fizyko - chemicznego. Odczyt p. Hopkinsa jest właściwie poświęcony chemicznemu ujęciu tego zagadnienia. Ogólnie daje się to sformułować w następujący sposób. Pod działaniem bodźca powołane do tego organy wytwarzają katalizator, który czyni inne części organizmu zdolnymi do reakcji chemicznej z otoczeniem.

Nasze wiadomości o tych katalizatorach zostały rozwinięte w ostatnich czasach w sposób imponujący. Należą do nich enzymy, hormony i witaminy. Niektóre z nich wytwarza sam organizm, inne muszą mu być dostarczane z zewnątrz. Liczba ich jest tak wielka, typy reakcyj chemicznych, jakie mogą wzbudzać, tak różnolite, że zapomocą teorii „katalitycznej“ możemy w pewnej mierze odwzorować bogactwo objawów wrażliwości biologicznej.

Ale tylko w pewnej mierze. Weźmy przykład. Jakaś określona reakcja np. przemiana cukrowa regulowana jest przez katalizator zwany insuliną; insulina wytwarzana jest przez odpowiedni gruczoł wydzielania wewnętrznego: działalność tego gruczołu podlega kontroli hormonu, wydzielanego przez inny organ i t. d., i t. d. Wszystko w tym łańcuchu jest fizyko - chemiczne, jest ściśle zdeterminowane, cała trudność polega jednak na tem, że urywa się on na pewnem ogniwie, od którego począwszy musimy głos oddać czynnikom innej natury. Zdaje się, że w żaden sposób nie możemy obejść się bez zasady organizacyjnej, bez prawa specyficznego biologicznego, do którego fizyka i chemja nie mają dostępu.

## DIALOG O INDETERMINIZMIE <sup>1</sup>

(wspólnie z prof. Dr. J. Dembowskiem)

Fizyk. Cóż to za maszyna wydaje ten piekielny warkot? Czyżby pracownia twoja przeobraziła się w pracownię fizyczną? A może wyhodowała jakąś nową rasę zwierząt, które umieją mówić, lub co gorsze, wiecować?

Biolog. Wiruję moje wymoczki.

Fizyk. Cóż ci złego zrobiły, że się nad nimi pastwisz?

Biolog. Widzisz, mam do rozstrzygnięcia trudny problem. Chcę dowiedzieć się, czy przedni, czy tylny, koniec wymoczka jest cięższy.

Fizyk. A więc obserwujesz, którym końcem ustawiają się nazewnątrz podczas wirowania?

Biolog. Niema to, jak przedstawiciel nauki ścisłej. Włot zgaduje, o co chodzi.

Fizyk. Nie potrzeba na to zbyt wiele przenikliwości. Oddawna marzę o tem, by dowiedzieć się od was czegoś o życiu. Tymczasem wy mówicie tylko o wirowaniu, o adsorpcji, o błonach półprzepuszczalnych, o koncentracji jonów wodorowych i innych sprawach, które mi się znudziły nawet w ustach moich kolegów po fachu. No więc wirujesz i dowiesz się, że np. głowa jest cięższa od

---

<sup>1</sup> drukowane ze zgodą prof. J. Dembowskiego.



ogona, czy jak to się u wymoczka nazywa. Co ci z tego przyjdzie?

**Biolog.** Ta sprawa jest bardzo ważna. Wymoczki moje mają tę właściwość, że skierowują się ku górze. Idzie o wyjaśnienie mechanizmu tego ruchu. Jeśli mi się uda wykazać, iż koniec tylny jest cięższy i przeważa ku dołowi, zrozumiem, co sprawia ich wznoszenie się. Wówczas bowiem wymoczek musi ustawić się pionowo, końcem przednim ku górze. Płynąc przed siebie, musi wypłynąć na wierzch.

**Fizyk.** Więc miałem słusność. Cokolwiek zaczniecie badać, zaraz wyłazi jakaś zależność fizyczna lub chemiczna. I to jest biologja?

**Biolog.** Mój drogi, muszę powiedzieć, że ten przytyk ci się nie udał. Oczywiście organizm jest tworem materjalnym i jako taki musi, niestety, ulegać waszym prawom. Nie wynika stąd wcale, aby fizyka wyczerpywała wszystkie zagadnienia, jakie nam nasuwa ustrój żywy. Zresztą złośliwość za złośliwość. Słyszałem, że gdy fizycy zabierają się do badań nad najsubtelniejszą budową materji, dochodzą do praw biologicznych.

**Fizyk.** Cóż to za insynuacja? Czyś zapomniał o klasyfikacji *Comt'e'a*, który w hierarchji nauk umieszcza fizykę ponad biologją.

**Biolog.** Daj spokój umarłym, niech spoczywają w ciszy. Wy, żywi, wysilacie całą swoją pomysłowość na mierzenie i obliczanie torów cząsteczek, których nikt nigdy nie widział i nigdy nie zobaczy i sądzą, że uprawiacie najbardziej fizycz-

na fizykę. A wniosek wasz jest, że elektron ma wolną wolę i że tor jego wogóle obliczyć się nie da. Wciąż mówicie o wyższości fizyki i jej przodującej roli w nauce, a w rzeczywistości teraz dopiero zaczynacie przeżywać kryzys, który my, biologowie, mamy już poza sobą.

**F i z y k.** Jest to nieporozumienie. Właśnie otrząsamy się dzisiaj z resztek antropomorfizmu czy biomorfizmu w naszym rozumowaniu. Mieliśmy przyzwyczajenia indywidualistyczne: skłonni byliśmy przywiązywać nadmierną wagę do jednostki, do jednego człowieka, czy jednego wymoczka. Zapewne, rezygnujemy dziś z nakreślenia losów pojedynczej cząsteczki, elektronu lub atomu. Ale w skali naszego istnienia sprawy indywidualium atomowego są błahostką bez znaczenia; zdarzenia dostrzegalne są dziełem zbiorowości atomowych o liczebności nieogarnionej. A losy zbiorowisk umiemy przewidzieć ściśle.

**B i o l o g.** Przypomina mi to bajeczkę o lisie i winogronach. Umysł badawczy nigdy nie może zrezygnować z poznania tego, co może być poznane. Jest to ta sama siła elementarna, która pcha ludzi do biegunów lub na szczyt Mount Everestu i to tylko dlatego, że nikt tam jeszcze nie był. Z prawdziwej wolnej woli jednostek nigdy nie wynikają dające się przewidzieć prawa społeczne. Musicie założyć, iż ta wolna wola ulega zasadniczemu prawu przypadku, głoszącemu, że każda możliwość jest jednakowo prawdopodobna. A gdyby tak było, wolna wola przestałaby być wolną wolą. Rzeczywista

wolność nie uznaje żadnych praw i jej działanie nie da się w żaden sposób przewidzieć. Z temi samemi zagadnieniami mamy często do czynienia w biologji. Wymoczki moje także ulegają prawom zbiorowisk. Jeśli naleję kulturę wymoczków do naczynia, wiem napewno, że większość zbierze się u góry. Gdybym poprzestał na tem stwierdzeniu, powiedziałbym, że ruchy pojedynczych osobników mnie nie interesują, wystarcza mi zachowanie się zbiorowości. A jednak w ten sposób niesłychanie zubożyłbym moją naukę. Właśnie najciekawsze jest zagadnienie, dlaczego nie wszystkie osobniki płyną ku górze. A odpowiedź na nie może dać tylko badanie pojedynczych wymoczków. Mówiłem o przewodze tylnego końca. Okazuje się, że przewaga ta sama przez się jest zbyt nieznaczna, aby nadać ciału wymoczka położenie pionowe, raczej nadaje ona zwierzęciu pewien moment obrotowy, na który wymoczek reaguje aktywnie, ustawiając się pionowo zapomocą swych zawiłych mechanizmów rzęskowych. Tu właśnie kończy się fizyka. Jak pojedynczy osobnik zareaguje w każdym poszczególnym przypadku, zależy od szeregu różnorodnych czynników, wśród których to, co nazywamy „nastawieniem“ zwierzęcia, czyli jego bezpośrednia przeszłość, odgrywa rolę pierwszorzędną. Gdybyśmy poprzestali na prawach statystycznych, pominęlibyśmy zagadnienia najważniejsze i najciekawsze. Dla nas zachowanie się jednostki, wraz z całą jej skomplikowaną przyczynowością, jest kluczem do zrozumienia zachowania się zbiorowości.



nie odwrotnie. Nie potraficie przewidzieć ruchu pojedynczego elektronu, my zaś w pewnych warunkach możemy wykreślić tor pojedynczego wymocznika. Nie władamy wprawdzie tak zawiłym aparatem matematycznym, jak wy, ale przyznasz może, że pod pewnymi względami wyprzedziliśmy was. Zapewne, wymoczek jest bezporównania większy od atomu; jest on jednak cokolwiek bardziej skomplikowany.

Fizyk. Bardzo rad jestem, że moja, jak ją nazwałeś, złośliwość sprowokowała odpowiedź, która brzmi „biologicznie“, która uwydatnia, obok podobieństw, różnice naszych metod. Ale pozwól, zanim odpowiem, na małą dygresję. Zarzucasz nam, że stawiamy sobie cele ograniczone, że cofamy się przed Everestami dociekania naukowego. A ja myślę, że właśnie porywy nieokiełznane, śmiałość nieznaną dotąd w dziejach nauki cechuje fizykę naszej doby. Gdzież tam bieguny naszego małego globu! Myśl nasza świdruje głębie gwiazd, umieszcza w nich materję w stanie „czwartym“, nieznanym na ziemi: atomy obdarłe z elektronów i przez to tak malutkie, że w objętości jednego centymetra sześciennego upchać je można do masy kilkuset kilogramów. W bezmiernych przestworzach mgławic, czy w zionących żarem miliardów stopni czeluściach wewnątrzgwiazdnych doszukuje się zdarzeń najcudowniejszych, aktów unicestwiania się materji i powstawania z jej najprostszyc odmian pierwiastków bardziej złożonych. Wybiega poza granicę tej drobnej cząstki wszechświata, jaką jest, kil-

kadziesiąt tysięcy lat podróży na promieniu świetlnym przemierzająca, droga mleczna; uzbrojona w olbrzymie oczy teleskopów o kilkumetrowych soczewkach, śledzi, jak uciekają od nas w zawrotnym pędzie pokrewne światy mgławic spiralnych, świadcząc o rozrastaniu się wszechświata według praw, przepisanych przez twórcę zasady względności, mieszkańca naszej planety i w dodatku, na złość tobie, fizyka.

**Biolog.** Przepraszam, że ci przerwę. Nikt nie przeczy, że fizyka nowoczesna poczyniła zdumiewające, cudowne wprost postępy. Chylimy czoła przed genjuszem ludzkim. Jednak zdawałoby się, że właśnie te świetne zdobycze, ta możliwość rozwiązywania zagadnień pozornie zupełnie niedostępnych, powinny natchnąć myśl fizyka swojego rodzaju zuchwalstwem. Niema problemów, których nie potrafiłby rozwiązać! Tymczasem nie trzeba jeździć aż na drogę mleczną, aby spotkać się z zagadnieniami, wobec których rezygnujecie. I są to właśnie najzwyczajniejsze, najpospolitsze, zjawiska, zachodzące w każdej bryłce kurzu dokoła nas. Psychologicznie nie mogę sobie wprost wytłumaczyć tej waszej rezygnacji. Może powiesz mi coś o waszym stosunku do zasady przyczynowości. Podobno zwątpiliście o niej? Jako przyrodnik, jestem tem poważnie zaniepokojony.

**Fizyk.** Gdybyśmy rozwiązali zagadnienia, fizyka przestałaby istnieć. Wtedy musielibyśmy może przejść w całości do waszego obozu. Ale chyba sam nie wierzysz, że nam to grozi. Przerwałeś mi

moją odę o triumfach astrofizyki. Czyżbym to ja, „przedstawiciel nauki ścisłej“, miał być romantykiem, a ty — z pod znaku „élan vital“ — miałbyś być obrońcą trzeźwości? Zgoda, wróćmy do naszego tematu. W istocie, nie potrafimy przewidzieć toru indywidualnego elektronu; przyznajemy się do tego i z niemocy tej czynimy jeden z naczelných postulatów nauki. Przed chwilą potępiłeś to wywieszenie sztandaru z napisem „ignorabimus“. Przypomnij sobie dzieje fizyki. Czy nie sprawdzają się na nich cudownie słowa G ö t h e g o: „in der Beschränkung zeigt sich erst der Meister“? Przecież okresy najświetniejszego rozkwitu fizyki, największe postępy w poznaniu natury świata fizycznego, miały za punkt wyjścia akty rezygnacji, podobne do tego o którym dziś mówimy. Chyba odkrycie zasady zachowania energji jest dostateczną kompensatą za wyrzeczenie się budowy perpetuum mobile. A czy mamy może żałować uroczystego stwierdzenia niemożliwości wykrycia ruchu bezwzględnego? Zamiast tych niedojrzałych, przepraszam, nieistniejących winogron mamy zasadę względności wraz z jej zdumiewającymi konsekwencjami. Wiemy, że masa jest atrybutem energji i że 1 kilogram zawiera większą liczbę ergów, niż liczba litrów, zawartych w objętości ziemi. Nauczyliśmy się fotografować podczas zaćmienia słońca gwiazdy, ukryte za tarczą słoneczną, których promienie, ugięte wskutek sił ciężenia, trafiają nas jak kamień, rzucony z za muru ręką niewidzialnego sprawcy. Nie, rezygnacja fizyka nie jest wy-



znaniem bezsilności. Jeżeli wyrzekamy się rozwiązywania pewnych zagadnień, to dlatego, że przekonujemy się, iż są jak pytania, stawiane przez dzieci, pytania, na które odpowiedzi być nie może, gdyż kryją w sobie sprzeczność logiczną. Wykrycie tych sprzeczności pozwala nam wybierać zagadnienia istotne, dające się rozwiązać i prowadzące do prawdziwego wzbogacenia nauki. Uwagi te stosują się całkowicie do zagadnienia determinizmu w fizyce dzisiejszej. Należałoby powiedzieć dokładniej: w fizyce atomowej, bo przecież nie wyrzekamy się przyczynowości w zakresie zjawisk makroskopowych i nie chcemy, by zapomniano, że zaćmienia słońca i księżyca stosują się do naszych programów widowiska z dokładnością do drobnego ułamka sekundy. Natomiast domaganie się przyczynowości w zdarzeniach atomowych jest nieporozumieniem, które postaram ci się wyjaśnić.

Postulat przyczynowości brzmi: te same przyczyny wywołują te same skutki. Wygłaszając to zdanie, zakładamy, że w naturze istnieje ład, niezależny od naszej woli czy interwencji, bieg spraw, które możemy obserwować, że tak powiem, przez szybę, nie zakłócając ich regularności. Zapominamy jednak, że rzeczy same w sobie nie istnieją, że przez sam fakt obserwacji stajemy się ich współtwórcami, że nie możemy całkowicie oddzielić roli widza od roli aktora. Najprostszym typem obserwacji jest wyznaczenie położenia. Posługujemy się wtedy zmysłem wzroku, który jednak na nic nam się nie zda, jeśli przedmiotu nie oświetlimy. Ale światło

nietylko czyni rzeczy widzialnemi: ono działa na nie, wpływa na ich losy, przedewszystkiem przez to, że wywiera siłę mechaniczną, która sprawia lub modyfikuje ich prędkość. Widzisz więc, że widz wciągnięty jest na scenę, że tworzy z nią nierozdzielalną całość. Całe szczęście, że gdy dzieje się „coś większego“, gdy akcja toczy się między ciałami, gdy, mówiąc fachowo, oglądamy zdarzenia mikroskopowe, że wtedy zakłócenie, wynikające z obserwacji, jest bardzo nieznaczne i może być zaniedbane. Dlatego to, dopóki fizyka doświadczalna zajmowała się niemal wyłącznie zjawiskami makroskopowymi, mogliśmy mówić o bezpośrednim, absolutnym stosunku przyczyny do skutku, dlatego wierzyliśmy w istnienie oderwanego od nas świata obiektywnego. Ale dziś eksperymentujemy z atomami, rozpędzamy elektrony, odchylamy atomy magnetyczne, liczymy, niekiedy zapomocą maszyn statystycznych lub liczników telefonicznych, oddzielne cząstki alfa, protony wyrzucane w dezintegracji atomów, lub impulsy promieniowania kosmicznego. Wylądowaliśmy, jak Gulliver w królestwie Liliputów, gorzej jeszcze, bo nietylko nieostrożnem dotknięciem łamiemy im kości, ale nawet wywracamy siłą swego wzroku. Gdzież tu mówić o obiektywnej obserwacji? Obserwacja przedmiotów dowolnie małych, a nawet atomów, jest, w zasadzie przynajmniej, możliwa. Im jednak wymiary badanego przedmiotu są mniejsze, z tem większą dokładnością musi być wyznaczone jego położenie. Teorja mikroskopu wskazuje nam drogę do takiego, w zasadzie granic

nieznającego wysubtelnienia obserwacji: należy przedmiot badany oświetlić promieniami o fali dostatecznie krótkiej. Zyskujemy wówczas możliwość wyróżnienia odstępów tego samego rzędu wielkości, co długość owej fali świetlnej. Rozmiary atomu są zbliżone do 1 Angströma ( $10^{-8}$  cm.), fale promieni R o e n t g e n a mają długość tego właśnie rzędu wielkości, fale promieni gamma są jeszcze o wiele krótsze. Wydawałoby się więc, że zagadnienie jest rozwiązane. Jest to jednak tylko złudzenie. Siła mechaniczna, wywierana przez światło na przedmiot oświetlany, wzrasta wraz z częstością drgania, t. j. w miarę, jak długość fali maleje. O tej sile właśnie myślałem, mówiąc w przenośni, że spojrzeniem obalamy oglądane istoty. Chciałem powiedzieć, iż interwencja, jaką z konieczności niesie z sobą każda obserwacja, jest w granicznym przypadku zjawisk atomowych zabiegiem brutalnym, niweczącym wewnętrzne prawo stawania się tych zdarzeń, o ile takowe wogóle istnieje. Zakładanie więc przyczynowości w świecie atomowym jest hipotezą bez treści, o przyczynowości tej nie dowiemy się nigdy, bo gdy tylko próbujemy wyjaśnić stosunek przyczyny do skutku, wniwecz obracamy działanie wszelkiej przyczyny. Oto kryzys determinizmu w fizyce dzisiejszej.

Biolog. Z wielkiem zainteresowaniem przysłuchiwałem się twoim wywodom i jestem ci bardzo wdzięczny, że tak jasno wytłumaczyłeś mi wasz obecny punkt widzenia. Nie często się zdarza, aby fizyk i biolog zdołali znaleźć wspólny język. Argu-



mentacja twoja jest konsekwentna i jedną tylko mam co do niej wątpliwość. Otóż jestem zdania, że ani fizyk, ani biolog w swoich doświadczeniach, czy rozumowaniach nie powinni wkraczać w obcą sobie dziedzinę teorii poznania. Czy rzeczy same w sobie istnieją, czy nie istnieją, zagadnienia tego nie rozwiążemy w naszych laboratorjach. Pozostańmy na dobrem, starem stanowisku realistycznym. Przypominam ci, że granice ludzkiego poznania, tyle razy już wyznaczane, w żaden sposób nie mogą się utrzymać. Ze słynnych ongi granic Dubois Reymonda bodaj ani jedna nie pozostała na miejscu. Mówiłeś tu o wyrzeczeniu się. Co innego jest jednak wyrzec się odpowiedzi na pytanie niedorzeczne, a co innego wyrzec się postulatu, który od wieków był jedyną prawdziwą dźwignią przyrodoznawstwa. Fakt istnienia zjawisk fizycznych, których bieg jest zakłócany przez obserwację, szczególnie zainteresował mnie dlatego, że z tego rodzaju faktami niejednokrotnie mamy do czynienia w biologji. Klasyczny przykład stanowi najtrudniejszy zapewne z istniejących rodzajów obserwacji, mianowicie samoobserwacja, w której obserwator jest zarazem objektem badania. Gdy skupiamy uwagę na naszym własnym procesie myślowym, proces ten nagle ginie, rozpływa się w nicość. Prawdziwie jednoczesne przeżywanie czegoś i obserwacja tego przeżywania jest prawdopodobnie niemożliwe. Jednak przerywając przeżycie, możemy zrekonstruować je z pamięci i tej metodzie wiele zawdzięczamy. Inny przykład dotyczy rzeczy bardziej namacalnej. Jesz-

cze stosunkowo doniedawna nie mieliśmy metod, któreby pozwoliły na obserwację procesów, zachodzących w żywej komórce. Aby stwierdzić, co się w niej dzieje, musieliśmy komórkę zabić i zabarwić. Wówczas obserwowaliśmy w niej szereg pięknych struktur, które w następstwie okazały się wynikiem prostego strącania koloidalnych składników komórki, nic nie mającego wspólnego z życiem. Cały wielki okres cytologii morfologicznej charakteryzował się badaniami tego typu, z których wiele uważamy dziś niemal za bezwartościowe. A jednak rozporządzamy obecnie nowymi metodami, częściowo zapożyczonymi od was, które pozwalają nam na badanie przemian życiowych komórki. Mam na myśli zwłaszcza t. zw. barwienie przyżyciowe, mikrodysekcję i hodowlę tkanek poza organizmem. Więc z trudnościami tego rodzaju wciąż musimy walczyć i jak dotąd, wychodziliśmy z tej walki zwycięsko. Właśnie dlatego twoje rozumowanie o zakłócającym działaniu światła, jako o nieprzekraczalnej przeszkodzie, nie wydaje mi się dowodzić beznadziejności całej imprezy. Dlaczego to ma być koniecznie światło, koniecznie mikroskop i koniecznie oko ludzkie? Może użycie do obserwacji jakiegoś wymocznika, który będzie reagował na ruchy elektronów i wskazywał ich położenie. Może zamiast oświetlenia każecie elektronowi wydawać dźwięki. W żaden sposób nie mogę pogodzić się z myślą, że coś, czego chwilowo nie umiemy badać, jest z tego powodu niepoznawalne. Nie wyobrażam sobie także dobrowolnej zgody przyrodnika na indeterminizm

w nauce, którego konieczną konsekwencją jest dowolność w zachodzeniu zjawisk. Nauka musi operować k o n i e c z n o ś c i ą, wszystko jedno, czy ma do czynienia ze światem mikro, czy makroskopowym. W przeciwnym razie wszystko rozleci się, rozwieje się jak dym. Pojęcie dowolności, czy wolnej woli wzięliście ze stosunków ludzkich. Istotnie, w społeczeństwie ludzkim pozornie mamy do czynienia z podobnym indeterminizmem. Czynności jednostek są nieobliczalne, zachodzą z wolnej woli, ale z wielkiej liczby indywidualnych kaprysów czy fantazyj powstają prawa społeczne, które sprawdzają się zawsze. Jednak dla nas, biologów, jest to namacalnym dowodem, że właściwie t. zw. wolna wola nie istnieje; jest ona tylko pewnym skrótem językowym, nie więcej. Musimy założyć, że w gruncie rzeczy wszyscy ludzie są jednakowi. Każdy musi jeść, spać, oddychać, bawić się, obgadywać swoich bliźnich, obawiać się śmierci, kochać, nienawidzić i t. d., a właśnie z tych drobiazgów składają się prawa społeczne. Czy postęпки jednostki są nieobliczalne? Bynajmniej, zależą one tylko od bardzo zawitego kompleksu warunków, który nie zawsze znamy w całości. Gdy np. widzę ciebie na ulicy i chcę przewidzieć, dokąd idziesz, przede wszystkim ustalam działające warunki. Jeśli ulica jest Lwowska, godzina 11 rano i krok szybki, wiem z pewnością astronomiczną, że idziesz na Śniadeckich, do pracowni. Gdzież tu wolna wola? Skoro zaś wątpię o wolnej woli fizyka, jakże chcesz, abym się zgodził na wolną wolę elektronu?



Mamy i my swoje wyrzeczenia się. Wyrzekliśmy się wolnej woli, a rekompensatą jest cała obszerna dziedzina behawioryzmu, której wiele już dziś zawdzięczamy. Powróciliśmy do starej przyczynowości, i z dobrym skutkiem. Co się zaś tyczy tego, że indywidualne ruchy atomu czy elektronu nie mają znaczenia, to któż zdoła przewidzieć, jakie konsekwencje pociągnie za sobą poznanie praw, rządzących taką najdrobniejszą cząstką materji? Może ono przyczynić się do zgoła nicobliczalnego rozszerzenia naszego horyzontu myślowego.

F i z y k. To, coś powiedział, dało mi wiele do myślenia. Zacząłem zastanawiać się nad tem, coby było, gdybyśmy byli stworzeni na miarę atomu i gdyby atomy świszczały nam koło uszu, jak pociski karabinowe wśród oddziału wojska, może bez ich morderczych działań. Przekonanie moje zachwiało się na chwilę. Wydało mi się, że gdyby istniała tylko ta fizyka, którą dziś nazywamy mikroskopową, nie różniłaby się ona od dzisiejszej makroskopowej, t. j. tej, w której króluje niepodzielnie determinizm. Po głębszym namyśle sądzę jednak, iż nie tu leży sedno sprawy. Tu nie chodzi tylko o to, że spoglądamy na sprawy atomowe tak, jak np. istota naziemska patrzyłaby na sprawy zbiorowości ludzkiej, dostrzegając w nich tylko objawy masowe: wędrówki narodów, rozrastanie się wielkich skupień, a w najlepszym razie rejestrując zapomocą subtelnych aparatów liczby zgonów i urodzin. Nie, cała sprawa polega na tem, że jak to zresztą sam uznałeś, obserwacja jest zarazem działaniem na

przedmiot obserwowany. Powiadasz, że jeśli dzisiejsze środki obserwacji są zbyt brutalne, to nie powinniśmy z tej nieudolności czynić dogmatu, że cały duch przyrodoznawstwa skłonić nas raczej powinien do wiary, że środki te wysubtelniać się będą w przyszłości coraz dalej, aż dostosują się do małości badanych rzeczy. Ale przecież wiara przyrodnika musi być oparta na realnych podstawach i najśmielsze nawet przewidywania, że wezmę za przykład sprawę podróży międzyplanetarnych, mają mocną odskocznę w postaci dzisiejszego stanu wiadomości o przyrodzie. W zastosowaniu do zagadnienia, które nas zajmuje, najważniejszą zdobyczą fizyki dzisiejszej jest odkrycie kwantów, t. j. stwierdzenie faktu, iż działanie nie może być dowolnie małe, lecz że istnieje pewna najmniejsza jego jednostka, jakby niepodzielny atom działania, który właśnie kwantem nazywamy. Gdy to działanie elementarne stanie się tego samego rzędu wielkości, co zjawisko obserwowane, t. zn. działanie zachodzące między atomami, zakłócenie spraw badanych przez obserwację wydaje się nieuniknione, wydaje się być prawem natury, może najbardziej fundamentalnem z tych, któreśmy dotąd poznali. I dlatego nie sądzę, aby wymoczki miały być lepszymi w znaczeniu twoich postulatów fizykami, niż my. I one musiałyby, chcąc atom zaobserwować, dotknąć go lub oświetlić jednym bodaj kwantem światła, a wówczas wtargnęłyby w jego historję w niemniej gwałtowny sposób, niż my to czynimy w cytowanym

przeze mnie, zresztą czysto imaginacyjnym eksperymentem mikroskopowym.

**B i o l o g.** Prawdopodobnie wymoczki musiałyby w tym, czy innym stopniu oddziaływać na zjawiska atomowe. Ale niekoniecznie oznacza to zasadniczą niepoznawalność tych zjawisk. Można sobie wyobrazić taki stan rzeczy, w którym spowodowana przez wymoczki wielkość odchylenia ruchów elektronowych dałaby się wyznaczyć. Perturbacje Urana pozwoliły na odkrycie Plutona. Odwrotne zagadnienie, jakie mamy przed sobą w naszym przypadku jest również możliwe do rozwiązania. Znając masę, ruch i inne cechy wymoczka, moglibyście wyznaczyć kierunek i wielkość spowodowanych przez niego perturbacyj, a tem samym obliczyć tor rzeczywisty. Trudności tego zagadnienia są ogromne, nie są jednak zasadnicze.

**F i z y k.** Widzę, że wracamy do punktu wyjścia. Nie rozumiałem dotąd, czemu z taką pasją studujesz wymoczki, a raczej myślałem, że masz do nich słabość, jaką każdy biolog ma do tego, czy innego przedstawiciela przyrody ożywionej. Teraz widzę, że chcesz je wytresować, by wyrwać nam trofea we własnej naszej dziedzinie, by dowiedzieć się o tajemnicach materji więcej, niż to może uczynić fizyka „szkiełko i oko“. Kto z nas jest większym romantykiem? Nie przeczę, że tkwi w tych możliwościach coś upajającego. Może istotnie nasza fizyka kwantowa jest tylko wstępem do fizyki działań elementarnych, jak atomy **D a l t o n a** są tylko pierwszym etapem w poznaniu struktury atomistycznej ma-



terji, utworem, w którym kryją się składniki o wiele subtelniejsze, elektrony i protony. Podobnie lekko-myślnością byłoby odrzucać bezwzględnie a priori możliwość istnienia „ułamków“ kwantu, działań słabszych od tych, które uważamy dziś za kres małości zdarzeń. Ale to są sprawy, których samem rozumowaniem rozstrzygnąć się nie da. Potrzebne są do tego nowe fakty. Z pewnością powiedzieć można tylko jedno: jeśli teoria kwantów jest prawdziwa, jeżeli kwant jest istotnie elementarną jednostką działania, wówczas losy pojedynczego elektronu są niepoznawalne. Chciałbym jeszcze powiedzieć, że ta nowa rezygnacja, ten słup graniczny w poznawaniu natury, który wybudowaliśmy świeżo obok dawniej istniejących, okazał się, jak dawniejsze, drogowskazem do dziedzin, które uważaliśmy skądinąd za niedostępne. Tak więc zasada indeterminizmu zjawisk atomowych daje nam proste wytłumaczenie faktu, że zpośród wielkiej liczby atomów promieniotwórczych zawsze ten sam ułamek ulega w tym samym okresie czasu rozpadowi, chociaż wszystkie atomy są zupełnie jednakowe i nie ma żadnej dobrej racji, aby jedne z nich się rozpadły, podczas, gdy inne pozostają w całości.

**B i o l o g.** Tłumaczycie to tem, że jedne atomy chcą rozpadać się, a inne sobie tego nie życzą. Widzisz, i na to pytanie wymoczki mogą dać dobrą odpowiedź. Nawoływałeś do faktów. Otóż wykonywamy taką próbę: do pionowej rurki szklanej, zalutowanej na dole, wlejemy kulturę wymoczków. Po krótkim czasie część wymoczków, powiedzmy 50%

ogólnej liczby, zbierze się u góry, gdy reszta pozostanie rozproszona na wszystkich poziomach cieczy. Dlaczego tylko część zbiera się u góry rurki? Na pytanie to przez długi czas dawano odpowiedź w sensie indeterminizmu. Wymoczki, mówiono, posiadają niejednakową indywidualność, jedne chcą płynąć w górę, inne nie chcą. Jednak proste doświadczenie od razu stawia sprawę we właściwym świetle. Gdy 50% wymoczków zebrano się w górze rurki, bierzemy pipetkę, wyciągamy te górne wymoczki i przenosimy je do innej rurki. W myśl założenia, izolowaliśmy w ten sposób wymoczki, których indywidualność nakazuje im ruch ku górze, czyli powinniśmy spodziewać się, że w tej drugiej rurce wszystkie osobniki zbiorą się na górze. Tymczasem wynik będzie zgoła niesamowity: w drugiej rurce znowuż 50% ogólnej liczby skieruje się w górę, a reszta pozostanie rozproszona. Gdybyśmy w ten sam sposób przenieśli do nowej rurki osobniki, które w rurce pierwszej były rozproszone, znowu połowa ich pozostałaby w rozproszeniu, a połowa skupiła się na górze. Niepodobna wątpić, że przyczyna niejednakowej reakcji wymoczków nie tkwi wcale w wymoczkach. Wymoczki są jednakowe. Różne są tylko działające na nie warunki. O jakie warunki chodzi, ta sprawa jest do zbadania, ale determinizm zjawiska nie ulega najmniejszej wątpliwości. Oto masz biologiczny przykład przewagi determinizmu. Podobnie twoje atomy promieniotwórcze nie mogą być wszystkie w jednakowych warunkach, chociażby przez to, że jedne z nich znaj-

dują się w środkowych częściach naczynia, a inne w pobliżu ścianek.

Mimo wszystko, odpowiedź twoja uspokoiła mnie znacznie. Zrozumiałem z niej, że niepoznawalność pojedynczego elektronu jest tylko wyrazem współczesnego stanu wiadomości fizycznych. Jak wskazuje historia całego przyrodoznawstwa, żadna teoria naukowa nie dawała nigdy gwarancji, że wyczerpuje wszystkie możliwości, każda była tylko etapem na drodze do poznania. Teoria nigdy nie jest wyrazem t. zw. „prawdy“, rola jej polega na wskazaniu dróg, jakimi można dążyć, aby się zbliżyć do poznania zjawisk. Skoro godzimy się, że niepodobna zasadniczo odrzucać możliwości istnienia działań, mniejszych od kwantu, to tem samem musimy wnosić, iż niepoznawalność pojedynczego elektronu może nie być sprawą zasadniczą.

Fizyk. Bardzo mnie to zachwyca, że prawo „stałego ułamka“, zwane w fizyce prawem wykładniczym, stosuje się nietylko do zbiorów atomów promieniotwórczych, ale także i do społeczności wymoczków. Jest to typowe prawo statystyczne; podobno praw takich odkrywacie w biologji coraz więcej. Prawa te są istotnie bardzo ciekawe i nadają się do rozważań nad zagadnieniem przyczynowości. Są one w zasadzie swej tylko przybliżone i dopuszczają istnienie odstępstw, czy wahań tem większych, im mniejsza jest liczba objętych niemi indywidualów. Gdy liczba ta jest bardzo wielka, tego np. rzędu, co liczba atomów w najmniejszym ciele fizycznym, odstępstwa są znikomo małe i prawo sta-



tystyczne staje się, pozornie przynajmniej, prawem ścisłym. Odwrotnie, gdy indywiduów jest bardzo mało, prawo znika, zdarzeniami rządzi przypadek. Los zbiorowości może być całkowicie zdeterminowany, gdy los jednostki jest niepewny i nieuchwytny. Ale chociaż wszystkie prawa przyrodnicze zawierają w sobie pierwiastek statystyczny, nie są jednak naogół całkowicie statystyczne, t. j. takie, jak prawa losowania lub gier hazardowych, i nie mogą być wyrazem li tylko ślepego przypadku. W twoim np. przykładzie zachowanie się pojedynczych wymoczków nie może być zupełnie przypadkowe, bo inaczej moglibyśmy z równie dobrą racją przewidywać, że będą się opuszczały lub wznosiły, a przecież powiadasz, że się podnoszą. Podobnie i w chaosie zdarzeń atomowych panować musi pewien ład, np. elektrony jako całość poruszają się w kierunku pola elektrycznego, chociaż tor pojedynczego elektronu nie da się przewidzieć. Odrzucając przyczynowość bezwzględną, musimy zgodzić się na przyczynowość ograniczoną: prawo natury jest jak rozkaz wydany zbiorowości i spełniany przez jednostki gorzej lub lepiej, z mniejszą czy większą dozą fantazji. Cała różnica między nami polega na tem, że ty wybryki jednostek chcesz skolei podporządkować prawom natury, zresztą napewno bardzo różnym od tych, które rządzą zachowaniem się zbiorowości. Powiadasz, że zubożyłbyś swą naukę, gdybyś z zakresu jej badania wykluczył losy jednostki. Jest zrozumiałe, dlaczego nie chcesz i nie możesz rezygnować. Najmniejsza nawet

jednostka biologiczna zbudowana jest według tego samego planu, co największa; kaprysy wymoczka, czy dziwactwa przechodnia z ulicy Lwowskiej — to dla ciebie rzeczy równorzędne. Usuwając z programu pierwsze, przestajesz również interesować się drugimi. Cóż wtedy pozostałoby z biologii? Chyba tylko statystyka biologiczna, zwana też przez jej entuzjastów „biologią matematyczną”. Zgoda, idź drogą, którą sobie wytknąłeś, ale uprzedzam cię, że twoje jednostki biologiczne nie są utworami elementarnymi, lecz zbiorami niezmierniej liczby atomów, i gdy wszystkie objawy ich indywidualizmu sprowadzisz do powszechnych i niezmiennych praw fizycznych, wtedy przekonasz się sam, jak kiepska jest moralność atomów w stosowaniu się do tych praw. Zgadzam się, że twój czysty determinizm jest doktryną bardziej konsekwentną i bardziej zadowalającą dla umysłu ludzkiego, niż nasz determinizm połowiczny, czy jeśli wolisz indeterminizm w szczegółach, ale czy natura musi być zbudowana zgodnie z wymaganiami ludzkiego umysłu? Zresztą, jak słusznie mówisz, jesteśmy przyrodnikami i nie zajmujemy się teorią poznania a tem mniej metafizyką. Mamy wypróbowane metody, oparte na doświadczeniu i obserwacji, na logice i matematyce, i one prowadzą nieuchronnie do poglądu, którego bronię. Nowe fakty mogą nas zmusić do odrzucenia go, ale tylko fakty.

Biolog. Jestem ci niezmiernie wdzięczny za tę pogawędkę, tak dla mnie pouczającą. Różnica między nami polega, jak sądzę, jeszcze na czem in-

nem. Życie, z którym mamy od czynienia, jest atrybutem zbiorowiska atomów i najmniejsze takie zbiorowisko w skali atomowej jeszcze byłoby olbrzymim kompleksem. Dlatego w analizie nie wolno nam posuwać się zbyt daleko w kierunku rozdrobnienia. Nie możemy operować jednostkami i pojęciami poniżej pewnego rzędu wielkości i z tego powodu nie zdołamy sprowadzić wszystkich spraw organicznych li tylko do zależności fizycznych. Nie jest to zresztą naszym celem. Organizm, rozłożony na atomy, stanie się tylko materją — objektem badań fizyka, ale straci swoją specyficzną jakość, dzięki której jest objektem dociekań biologa. Mamy oczywiście wiele praw statystycznych, że wspomnę tylko o darwinizmie, całkowicie opartym na prawdopodobieństwie i prawie wielkich liczb, lub o genetyce, w której przewidzieć zdołamy tylko losy zbiorowisk. Jednak nowszą biologję cechuje kierunek coraz wyraźniej indywidualistyczny. Chcąc zrozumieć zbiorowość, zwracamy się do jednostek. Weźmy za przykład teorię selekcji. Powstawanie przystosowań organicznych jest sprawą ślepego przypadku, bowiem zmienność osobnicza jest bezkierunkowa i działa jednakowo na pożytek i na szkodę. Ale dostatecznie wielka liczba osobników gwarantuje, że wśród powstałych zmian znajdą się zmiany korzystne, ulegające selekcji. Jednak przypadkowość zmian nie jest bynajmniej równoznaczna z indeterminizmem. Oznacza ona tyle tylko, że przyczyny, rządzące zmianami indywidualnymi, leżą w innej płaszczyźnie, niż zjawisko przysto-



sowania, nie mają one z przystosowaniem nic wspólnego. Nowsze badania nad zmiennością indywidualną, stanowiąc obecnie obszerną dziedzinę biologji, doprowadziły do poznania praw oddziaływania warunków środowiska na ukształtowanie i czynności ustroju żywego, wykazały wielką plastyczność organizmu i różnorodność jego reakcyj. Zdobyta na tej drodze wiedza jest czemś zupełnie innem i zarazem czemś o wiele bogatszem w treść, niż mechaniczna zasada selekcji. Postęp nauki sprowadził się w tym przypadku do pogłębienia zasady statystycznej przez badanie indywidualne. I determinizm w dociekaniach naszych okazał się jedyną dającą się stosować podstawą badania.

Oto masz źródła różnicy naszych poglądów. Ale człowiek jest zachłanny: gdy sam wierzy w cośkolwiek, chciałby wszystkich przekonać, że jego punkt widzenia jest słuszny. Z paru uwag twoich wnoszę, iż zasadniczo nie uważasz powszechnego determinizmu zjawisk fizycznych za bezwzględnie wykluczony. Brak ci tylko faktów. Wiesz, mam propozycję. Oto powtórzmy naszą rozmowę za lat pięć. Będzie rzeczą bardzo ciekawą porównać jej wynik z tem, cośmy stwierdzili obecnie. A do tego czasu pracujmy nad zdobyciem nowych faktów. W tem przynajmniej jesteśmy całkowicie zgodni.

## KRYSTAŁY

Jednym z głównych pierwiastków piękna plastycznego jest symetria. Jak wiadomo, polega ona na tem, że przedmiot symetryczny „powtarza się“, t. j. przedstawia się nam, jako identyczny, gdy w pewien określony sposób zmieniamy warunki obserwacji. Istotne jest przytem, że ta zmiana warunków obserwacji musi być „cykliczna“, co znaczy, że powtórzona kilkakrotnie urzeczywistnia z powrotem okoliczności obserwacji początkowej. Np. piramida czworościenna w rodzaju piramid egipskich wydaje nam się identyczna za każdym razem, gdy staniemy nawprost jednej z jej ścian; a oczywiście po czterech takich przejściach wracamy do położenia pierwotnego. Mówimy w tym przypadku o symetrii *obrotowej początkowej*. Symetria jaką posiada np. Teatr Wielki w Warszawie, jest podobna do symetrii ciała ludzkiego; polega ona na tem, że przedmiot wydaje się identyczny, gdy go oglądamy z „prawej“ lub z „lewej“ strony. Zmiana warunków obserwacji sprowadza się do zastąpienia lewej strony przez prawą i odwrotnie. Po powtórzeniu tej zmiany powracamy, podobnie, jak w pierwszym przykładzie, do warunków pierwotnych. Ponieważ zmiana tego rodzaju powstaje przez odbicie w płaskim zwierciadle, mówimy o takich przedmiotach, że posiadają płaszczyzną symetrii.

Oczywiście piękno nie składa się z samej symetrii.

W sztuce szukamy również zmienności i różnorodności. Symetria wyraża tendencję przeciwną, wyraża trwanie, jest potrzebna w dziełach sztuki, gdyż daje nam uczucie pewności, że choć wszystko w przyrodzie się zmienia, jednak w tej zmienności pod pozorami rzeczywistości ukrywa się niezmiennne prawo. A ponieważ sztuka jest idealizacją natury, odgadujemy, że do stworzenia ideału symetrii natchnęła nas sama przyroda.

Najprostszym przykładem tych naturalnych pierwowzorów symetrii są niektóre formy zwierzęce i roślinne. Ale w królestwie minerałów spotykamy w postaci kryształów urzeczywistnienie ideału symetrii tak pełne i tak doskonałe, że nic do niego dodać nie możemy.

Jak w życiu, tak i w naturze, ideałów nie spotyka się na każdym kroku. Dobrze uformowane kryształy zdarzają się dość rzadko, a jeszcze rzadziej osiągają znaczne rozmiary. Wszyscy znamy prześliczne sześciokątne gwiazdki śniegu, które są kryształkami lodu. W muzeach i laboratorjach podziwiamy okazy wielkich rodzimych kryształów, np. kwarcu (zwanego kryształem górskim), lub kalcytu (czyli spatu islandzkiego).

Mniej znany jest fakt, że stan krystaliczny jest nieodłącznym atrybutem wszelkiej chemicznie czystej substancji stałej. Powstawanie ciała stałego, bądź przez krzepnięcie cieczy, bądź przez wydzielanie się z roztworu, jest zawsze *krystalizacją*, jest próbą utworzenia kryształu. Jeżeli wyniki tej tendencji są często nieefektywne, lub zgoła niedostrze-



galne, dzieje się to, że tak powiem z powodu nadmiaru dobrych chęci. Krystalizacja zaczyna się bowiem jednocześnie w bardzo licznych punktach cieczy; stąd geneza wielkiej liczby małych kryształków, z których każdy jest sam w sobie prawidłowy, wszystkie razem zaś, zorientowane i spojone w sposób najzupełniej przypadkowy, tworzą bezkształtną masę. Brzmi to, jak paradoks, że krystalizacja „udaje się” tylko w warunkach *niesprzyjających*, tak, iż nie może rozpocząć się w wielu miejscach, lecz tylko w jednym jakimś punkcie. Wówczas bowiem niema konkurencji drobnych kryształków, „przeszkadzających sobie wzajemnie żyć” i może wykształcić się jeden wielki kryształ.

Oczywiście przechodzenie w stan stały, t. j. krystalizacja wymaga dostatecznie niskiej temperatury i wielkiego skupienia materji. To też materja śniła „sen o kryształach” przez długie miljardy lat, zanim dane jej było go ziszczyć. Kryształy nie mogły powstać ani w niezmiernie rozrzedzonej materji mgławicowej, ani wśród żarów wnętrza słonecznego. Epoka krystaliczna zaczęła się dopiero po oderwaniu się planet od słońca. Z punktu widzenia dziejów wszechświata, epoka ta o drobną tylko chwilę poprzedza powstanie życia na ziemi. W kryształach możemy nawet dopatrywać się ogniwa łączącego przyrodę martwą i żywą, gdyż stanowi on przejście od materji bezpostaciowej do zorganizowanej.

Napozór możnaby sądzić, że kryształy podobne są do istot żywych tem tylko, że rosną, oraz posiadają określony kształt. W rzeczywistości możemy ana-

logje biologiczne kryształu ująć znacznie głębiej, dopatrywać się w nim symbolu pewnych przejawów życia na najwyższym jego szczeblu, mianowicie form i sposobów rozumowania.

Mówiłem o pięknie kryształu, reprezentującym ideał symetrii. Jest to piękno geometryczne. Natura realizuje w kryształach samorzutnie, z niezrównaną precyzją takie formy geometryczne, jak proste i płaszczyzny równoległe, kwadraty i inne wielokąty foremne. Niewątpliwie samo badanie kryształów doprowadziłoby do powstania geometrii, gdyby nie zadziwiający fakt, że genjusz grecki stworzył geometrię na drodze czysto abstrakcyjnego rozważania wzajemnych stosunków punktów i prostych. „Wiecznie bóg uprawia geometrię“. Te słowa Platona uwydatniają zgodność między drogami natury i drogami umysłu ludzkiego; mogłyby one stanowić motto nauki o kryształach.

Pokrewieństwo między kryształem i materją organizowaną wyraża się może najdobitniej w tem, że w kryształach istnieje zasada organizacyjna, która skupia, urządza cząstki materji według jednolitego planu. Z wszelką organizacją związane jest powstawanie pewnych kierunków wyróżnionych: „góry“ i „dołu“, „prawej“ i „lewej“ strony i t. d. Podobnie, jak istoty żywe, kryształy posiadają w różnych kierunkach różne własności. Ta okoliczność prowadzi do innego jeszcze symbolicznego związku między kryształem, a duchem ludzkim: kryształ staje się sojusznikiem człowieka w badaniu tych wszystkich cech natury, które są związane z pojęciem kierunku.

W istocie naszą wiedzę o kierunkach zawdzięczamy jedynie istnieniu kierunków *w nas samych*; ale ta wiedza byłaby niepełna bez pomocy kryształów. Wiemy np., że światło może być *spolaryzowane*, t. j. posiadać różne własności w różnych kierunkach prostopadłych do promienia świetlnego, ale zmysły nasze nie dostrzegają tej kierunkowości. „Widzi“ je, wykrywa, pozwala badać kryształ, dzięki oddziaływaniu, jakie zachodzi między kierunkami kryształu i kierunkami światła spolaryzowanego.

Jaka jest przyczyna tych zadziwiających własności kryształów, a przede wszystkim ich symetryczności, przybierania określonych, prawidłowych form geometrycznych? Istnieje nauka o symetrii, posługująca się zarówno geometrią, jak i algebrą; pozwala ona przewidzieć wszystkie możliwe klasy krystaliczne, t. j. typy spotykanych w naturze kryształów, uczy nas, że kryształy muszą posiadać takie, a nie inne formy, ponieważ są symetryczne. Ale nauka ta nie tłumaczy, dlaczego kryształy są symetryczne.

W tem podstawowem zagadnieniu krystalografji, znaczny postęp zawdzięczamy nauce o atomach. Wiemy, że atomy w kryształach tworzą t. zw. sieć przestrzenną, t. j. są rozmieszczone w taki sam prawidłowy sposób, jak naroża w wielkim zbiorze stykających się ze sobą, identycznych równoległościaków. Łatwo sobie wyobrazić, że takie rozmieszczenie atomów pociąga za sobą istnienie brył o prawidłowych kształtach. Ale trudność nie jest pokonana,



jest tylko odsunięta na dalszy plan. Symetrię chcemy tłumaczyć rozmieszczeniem atomów; jest to błędne koło, gdyż ta sama zasada symetrii decyduje o rozstawieniu atomów.

Podstawowe zagadnienie krystalografji nie jest dotąd rozwiązane. Jest to zarazem jedno z głównych zagadnień całej nauki o przyrodzie; sprowadza się do pytania, czy można własności układu wytłumaczyć całkowicie własnościami jego części, cechy organizmu cechami komórki. Symboliczny charakter kryształu uwydatnia się tu w całej pełni: staje się on symbolem nie tylko triumfów ducha ludzkiego, lecz również jego słabości, jego rozdwojenia na rozstaju dróg, wiodących do makrokosmosu i do mikrokosmosu.

## ROZMOWA W KOLEJCE

W drodze z Leśnej Podkowy przysiadł się do mnie dobry znajomy, znakomity ekonomista p. T. Bez ceremonji wyjął mi z ręki książkę, typowym ruchem biblijofila, gestem który nie może urazić, ponieważ wypływa z głębokiego kultu i nienasyconej ciekawości pisanego słowa; rzucił okiem na tytuł: „La Statistique des Quanta“, zapytał:

— Pan studjuje statystykę? Przecież pan jest fizykiem!

Z zapytania tego wywiązał się dialog, który toczył się przy akompaniamencie nieznośnego hałasu kolejki.

Ja: Tak. Jest to moje główne zajęcie, jak również większości fizyków.

P. T. Widzę, że pan żartuje sobie z laika. Rozumiem, że możecie uprawiać dla rozrywki statystykę błędów, popełnionych przez pańskich kolegów, w zależności np. od wieku, płci i narodowości. Mogę sobie wyobrazić nawet poważniejsze rodzaje statystyk, związanych z uprawianiem fizyki. To też nie wątpiłbym, że to żart, gdyby nie to, że bądź co bądź pańska książka nie robi wrażenia zbioru anegdotek.

Ja. Treścią jej jest przedstawienie niektórych zagadnień współczesnej fizyki teoretycznej.

P. T. Teraz jestem prawdziwie zaintrygowany. Wie pan, jak lubię porozmawiać ze specjalistą z ob-

cej mi dziedziny. Jest to dla mnie rodzaj najlepszego wypoczynku umysłowego.

J a. A więc coś w rodzaju bridge'a. Zgoda, chętnie panu opowiem o roli statystyki w fizyce. Ale żądam wzajemności. Czy pan napisał już na wsi drugi tom swojej książki?

P. T. Część jest napisana. Zajmuję się zagadnieniem kredytu.

J a. Jest to zapewne dziedzina bardzo rozległa. Czy to konieczność uzupełnienia materiału w bibliotekach warszawskich zmusza pana do przerywania rozmyślań w cieniu drzew pięknego parku pańskich przyjaciół?

P. T. Podziwiam pańską przenikliwość. Chodzi mi w tej chwili o zasady udzielania kredytu. Konkretnie biorąc, co jest zdrowszą operacją finansową; przyznanie pożyczki w wysokości np. 100.000 złotych zamożnemu wypłacalnemu człowiekowi na wybudowanie skrzydła kamienicy dochodowej, czy udzielenie dwustu pożyczek po 500 zł. ubogim gospodarzom wiejskim na uzupełnienie inwentarza i wogóle remont warsztatu ich pracy. Żaden z nich, oddzielnie biorąc nie daje dostatecznej gwarancji spłaty. Wynika ona jedynie z oceny skutków ulepszenia gospodarki rolnej w pewnej okolicy.

J a. Zdaje mi się, że chce pan powiedzieć, iż w pierwszym przypadku instytucja kredytowa posługuje się metodą indywidualnego badania wypłacalności, w drugim — metodą statystyczną.

P. T. Oczywiście. Nie można powiedzieć jaki będzie skutek przyznania kredytu jakiemuś



Wawrzonowi z trzydziestej Wólki. Ale stu Wawrzonów w trzydziestu Wólkach, to całkiem inna sprawa. Można z dużym stopniem dokładności określić liczbę Wawrzonów wypłacalnych. Jeżeli liczba ta wynosi 90 na 100, „operacja kredytowa“ jest uzasadniona.

J a. Stwierdzam z przyjemnością, że rozumuje pan, jak fizyk.

W tem miejscu następuje przerwa w rozmowie; szukamy przez długi czas po kieszeniach biletów, o które upomina się kontroler. Jest to rozrywka, jakiej zarząd E. K. D. nie szczędzi pasażerom.

P. T. Chociaż w hierarchji nauk fizykę umieszcza się ponad ekonomją, muszę zaprotestować. Czyżby w fizyce, która jest wzorem precyzji, istniał ten element niepewności, który ciąży na wszystkich przewidywaniach zjawisk społecznych?

J a. Niech pan zajrzy do mojej książki. W drugim rozdziale jest obszerny ustęp, poświęcony „zasadzie niepewności“. Zasada ta sformułowana przez Niemca Heisenberga, zawarta również implicite w dziełach duńczyka Bohra i anglika Diraca, jest podstawą dzisiejszego poglądu fizycznego na świat.

P. T. J akto, proszę pana, gdy rzucam kulę z określoną prędkością, czy nie mogę określić jej toru z całkowitą dokładnością? Coście zrobili z Newtonem?

J a. Czczymy Newtona, ale rozumujemy inaczej, niż on. Kula jest społeczeństwem atomów. Atomy wykonywują bezładne drgania dokoła swych położeń równowagi. Drwania te modyfikują tor kuli

w sposób nie dający się ściśle przewidzieć. Możemy ustalić tylko przeciętne odchylenie od obliczonego matematycznie toru. Odchylenie to jest absolutnie niedostrzegalne w przypadku kuli, np. kilkucentymetrowej, składającej się z niesłychanie wielkiej liczby atomów. Jednak najmniejsze kuleczki powstające przez rozpylenie cieczy, widzialne tylko w mikroskopie, spadają każda w inny sposób, zależnie od doznanych przez siebie wstrząsów atomowych.

P. T. O ile pana rozumiem, to zdarzenia atomowe wprowadzają element niepewności do przewidywania zjawisk fizycznych, ponieważ jest ich zbyt wiele, byśmy mogli badać losy każdego z nich, podobnie, jak instytucja finansowa drobnego kredytu rezygnuje z ustalania wypłacalności pojedynczego dłużnika. Ale przecież ruchy atomowe ustają w temperaturze zera bezwzględnego. Wówczas nie ma chyba tej dowolności.

J a. Wszelki ruch zamienia się na ciepło, t. j. rozprasza się na ruchy atomowe, tak, iż w pewnym momencie dowolność musi wystąpić.

P. T. Czy to, co pan mówi, stanowi treść zasady niepewności?

J a. Nie. Porównanie ze statystyką społeczną sięga głębiej, niżby można przypuszczać. Badanie wypłacalności poszczególnych dłużników małych sum jest bezcelowe nie tylko dlatego, że pochłonęłyby zbyt wiele kosztów i czasu — w przypadku krajowym kandydaci wprost nie przetrwaliby okresu studjów nad nimi — ale również i dlatego,

że nikt nie zdoła przewidzieć z całą pewnością ewolucji danego osobnika — można conajwyżej określić z pewnem prawdopodobieństwem linię jego rozwoju. Na pierwszy rzut oka możnaby sądzić, iż statystyka fizyków podobna jest do społecznej tylko tem, że mając do czynienia z przygniatająco wielką liczbą przypadków indywidualnych, musi zrezygnować z ich rozpatrywania i ograniczyć się do badania wyników przeciętnych. Gdyby jednak fizyk zwrócił uwagę na jeden tylko atom, czyż nie wydaje się samo przez się zrozumiałe, że wystarczyłoby poznać jego stan i warunki otoczenia w danej chwili, aby z całą dokładnością przepowiedzieć, co go spotka w każdej chwili późniejszej. Przecież atom nie jest istotą żywą i wszystko, co w nim zachodzi, musi być podległe niewzruszonym prawom. Tak rozumowali fizycy aż do r. 1925, hołdowali zasadzie determinizmu, zgodnie z którą znajomość przyczyny pociąga za sobą znajomość skutków. Według tej koncepcji posługiwanie się statystyką nie jest rezygnacją z determinizmu; poprostu przyczyna składa się najczęściej z tak wielu elementów, że zadowalamy się przybliżonem jej opisaniem, wobec czego skutek odgadujemy również z przybliżeniem najzupełniej zresztą dostatecznem. Zasada niepewności Heisenberga mówi co innego. Uczy ona nas, że idea ścisłego przewidywania losów atomu mogłaby mieć sens wtedy tylko, gdybyśmy mogli sprawdzić drogą obserwacji słuszność naszych przewidywań. Otóż wszelka obserwacja zakłóca losy atomu, podobnie jak



zapytanie: „jak się pan ma“ ma zdecydowany wpływ na neurastenika. Obserwacja jest czemś czynnym, jest działaniem; nawet gdybyśmy chcieli obserwować najsubtelniej, musimy na atom podzia-  
łać innym atomem, a zatem zbijamy go z tropu i w wyniku obserwacji dowiadujemy się o losie, któryśmy atomowi narzucili, a nie o jego własnem przeznaczeniu, które ściśle biorąc jest słowem bez treści.

P. T. To, co pan mówi, zdumiewa mnie. Fizyka wydaje mi się pisana na wodzie.

J a. Za chwilę wysiadamy. Przynajmniej przewidywania rozkładu jazdy okazały się ściśle. Ale i losy atomu możemy przewidzieć — do pewnego stopnia. Każdy atom reaguje inaczej, ale tylko kilkoma różnemi sposobami. Możemy podać prawdopodobieństwo każdego z nich.

P. T. A więc znowu statystyka?

J a. Tak jest. Statystyka kwantowa. La Statistique des Quanta. Nazywa się tak, ponieważ kwantami nazywamy działania atomów lub atomy działania, jeśli kto woli. Dowidzenia.

## FIZYKA SPORTU

Gdy napisałem feljeton p. t. „Bridge i matematyka“, pewien znakomity brydżysta uznał mnie za godnego siebie partnera, czy przeciwnika i zaprosił do swojej partji. Doświadczenie to skończyło się smutnie i bynajmniej nie przyczyniło się do podniesienia nauki w oczach człowieka obdarzonego talentem szybkiej orientacji i decyzji, którego ja bynajmniej nie posiadam. Zastrzegam się przeto zgóry, że jestem „patałachem“ i nie podejmuję się po-przeć swych dzisiejszych wywodów zademonstrowaniem skoku lub nawet prostego telemarku.

Zatytułowałem ten feljeton „Fizyka Sportu“, ponieważ z natury rzeczy, gdy myślę o czemkolwiek „wylazi ze mnie szydło z worka“ i widzę wszędzie fizykę, podobnie, jak malarz widzi wszędzie barwy i perspektywę. Ta jednostronność jest jednak, jak mi się wydaje, usprawiedliwiona chociażby tem, że sporty, nawet oficjalnie, zaliczane są do „ćwiczeń fizycznych“, a nauka sportu nosi nazwę „wychowania fizycznego“.

Każdy sport jest pokonywaniem natury, gdyż jest wykonywaniem czynności, których organizm nasz „z natury“ nie umie. Z punktu widzenia biologicznego sport obdarza ludzkość nowemi funkcjami, czyni z nas w pewnym sensie istoty wyższego gatunku, wszechstronniej dające sobie radę z takimi zagadnieniami życia zwierzęcego, jak pokonywa-

nie odległości, zwalczanie oporów, wykonywanie celowych ruchów i t. p. Sport daje jednostce to, co społeczeństwu daje technika z tą różnicą, że nie jest utylitarny, jakkolwiek wiele sportów bierze początek w czynnościach pożytecznych i jakkolwiek, z drugiej strony, człowiek wysportowany zdolny jest do oddawania wielu usług, których zwyczajny śmiertelnik nie potrafi.

Tak, ale gdzie tu fizyka? Odpowiedź jest bardzo prosta. Każdy sport jest wynikiem szeregu wiadomości o prawach fizycznych, o własnościach materji, nabytych zresztą często w sposób nieświadomy. W istocie bez tych wiadomości niemożliwe byłoby ani pływanie, ani jazda na rowerze, ani ślizganie się lub narciarstwo, ani tenis, ani bilard. Można nawet nazwać działy fizyki, którym każdy ze sportów jest podległy; wioślarz i pływak uprawiają, nie wiedząc o tem hydrodynamikę, bilardzista i tenisista naukę o perkusjach (zderzeniach), pozostałe sporty należą do mechaniki ogólnej ze szczególnem uwzględnieniem dynamiki ciała sztywnego.

Należy zaznaczyć, że taką samą „żywą fizyką“ jest również prymitywna technika — w odróżnieniu od nowoczesnej, która z całą świadomością korzysta z wyników nauki badawczej. Posiłkowanie się młotkiem jest zużytkowaniem wiadomości o energji kinetycznej, w budowie domów i pieców, w sporządzaniu ubrań znajdujemy kwintesencję nauki o przewodnictwie ciepła. I dlatego dobrze jest, że w świeżo wydanym podręczniku fizyki dla szkół elementarnych autorowie na każdym kroku



wynajdują tę fizykę tkwiącą dokoła nas. Tkwi ona zresztą również i w nas samych i to niezależnie od nabytych umiejętności sportowych i technicznych. Znają fizykę nasze mięśnie, w niektórych przypadkach, np. chodzenia lub biegania jest to nawet wiedza dosyć skomplikowana. Możemy iść dalej i interpretować wszelkie „sposoby“ jakich używają istoty ożywione w walce o byt, jako wynik utajonej wiedzy o naturze. Proszę tylko pomyśleć o lataniu, budownictwie zwierzęcem (ule, mrowiska, groble bobrów i t. p.).

Oto — powie czytelnik — doprowadzenie tezy do absurdu. Skoro uprawianie fizyki przypisuje się nawet zwierzętom, to najlepszy dowód, że sztuczne jest łączenie jej ze sportem. A w szczególności żaden fizyk niczego nie nauczył sportsmena.

Ależ ja tego bynajmniej nie twierdzę, chociaż znam wśród fizyków kilku znakomitych tenisistów i narciarzy, jednego hokeistę; jestem pewien, że fakt, iż czynności swoje widzą w świetle fizyki, tylko powiększa ich wartość sportową. Pewien fizyknarciarz powiedział mi: zawsze mści się na mnie, gdy zapominam o prawach mechaniki. Tem nie mniej słuszne jest, że „fizyka sobie“, a „sport sobie“. Wiedza „żywa“ ma własne metody, doskonale daje sobie radę bez terminologii, aparatury i innych atrybutów mądrości książkowej. Wystarcza jej bezpośrednia obserwacja i eksperymentowanie własnym ciałem sportsmena. Inna sprawa, że sport stanowi bardzo wdzięczny materiał dla fizyka, który dostrzega w nim ilustrację elementarnych praw fi-

zyki, zrealizowaną często w sposób niezrównanie precyzyjny. Często zresztą analiza sportu prowadzi do postępu w fizyce; np. znane są studia nad jazdą na rowerze, lub grą w bilard. Ciekawe jest, natomiast, że nigdzie nie spotykałem rozważań na temat narciarstwa lub łyżwiarstwa i dlatego chciałbym podać o nich kilka najogólniejszych uwag.

Sporty te mają wiele wspólnego; oba dotyczą utrzymania równowagi; oba wymagają odwagi i szybkiej decyzji. Te dwie cechy są związane ze sobą w sposób istotny. Bowiem zagadnienie równowagi łyżwiarza i narciarza jest zagadnieniem równowagi w szybkim ruchu, gdy tymczasem równowaga w naszej fizyce przyrodzonej jest równowagą ciał w spoczynku lub ruchu powolnym. Nasz instynkt samozachowawczy jest przystosowany do doświadczeń mechanicznych tego właśnie typu. Zachowanie równowagi w jeździe na łyżwach lub nartach wymaga często reakcyj lub ruchów odwrotnych do tych, jakie dyktuje instynkt samozachowawczy. Tu właśnie występuje moment odwagi, która wszak nie jest niczem innym, jak pokonywaniem instynktu samozachowawczego. Nasuwa się mimowoli interpretacja etymologiczna: „odwagi“, jako przeciwieństwa „wagi“, równowagi.

Zarówno łyżwiarstwo, jak narciarstwo wywodzą się ze sztuki chodzenia, którą jednak rozwijają w zupełnie inny sposób. Chodzenie oparte jest na silnem tarciu gruntu; wskutek tego wsteczny wysiłek nadany stopie nieruchomej spotyka mocną reakcję gruntu, pozwalającą napiąć mięśnie, powodu-

jące przesunięcie środka ciężkości ciała w kierunku poziomym. Możnaby powiedzieć, że nie przenosi nas z miejsca na miejsce para nóg, lecz ziemia nas odpycha. Kto jest pierwszy raz na lodzie mimowoli próbuje tego samego sposobu; wysiłek trafia jednak w próżnię, nie spotyka oporu, czego wynikiem jest utrata równowagi. Ale i w tym przypadku reakcja lodu jest przyczyną posuwania się: wyzyskuje się różnicę słabego tarcia łyżwy w kierunku podłużnym oraz silnego oporu wpoprzek ostrza. Ta ostatnia reakcja udziela popędu środkowi ciężkości naszego ciała, opartego na łyżwie przygotowanej do jazdy. Instykt samozachowawczy usiłuje zakazać nam powierzania bezpieczeństwa cennej naszej osoby wątłemu podparciu jednej łyżwy, zwłaszcza w pędzie; obca mu jest wiedza o tem, że właśnie pęd stwarza nowe, dogodne warunki równowagi. Pochylenie ciała wbok, w ten sposób, aby środek ciężkości usunął się z linii pionu grozi w spoczynku niezawodnym upadkiem; w pędzie jest tylko sposobem zbaczania z prostoliniowego kierunku, gdyż „przewracająca“ składowa siły ciężkości zostaje niejako podchwycona i zużyta przez siłę odśrodkową, ściśle mówiąc staje się siłą wywołującą zakrzywienie pędu. Między stopniem zakrzywienia, prędkością ruchu oraz kątem nachylenia ciała istnieje określony związek; obserwując precyzyjne „holendry“ możemy niemal dokładnie sprawdzić prawo mechaniki, wyrażające ten związek. Łyżwiarz wykonywujący poprawne figury na lodzie jest doskonałym mechanizmem, którego każdy ruch



jest obliczony — bez rachunku — wiedzą nabytą przez mięśnie. Nie należy zresztą ignorować intelektu. Na podstawie obserwacji własnych ruchów wyrasta z czasem wiedza świadoma, stopień jej wykorzystania zależy niewątpliwie od inteligencji sportsmena. Oczywiście sama inteligencja nie wystarcza, o czym świadczy następujący wierszyk profesora Rankine'a:

*Pewien starony uczony, chcąc dogodzić Zosi  
Zastosował równania do polki i walca,  
Lecz, gdy wykonał obrót koło własnej osi  
Środek ciężkości zboczył o szerokość palca  
I oboje runęli...*

W narciarstwie spotykamy się z całym szeregiem innych zagadnień. Wychodzenie pod górę jest sztuką umiejętnego wykorzystania tarcia (pomijam sprawę lepniaków służących do zwiększenia tarcia). Wychodzenie w kierunku stoku oparte jest na wzmożeniu tarcia przez silne przydeptywanie narty z jednoczesnem zredukowaniem do minimum niezbędnego do posunięcia się naprzód impulsu wstecznego; wychodzenie zakosami lub schodkami pozwala zacinać nartę, tak, iż płaszczyzna jej jest niemal pozioma, wskutek czego siła ciężkości nie zyskuje groźnej składowej pochylej skierowanej wtył.

Przypuśćmy, że weszliśmy pod górę i rozpoczynamy zjazd. W zjeździe pochylamy się naprzód, między innymi dlatego, iż gwałtowny pęd powietrza

jest siłą wsteczną, która położyłaby wyprostowanego narciarza nawznak; ponadto wysuwamy jedną nartę naprzód, aby móc łatwiej parować niebezpieczeństwo, wynikłe z nagłych zmian pochyłości przez to, że środek ciężkości ma swobodę wyboru położenia ponad całą linią łączącą obie stopy.

Nadzwyczaj ciekawa jest sprawa nagłego hamowania telemarkiem lub kristjanją. Ponieważ opór w hamowaniu, jeśli jest skierowany wprost przeciw ruchowi, wytwarza moment sił, przewracający narciarza głową naprzód, przeto należy zamienić go w siłę dośrodkową, zużyć go w zakręcie oraz zrównoważyć jednoczesnym nachyleniem ciała w kierunku zakrętu.

Dużo dałoby się jeszcze powiedzieć o tych sprawach oraz o skoku narciarskim, ale i tak moje wywody nie zawierają nic nowego dla narciarza i łyżwiarza. Celem ich jest tylko zwrócenie uwagi na obfitość „materjału fizycznego“ w ćwiczeniach „fizycznych“; materjał ten mógłby z powodzeniem być wyzyskany w nauczaniu fizyki w szkołach.

## WIZYTA W PRACOWNI

Przed kilku dniami spotkałem kolegę z ławy szkolnej, którego nie widziałem od wielu lat, ponieważ praktykuje, jako lekarz w małym miasteczku. Weszliśmy do kawiarni, gdzie przypominaliśmy sobie czasy młodości: gorące dyskusje, emocje polityczne i... swawole zgoła niepolityczne. Mój towarzysz był bardzo rozmowny, jakby pragnął wyładować z siebie ciężar długoletniego milczenia.

— Nie możesz sobie wyobrazić — mówił — co to jest żyć w świecie zabitym deskami. Odczuwam wprost głód fizyczny żywych ludzi, światła i hałasu. Ta kawiarnia jest zbyt spokojna, przypomina mi moją prowincję. Chodźmy stąd. Jako obywatel stolicy, wiesz niewątpliwie, co warto widzieć w Warszawie.

Uczułem się mocno zażenowany tem zaufaniem do moich wiadomości wielkomiejskich i odpowiedziałem:

— Chodźmy do mojej pracowni.

— Czy ty oszalał? Co ja tam zobaczę? To tak, jakbyś wypuszczonemu z więzienia zaproponował eskapadę na... bezludną wyspę.

— Nie zobaczysz coprawda żywych ludzi, ale ujrzysz żywe atomy. Nie będzie ci świecił w oczy blask żarówek, ale będziesz patrzył z zachwytem na prawzory tego światła, wyładowania elektryczne. Nie ogłuszy cię hałas jazzbandu, ale będziesz odbie-



rał przez autentyczny wzmacniacz i głośnik falę kosmiczną, nadawaną przez Stację Wiecznej Zagadki, która ma swoje siedlisko gdzieś w samym środku Wszechświata, a może na jego krańcach, co zresztą wychodzi na to samo, ponieważ Wszechświat jest wszędzie sobie podobny.

— Ależ ja wyszedłem z tych lat...

— Mój kochany, nie udawaj cynika. Jesteś ten sam Franek z którym łąziliśmy przez pół nocy, skacząc sobie do oczu, przez Aleje Ujazdowskie. Przecież ty chcesz zobaczyć naprawdę coś ciekawego, nie zaś tłum ludzi, zabijających swoją nudę pozorami czegoś, co właściwie nie istnieje. Czy nie wydałbyś np. większej sumy pieniędzy po to, by zobaczyć Himalaje, wyspy koralowe lub nawet zorzę polarną?

— Nie mam na to pieniędzy.

— Ależ ja ci pokażę większe cuda za darmo. Fizycy są największymi poszukiwaczami wrażeń. Nie myśl, że chcę ci imponować. Spotkało mnie tylko to szczęście, że mam dostęp do krajów, które odkryli moi mistrzowie. Powiadasz, że żyjesz w świecie zabitym deskami. Myślisz, że mieszkańcy wielkich miast są w o wiele szczęśliwszym położeniu od ciebie? Co oni wiedzą o świecie? Chyba zwarte mury kamienic są szczelniejszymi deskami, niż małe domki twojego miasteczka, pomiędzy które wdziera się powietrze z pól? Przynajmniej ty, gdy uczynisz kilka kroków, widzisz w nocy ponad sobą bezmiar nieba gwiazdzistego, w dzień dokoła siebie lasy, pola i wody.

— Czy ty zajmujesz się nauką, czy układaniem zdań lirycznych.

— W tej chwili uprawiam liryzm nauki. Otóż to, co dostrzegam dokoła siebie, jest bądź co bądź codzienne, dostępne, przez to banalne, choć nie przeczę, że może dać bardzo wiele uczucia i wyobraźni. Ale, my fizycy, zeskrobaliśmy skorupę powszedniości, odkryliśmy „nowy świat“, bogatszy, bardziej urozmaicony od tego, który działa bezpośrednio na nasze zmysły. Odkryliśmy go, nie wynaleźli, gdyż on istnieje dokoła nas, niemal pod ręką, a jednak jest odległy, wymagający podróży coraz dalszych, coraz śmielszych, całych pokoleń podróżników, zbrojnych w coraz to doskonalsze środki transportowe. Badania naukowe to podróże; rolę okrętu, samochodu, samolotu odgrywają w nich nasze przyrządy. Chodź ze mną do laboratorium. Nie jest ani uniwersalne, jest nawet bardzo skromne, zobaczysz w niem tylko cząstkę tych wspaniałości, ale i to jest warte widzenia. Pokażę ci najlepszy obraz przestrzeni międzygwiazdnej, rurę próżniową, w której atomy i elektrony przebiegają po prostej linii, nie spotykając nic po drodze. Wiesz zapewne, że wszystko jest zbudowane z atomów, ale nie wyobrażałeś sobie chyba, że atomy znajdujące się w wiecznym, nieuchwytnym dla nas ruchu, wstrząsać mogą małe wahadelko, tak, iż drgania jego są widoczne. Również słyszałeś niewątpliwie, że pierwiastki, z których ciało twoje się składa: azot, węgiel, wodór itd. nie są zastygłymi niezmiennymi formami materji,

lecz mają swoją historję, kiedyś powstały, mogą zamieniać się jedne w drugie, choć tego zazwyczaj nie czynią na naszej zaskorupiałej ziemi, która zamieniłaby się rychło w cmentarz, gdyby słońce nie przysyłało jej okruchów swojej świetności. Ja ci pokażę, jak atomy azotu rozrywają się, gdy na nie skieruję promienie radu, jednego z nielicznych pierwiastków, które wiodą egzystencję wyższego rzędu, bo nietrwałą, które nawet na ziemi zachowały „młodość materji“, zdolność do przemian, jaka cechowała wszystkie pierwiastki, dopóki znajdowały się w nie do uwierzenia gorącym wrzątku słońca. Będziesz razem ze mną patrzył z zachwytem i wzruszeniem na mistyczne, niebieskawe światło, symbol zmienności materji, jakie rad nieci w ciemności, zawsze, nieustannie, aż do końca ostatniego cyklu przemian, ostatniego ze swoich atomów. Mówiłem, że świat fizyków jest światem, istniejącym tuż obok nas. Nie jest to zupełnie ściśle, gdyż bądź co bądź rad jest rzadkością w przyrodzie. Ale promienie kosmiczne przybywają do twego Pacanowa w tej samej ilości, co do eleganckiego dancingu i do mojej skromnej pracowni. Nastawię ci licznik telefoniczny, będziesz mógł notować liczbę swoich rozmów ze Wszechświatem, liczyć nadbiegające cząstki promieniowania kosmicznego.

— Wiesz, że to zaczyna być ciekawe.

— Nie wątpiłem, że tak powiesz. Może to zaślepienie, ale mnie się wydaje, że ludzkość byłaby szczęśliwsza, gdyby więcej o tem wiedziała, miała łatwiejszy dostęp do tego „nowego świata“.



## WIZYTA W PRACOWNI

— Jest to trochę wasza wina. Zamykacie się w sobie, nie udzielacie się ogółowi.

— Jest w tem dużo racji. Ale od czasu do czasu staramy się naprawić winę. Towarzystwo Fizyczne urzęda w poście tego roku cykl odczytów popularnych o najpiękniejszych odkryciach lat ostatnich.

— Ja będę wtedy tkwił w moim, jak mówią, Pacanowie. Chodźmy do twego laboratorium.

## POPULARYZACJA

Życzliwi mi czytelnicy „Kurjera Porannego“ często dzielą się ze mną uwagami z powodu „feljetonu naukowego“. Naogół nie szczędzą mi pochwał, które sprawiają mi wielką przyjemność, ponieważ uważam popularyzację nauki za rzecz ważną, a przedewszystkiem możliwą. Chcę powiedzieć przez to, że wierzę w możliwość przystępnego przedstawiania zagadnień i zdobyczy naukowych, nawet takich, które z pozoru nie nadają się do popularyzacji ze względu na zawartą w nich zbyt wielką dawkę matematyki lub innych wiadomości pomocniczych. Uważam, że ten stosunek, jaki się wytworzył między uczonymi i publicznością jest szkodliwy dla obu stron. Uczony nie jest żadną istotą wyjątkową, jest naogół, poza przysłowiowym roztargnieniem — zwyczajnym człowiekiem, dzieckiem swojego czasu. Nauka nie jest czemś oderwanem od życia, lecz częścią życia. Zagadnienia, jakie bada, nie są igraszkami umysłowemi, lecz zagadnieniami ogólnoludzkimi, wynikają logicznie z ducha epoki, ich rozstrzygnięcie jest potrzebą społeczną, taką samą, jak np. elektryfikacja, lub ubezpieczenia pracowników. Sfery naukowe są jednym z organów społeczeństwa. Ale każdy organizm może ulegać zwyrodnieniu, np. wskutek braku koordynacji między jego częściami. Taki niezdrowy, moim zdaniem, stan rzeczy charakteryzuje dzisiaj-

szy stosunek wzajemny uczonych i społeczeństwa. Jego sprawcami są dwa nasze bóstwa: Wydajność i Specjalizacja. Uczony nie chce udzielać się zwyčajnym śmiertelnikom, bo to może zmniejszyć wydajność jego pracy, na to „szkoda czasu“. Najczęściej zresztą nie potrafi tego uczynić, gdyż specjalizacja zagłuszyła w nim pierwiastki ogólnoludzkie. Pamiętajmy, że sposobem porozumiewania się między ludźmi jest język. Otóż główną przyczyną izolacji społecznej uczonych jest utworzony wskutek specjalizacji język naukowy. Język naukowy jest wytworem niezmiernie abstrakcyjnym i skondensowanym — jest narzędziem pracy pierwszorzędnego znaczenia, gdyż pracownikom daje możliwość szybkiej i niedwuznacznej wymiany myśli. To też daleki jestem od powstawania przeciwko językowi naukowemu. Ubolewam tylko nad tem, że uczeni zatracają często zdolność posługiwania się w zastosowaniu do rzeczy nauki językiem „zwyčajnym“. Popularyzacja nie jest niczem innym, jak przywróceniem językowi powszechnemu należnych mu praw. A ponieważ język jest więzią społeczną, przeto popularyzacja jest funkcją społeczną par excellence, jest nawiązaniem łączności między społeczeństwem i jego dzieckiem — niech mi wolno będzie powiedzieć: „najlepszym dzieckiem“: uczonym.

Niewątpliwie łączność ta istnieje również niezależnie od popularyzacji. Przecież uczony jest zwykle profesorem, jest zatem w bliskim kontakcie z najbardziej wrażliwym odłamem społeczeństwa: młodzieżą. Ale nauczanie akademickie stoi pod



znakiem specjalizacji, nie może odegrać roli szerokiej, spławnej rzeki, przez którą dobrodziejstwa nauki spływają do morza świadomości narodu, nie jest zejściem uczonych między lud, lecz powoływaniem oddzielnych jednostek do obozu specjalistów. Mówię: oddzielnych jednostek, gdyż nieliczni są ci, w których wykłady zdołają rozniecić iskrę zapału dla nauki; większość traktuje studia, jako rodzaj pośredniego przymusu, jako musztrę intelektualną niezbędną do zdobycia posady lub wogóle t. zw. stanowiska. I znowu muszę się zastrzec przeciwko złemu zrozumieniu tych słów. Uniwersytety są konieczne, nauczanie zorganizowane, prowadzone w języku fachowym, języku uprzywilejowanych jest, że się tak wyrażę klasową potrzebą naukowego stanu, który musi dbać o uzupełnienie swoich katedr, o utrzymanie ciągłości swych prac. Bez wątpienia nauczanie akademickie jest pożyteczniejsze od popularyzacji, w tym sensie w jakim zwykliśmy rozumieć użyteczność, gdyż służy bezpośrednio bóstwom epoki: Wydajności i Specjalizacji.

Bóstwa epoki... Czy nie przeżywamy zmierzchu bogów? Czy nie powstaje w nas bunt przeciw mechanizacji życia, przeciw rozkawałkowaniu duszy ludzkiej?

Czy nie wzdychamy jak do niedościgłej utopji, do innej zamierzchłej epoki, kiedy istniał naród filozofów, kiedy dysputy prowadzone przez Sokratesa, Platona, Arystotelesa były częścią życia publicznego?

Czas już, najwyższy czas zasypać przepaść, która utworzyła się między uczonymi i „nieuczonymi“. Marzy mi się społeczeństwo, którego „zjadacze chleba“ — niekoniecznie przerobieni na aniołów — braliby sobie do serca wydarzenia naukowe, jednocyliby się — bodaj uczuciowo — z walką o poznanie natury prowadzoną na froncie — na ich froncie — badania naukowego. Może dożyjemy czasów, gdy ludzie witając się, będą sobie mówili z przejęciem: „wczoraj odkryto promienie „o m e g a“ lub „rozbito atomy „l u k r e c j u m““ (nazwy zmyślone), jak dziś opowiadają sobie o spadku dolara, mowie Hitlera, lub wyczynie Walasiewiczówny. Bądź co bądź dolary i Hitlerzy spadają szybko, a zdobycze nauki są trwałe, są może jedynym trwałym dobytkiem ludzkości.

Wierzę w tę idealną przyszłość, w zespolenie nauki ze społeczeństwem i przepojenie życia duchem nauki. Ta wiara zachęca mnie, pobudza do popularyzacji nauki. Ale pomimo pochlebnych głosów, jakie mnie dochodzą, mam poważne wątpliwości co do tego, czy artykuły moje są istotnie pożyteczne. Często słyszę głosy: „Bardzo zajmujące, ale ja już nie pamiętam fizyki i nie mogę ich zrozumieć. Pragnąłbym bardzo wiedzieć czy większość czytelników również uważa artykuły moje za zbyt trudne. Jest to dla mnie bardzo ważne, gdyż piszę je oczywiście po to, by były rozumiane. Krytykowi, który mówi, że zapomniał fizyki, odpowiem, że pisząc moje feljetony, sam staram się zapomnieć nie fizykę, tego już nie potrafię —

lecz to, że moja znajomość z fizyką jest starej daty i usiłuję przypomnieć sobie, jak to było, kiedy ją poznałem, kiedy spoglądałem na nią oczyma rozkochanego młodzieńca. Być może nie zdołałem jeszcze wykonać tej pracy nad samym sobą, jakiej wymaga „prosta rozmowa o zawiłych rzeczach“; wbrew własnemu programowi nie umiem nawet zzuć z siebie skóry specjalisty.

Zdaje mi się jednak, że w interesie popularyzacji nie jest konieczne, by czytelnik zrozumiał wszystko, co mu autor podaje. Wszak chodzi tu przede wszystkim o propagandę, o wytworzenie solidarności atmosfery z wysiłkami uczonych, o wzbudzenie sympatji dla ich dążeń, podziwu dla osiągniętych przez nich rezultatów. Droga do poznania wiedzy przez uczucie. „Miej serce i patrzaj w serce“.



## KIJ O DWÓCH KOŃCACH

Kilka miesięcy temu pewien oryginał przesłał mi swoją pracę, w której udowodnił jak na dłoni, że słynny Newton nie był tak wielki za jakiego go uważała i uważa dotąd naiwna ludzkość. Z teorii jego wynika bowiem, że we wnętrzu wszystkich ciał niebieskich, a w szczególności słońca i naszej ziemi istnieje olbrzymie ciśnienie. Natomiast mój korespondent dowiódł, że ciśnienie w środku ziemi musi równać się zeru, ponieważ punkt środkowy jest przyciągany jednakowo przez symetrycznie rozmieszczone części globu ziemskiego i wskutek tego wszystkie działające na niego siły równoważą się. Po kilku dniach autor broszury złożył mi wizytę, chcąc słyszeć mą opinię o swem genialnem odkryciu. Staralem się jak mogłem, nie urażając go, wyjaśnić mu źródło jego błędu i wytłumaczyć różnicę między siłą i ciśnieniem; nie udało mi się jednak go przekonać. Po bezowocnej dyskusji gość mój zaproponował mi, bym mu pozwolił wygłosić referat na zebraniu Towarzystwa Fizycznego, ponieważ inni fizycy mogą lepiej ocenić jego pracę. Gdy sprzeciwiłem się temu kategorycznie, pożegnał się, mówiąc z goryczą: Czy to jest wolność opinii naukowej?

Niewątpliwie ten pan ma o mnie złe wyobrażenie: uważa mnie za kogoś w rodzaju Torquemady, zaślepionego w dogmatach „prawowiernej“ nauki i bez

litości tępiącego herezje, choćby pochodziły od ludzi genialnych, jak on. Nie odczuwam jednak wyrzutów sumienia. Zajęcie uczonego nie jest kapłaństwem, system nauki nie jest sztywny i zamknięty, wprost przeciwnie, jego racją bytu jest gotowość poddawania się w każdej chwili nieubłaganej krytyce Najwyższej Izby Kontroli Natury, czyli eksperymentu. Zwłaszcza ostatnie lata przyzwyczyły nas do nieustannych zmian, ewolucji poglądów, a nawet do rewolucyj burzących to, co się nam wydawało najtrwalsze. Zasada względności nauczyła nas, że czas, długość, masa są pojęciami względnymi, że wzorec metra przewożony w dostatecznie szybko mknącym samolocie jest krótszy (o jedną miliardowo - milionową!!!) od takiego samego wzorca spoczywającego w Międzynarodowem Biurze Miar i Wag; że pilot tego samolotu notuje na swym wybornie chodzącym zegarku krótszy (o jedną miliardowo-milionową!!!) czas przelotu niż kontrolerzy linii lotniczej. Nauka o promieniotwórczości przekonała nas o zmienności i nietrwałości pierwiastków. Teorja kwantów doprowadziła do wyrzeczenia się postulatu przyczynowości, który wydawał się fundamentem całego gmachu wiedzy o przyrodzie. Najśmielsze pomysły przestały nas dziwić; z uśmiechem na ustach chodzimy po terenie zapełnionym ruinami i rusztowaniami, co chwila wznoszonych budowli; zaledwie która z nich zostanie wykończona, urządzamy się w niej z całym spokojem, nie dbając o to, czy jej jutro nie zburzy trzęsienie ziemi. Nie jest to napewno dogmatyczne nastanie

wienie umysłu. A jednak w tem, co mój gość powiedział, jest wiele prawdy; wyznajemy pewne niezłomne kanony, tworzymy rodzaj kasty, coprawda niezupełnie zamkniętej, ale przyjmującej do swych misterjów jedynie tych, którzy przebyli długotrwałą i uciążliwą próbę okresu wtajemniczenia.

Wydawałoby się, że pisząc te słowa, popełniam wielką niekonsekwencję, ponieważ od dłuższego czasu poświęcam z zapalem wiele wysiłków udostępnianiu zdobyczy nauki, otwieraniu naościę podwoi jej przybytku. Z rozmysłem jednak czynię to w taki sposób, aby w granicach możności nie przyczynić się do pomnażania najgorszej odmiany homo sapiens, dyletanta, który sądzi, że zjadł wszystkie rozумы. Napewno niezawsze mi się to udaje. Popularyzacja jest kijem o dwóch końcach, jeden koniec czyni dobro, a drugi zło, jeden jest prawdą, a drugi fałszem, jeden niesie dobrą nowinę, a drugi gorszy małuczki. W ostatnich czasach literatura popularno-naukowa w Polsce rozwinęła się znakomicie; wyszło wiele doskonałych książek, które — jak mogę sądzić na podstawie rozmów z wydawcami—znajdują liczne rzesze czytelników. Zagadnienia naukowe zaczynają w umysłach publiczności rywalizować nawet z tematami, które do niedawna były jedynym przedmiotem zainteresowania, ze sportem, polityką, teatrem. Jednakże w łatwości, z jaką przyswajana jest ta sprawa duchowa, kryje się poważne niebezpieczeństwo. Jeans stał się prawie tak modny, jak Wallace; nieraz zdarzało mi się, że wytworna pani domu, w zrozu-



mieniu swych obowiązków gościnności, skierowywała rozmowę ze mną na Jeansa, podobnie jak pianistę zabawiałaby Ravelem lub Szymanowskim. Pewien młody mój przyjaciel, interesujący się marksizmem, studjuje z zapalem Jeansa i Eddingtona, aby szukać w nich argumentów na korzyść... materializmu dziejowego.

Są to oczywiście działania złego końca kija popularyzacji, objawy blagi i powierzchowności. Nie ulega wątpliwości, że dla czytelnika, mającego skłonności w tym kierunku, literatura popularno-naukowa jest wręcz szkodliwa: syci te skłonności, ułatwia „zadawanie szyku“ naukowemi terminami i wysługiwanie się niedokładnie lub zgoła fałszywie rozumianemi pojęciami w celach, które nie mają nic wspólnego z nauką. To ostatnie zjawisko uderza zwłaszcza w metodach współczesnej propagandy politycznej. Wszechwładztwo nauk przyrodniczych zmusza nawet autokratów do liczenia się z niemi. W krajach, gdzie wszystkie dziedziny życia zostały opanowane przez panujący kierunek polityczny, zdobycze nauki są wprzęgane w rydwan triumfującego w danej chwili programu. Nie czynią tego rzecz prosta uczeni, lecz niedouczone pismaki, karmione literaturą popularno - naukową. Kwiatki takiego dyletantyzmu warzącego różne bigosy pseudo-naukowe spotykamy u naszych sąsiadów wschodnich i zachodnich, z tą różnicą, że dla jednych przyprawą jest zagadnienie determinizmu lub budowy materji, dla drugich teorie antropologiczne.

Niewątpliwie mój „genjalny“ krytyk Newtona

jest również ofiarą popularyzacji nauki. Należy on zresztą do dość często spotykanego typu dyletantów, zajmujących się reformowaniem nauki, tworzeniem światoburczych teoryj, lub sensacyjnych wynalazków. Za dawnych czasów ta kategoria ludzi zajmowała się ze szczególnem upodobaniem kwadraturą koła, trysekcją kątu, budową perpetuum mobile i wynajdywaniem dowodu słynnego twierdzenia Fermata. I dzisiaj jeszcze zdarzają się konstruktorzy perpetuum mobile; jeden z nich — woźny w instytucji, którą często odwiedzam — wynalazł „sposób“ zużytkowania w tym celu elektryczności atmosferycznej. Jednakże ulubionym tematem dzisiejszych reformatorów nauki są teorie alchemiczne lub próby przetwarzania pierwiastków na większą skalę. Ta ostatnia sprawa ma czasem niemiły posmak szarlatanerii, jak np. w niedawnym, a głośnym procesie Dunikowskiego.

Nie należy jednak zbyt przejmować się temi ujemnymi skutkami popularyzacji nauki. Jestem głęboko przekonany, że ogromna większość jej adeptów odnosi z niej istotną korzyść, ponieważ bierze to, co książki popularne naprawdę dają, co jedynie dać mogą — mianowicie skrócony i uproszczony obraz zdobyczy nauki, uwydatniający ich piękno i pożytek, oraz budzący zamiłowanie do nauki i cześć dla jej twórców. I dlatego nie zamierzam odkładać kija o dwóch końcach, lecz posługiwać się nim nadal, pilnie uważając, by uderzał tylko dobrym swym końcem.

## KARJERA NAUKOWA

Pewen bardzo bliski mi chłopiec, który dotąd interesował się niemal wyłącznie piłką nożną, hokej'em i rowerem, a także kilkoma innymi sportami, oświadczył mi, po przeczytaniu mego ostatniego feljetonu, że „chce iść na atomistykę“. Jakkolwiek jest jeszcze nadzieja, że postanowienie to pójdzie w niepamięć, zacząłem poważnie się zastanawiać, czy feljetony moje, które bądź co bądź są propagandą nauki, nie mogą pobudzić pewnej liczby młodzieńców do obrania drogi naukowej. A co w takim razie powiedzą ich rodzice?

Za czasów mojej młodości istniał podział zawodów na praktyczne i niepraktyczne. Do tych ostatnich należał oczywiście zawód naukowy. Rodzice dbali o przyszłość materialną syna — niezawsze ci najbiedniejsi — sprzeciwiali się naogół karierom niedającym chleba i tylko silna wola młodzieńca, perswazja przyjaciół, lub oddźwięki zapomnianych uniesień mogły ich skłonić do pozwolenia na podobne szaleństwa. Ten pogląd pokutuje jeszcze i dzisiaj. Niedawno pewna moja dobra znajoma, której syn, dość znacznie już zaawansowany w studjach medycznych, zaczął nagle zaniedbywać się nieco w „naukach“ na korzyść „nauki“, gdyż uczuł w sobie gorące zamiłowanie do badań bakteriologicznych, wezwała mnie na naradę, jak wpłynąć na chłopca, by powrócił do wytrwałego



wykuwania dyplomu lekarskiego. Odpowiedziałem jej, że nie stanie się nic złego, jeżeli uzyskanie dyplomu nieco się opóźni, i że zawód bakterjologa jest równie dobry, jak zawód lekarza.

Zdaje mi się, że nikt nie może powiedzieć dziś z pewnością, co jest, a co nie jest praktyczne. Młodzi inżynierowie, lekarze, prawnicy, rolnicy i t. p. doskonale przygotowani do „życia“, uzbrojeni w papierki najwyższej klasy, latami wyczekują na możliwość pracy, lub znajdują pracę niemającą żadnego związku z przebiegiem ich studjów. Znam chemików, którzy wystukują na maszynie listy handlowe, rolników, którzy debiutują w karierze administracyjnej, prawników zaangażowanych w dziennikarstwie. Jest to oczywiście objaw rozprężenia, jakie zapanowało w stosunkach gospodarczych. Czy jednak wolno twierdzić, że jest to objaw chwilowy? Może właśnie mnie jako teoretykowi wypada spojrzeć na tę sprawę z punktu widzenia praktycznego, który nakazuje liczyć się ze wskazaniem chwili, niezależnie od tych, czy innych poglądów na „niezmienne prawa gospodarce“.

Zmierzam do tego, by dowieść, że zawód naukowy nie jest o wiele gorszy od innych pod względem tak pojętej praktyczności. W epoce „prosperity“ rządy krajów najbardziej uprzemysłowionych doszły do przekonania o użyteczności nauki i zaczęły dbać o to, by karjera naukowa mogła być źródłem utrzymania. Dzisiaj rządy same nie wiedzą, co jest użyteczne, tem mniej orientuje się

w tem zagadnieniu zwykły śmiertelnik, zwłaszcza wobec takich wstrząsających paradoksów, jak niszczenie zbiorów w celu przeciwdziałania spadkowi cen. Doprawdy jest chyba większem szaleństwem palenie kawy, niż obranie zawodu naukowego. Coraz to częściej słyszy się o wielkich przedsięwzięciach wyraźnie pozbawionych charakteru użyteczności, mających jedynie na celu zwalczanie bezrobocia, t. j. dosłownie zajęcia ludzi byle czem, zasypywanie przepaści, która otworzyła się wskutek gospodarczego trzęsienia ziemi. W państwie Sowietów ogromne miliony ma pochłonać budowa nad drapacza chmur, w Niemczech — *plus ça change, plus c'est la même chose* — opracowywane są plany robót publicznych, których nikt w normalnych czasach nie wziąłby pod uwagę.

Ten przewrót w poglądach na użyteczność musi doprowadzić do równouprawnienia z interesami materialnymi duchowych potrzeb ludzkości, dotąd traktowanych jako fantazje jednostek. Jeżeli działalność rządów musi być skierowana ku zwalczaniu bezrobocia, które się rozmnożyło wskutek nadmiernej praktyczności minionego okresu, to dlaczego ma to być robione bez idei, dlaczego nie ma skorzystać na tem życie duchowe ludzkości: nauka i sztuka? Do zwalczenia bezrobocia przyczyniłyby się w nie-małym stopniu zakrojone na szeroką skalę przedsięwzięcia naukowe, budowa instytutów naukowych, organizowanie wypraw w nieznaną część ziemi lub atmosfery — a kto wie, może nawet w przestrzenie pozaziemskie. Jeżeli ktoś powie, że

są to mrzonki pozbawione sensu, to odpowiem, że jest w nich przynajmniej tyle sensu, co w posągu Lenina wysokości 85 metrów, a napewno więcej sensu niż w paleniu milionów worków kawy.

Bądź co bądź jednak wyrażam tylko własny pogląd, który jako taki nie może być argumentem na korzyść kariery naukowej. Ale argument taki jest niepotrzebny. Poprawa konjunktury w zawodzie naukowym, wywalczona na mocy przesłanek natury gospodarczej trwa nadal siłą bezwładności, jakkolwiek same przesłanki zostały zachwiane, i nawet u nas, gdzie nauce dzieje się bezporównania gorzej niż w innych krajach, pracownik naukowy może liczyć na skromne, lecz pewne utrzymanie.

Ta zmiana stosunków gospodarczych pozbawia zawód naukowy zabarwienia romantycznego, jakie posiadała w czasach mojej młodości. Dawniej iść drogą naukową znaczyło postawić wszystko na kartę, powiedzieć sobie: zginę lub zabłysnę. Toteż możliwe jest, że dawniej aspiranci nauki mieli więcej idealizmu, niż dzisiejsi. Dziś młody adept nauki wie, że nie zginie, natomiast okrycie się blaskiem chwały wydaje mu się łatwiejsze, niż dawniej, a nadewszystko pod wpływem ducha epoki, ducha reklamy i sensacji łądzi się, że wawrzyny można zdobyć bez wielkiego i długotrwałego wysiłku. Jest to wielki błąd. Ambicja jest uczuciem szlachetnym, kto jednak idzie w służbę nauki, ten niechaj się wyrzeknie psychologii gracza o wielką stawkę; niechaj raczej — proszę mi wybaczyć to romantyczne porównanie — upodobni siebie do średniowiecznego



rycerza, ponoszącego nieskończone trudy w służbie kapryśnej kochanki.

Ale pono zawsze „zawsze za moich czasów bywało lepiej“. Bądź co bądź nie ulega wątpliwości, że zawód naukowy jest dla ludzi zdolnych i śmiałych źródłem wielkich możliwości. Jeżeli każdy żołnierz napoleoński nosił w tornistrze buławę marszałkowską, to każdy młody uczony z nierównie większym prawem śnić może o zdobyciu najwyższych szczytów w Rzeczypospolitej Nauki. Kogo zaś obok wawrzynów chwały pociąga pieniądź, ten niechaj pieści swą duszę marzeniami o nagrodzie Nobla.

Wynalazca nitrogliceryny jest osobą nadzwyczaj popularną w sferach naukowych. Słowa: „dostał“, „dostanie“, „dostałby“ nagrodę Nobla powtarzane są tak często, że czasami zastanawiam się, co pobudzało ludzi do pracy naukowej w czasach, gdy arcopag szwedzki nie sprawował jeszcze rządów nad genjuszami.

## REFLEKSJE NA TEMAT PRZECHODZENIA PRZEZ ULICĘ

Muszę przyznać się do wielkiego grzechu. Tkwi we mnie potencjalnie olbrzymie źródło mandatów karnych za niewłaściwe przechodzenie przez ulicę. Ze wszystkich sposobów lokomocji najbardziej lubię chodzenie i wskutek obciążenia dziedzicznego oraz własnych długich spacerów rozwinęła się we mnie w niebezpieczny — zagrażający porządkowi społecznemu — sposób umiejętność wyszukiwania drogi najkrótszej.

Ileż to razy w dawnych dobrych czasach, idąc na spacer, układałem sobie marszrutę w ten sposób, aby wskutek użycia możliwie największej liczby skrótów, t. j. przejść przez ulicę w kierunku skośnym — *mea culpa, mea maxima culpa* — powstawała łamana linja, najbliższa prostej, t. j. możliwie najkrótsza. Coprawda, mniejwięcej rok temu, jedno z najbardziej pomysłowych moich rozwiązań tego rodzaju nie zostało doprowadzone do pomyślnego końca wskutek brutalnej interwencji pewnej taksówki, która zresztą dzięki dobrze działającym hamulcom przerwała moje studia geometryczne tylko na kilka tygodni, niemniej jednak jestem zatwardziałym grzesznikiem i jedynie szacunek dla prawa zmusza mnie obecnie do zadawania gwałtu mojej indywidualności. Ponieważ jednak muszę

mieć jakąś rekompensatę, przeto opiszę tę sprawę dokumentnie z punktu widzenia fizyka.

Kiedy księciu Panie Kochanku, twierdzącemu, że spowodu mrozu dźwięk trąb myśliwskich zamarzi i odtaje dopiero na wiosnę, zwrócono uwagę, że jest to sprzeczne z prawami fizyki, odparł: Tu nie rządzą prawa fizyczne, lecz nieświeskie. Otóż ja odwrotnie, pragnę przeciwstawić prawu „warszawskiemu“ prawo fizyczne, dotyczące linii prostej. Niezależnie od geometrii znamy dwa łatwe sposoby fizyczne zrealizowania linii prostej. Jeden z nich to rozciągnięcie dostatecznie cienkiej i mocnej nici, drugi realizuje sama przyroda w postaci promienia świetlnego. Oba te sposoby są wyrazem pewnej skłonności natury, która prowadzi do urzeczywistnienia linii prostej jedynie w sprzyjających okolicznościach. Np. jeżeli nitka jest ciężka, nie wyciągnie się w linię prostą, lecz będzie mniej lub więcej opadała, promień zaś światła jest prostolinijny jedynie w ośrodku jednorodnym. Wiemy przecież, że gdy światło przechodzi z jednego źródła do drugiego, np. z powietrza do wody, wówczas ulega załamaniu. Odchylenie od prostej obserwujemy nawet bez zmiany ośrodka, np. w powietrzu, gdy jest na różnych wysokościach niejednakowo ogrzane; promień ulega wówczas zakrzywieniu, czasem bardzo znacznemu, powodując znane złudzenie optyczne, t. zw. fata morgana.

Zostawmy narazie na uboczu przypadek nitki i sformułujmy ogólne prawo biegu promienia świetlnego, które obejmuje promień prostolinijny,



jako przypadek szczególny. Prawo to odkrył matematyk francuski Fermat w XVII stuleciu, nazywa się ono zasadą najszybszego przybycia światła. W istocie w zjawisku załamania droga łamana trwa krócej, niż prosta, ponieważ światło biegnie prędzej w powietrzu, niż w wodzie i dlatego opłaca mu się nadłożyć nieco drogi w powietrzu. Zasada Fermata jest podstawą całej optyki geometrycznej, co znaczy, że we wszystkich obliczeniach soczewek i zwierciadeł korzystamy z owej niecierpliwości światła, pragnącego osiągnąć cel jaknajprędzej. Doniosłość zasady Fermata rozumieli doskonale jego współcześni i następcy, nie śniło im się jednak, że jest ona szczególnym przypadkiem o wiele powszechniejszego prawa, t. zw. zasady najmniejszego działania.

Zasada ta nie stosuje się do promienia świetlnego, lecz do tego idealnie uproszczonego ciała, które fizycy zwykli nazywać punktem materjalnym. „Punkt materjalny“ niekoniecznie jest mały, jakby to można było sądzić z jego nazwy: używanie tego słowa jest uprawnione zawsze, gdy ciało jest bardzo małe w stosunku do przestrzeni, w której chcemy je usytuować. Brzmi paradoksalnie, gdy powiem, że najlepszym przykładem punktu materjalnego są ciała niebieskie, oczywiście pod warunkiem, że badamy tylko ruchy w przestworzach i nie troszczymy się o ich obroty dokoła własnej osi i zmiany w nich zachodzące.

Otóż zasada najmniejszego działania głosi, że wszystkie ruchy punktów materjalnych odbywają

się dokładnie w ten sposób, jakgdyby punktom tym chodziło również o pobicie pewnego rekordu. Nie jest to rekord najkrótszego czasu, jak w przypadku światła; punkty materialne są bardziej przemyślnie, doskonale wyćwiczone w matematyce i osiągnięte przez nie „naj“, mianowicie najmniejsze działanie jest wielkością, której nie sposób wyjaśnić w artykule popularnym. Jeżeli powiem, że droga przebiegana przez punkty materialne charakteryzuje się „najmniejszą przeciętną wartością funkcji Lagrange'a“, to Czytelnik osiągnie niewielką korzyść, co najwyżej nabierze szacunku dla punktów materialnych i może zapytać ze zdziwieniem, co robiły punkty materialne w czasach, kiedy nie było jeszcze ani Lagrange'a, ani jego funkcji. Byłoby oczywiście niedorzeczną metafizyką przypisywanie punktom materialnym jakiegokolwiek świadomej dążności, zasada najmniejszego działania jest tylko zwięzłą matematyczną syntezą praw mechaniki. W niektórych jednak przypadkach zasada najmniejszego działania może być interpretowana fizycznie w prosty sposób i oznacza, że punkt materialny porusza się tak, jakgdyby „chciał“ wykonać swe zadanie z najmniejszym wysiłkiem, np. w ten sposób, aby prędkość jego była najmniejsza. Stąd wynika, że jeśli nie działają na niego żadne siły, punkt materialny porusza się po linii prostej, która mu pozwala osiągnąć dany cel w danym czasie z najmniejszym wydatkiem energii ruchu.

Jeżeli jednak przyjrzymy się ruchom tych idealnych punktów materialnych, któremi są ciała nie-

bieskie, zauważymy bez trudu, że zamiast linii prostej, obierają tory o skomplikowanym wyglądzie eliptycznym, hiperbolicznym i t. d. Czyżby krążenie po ulicach Wszechświata regulowane było przepisami, wzbraniającymi użycia drogi najkrótszej? Odpowiedź na to pytanie zawarta jest w słynnej teorii grawitacji Einsteina. Zgodnie z nią ruchy ciał niebieskich podporządkowane są tej samej zasadzie najmniejszego działania; jeżeli jednak metafizyczna skłonność natury do pobijania rekordów wyraża się w danym przypadku w postaci linii krzywych, to dzieje się to dlatego, że w skali rozmiarów Wszechświata nasza zwykła euklidesowa geometria, uważająca linię prostą za najkrótszą odległość między dwoma punktami, przestaje się stosować. Wszechświat posiada strukturę geometryczną, którą charakteryzujemy, mówiąc, że przestrzeń jest „zakrzywiona”; zasada najmniejszego działania przystosowuje się do tej struktury i daje wyniki zupełnie odmienne od tych, do jakich przywykliśmy w małych obszarach, w których obowiązuje geometria euklidesowa. Ciała niebieskie również pobijają rekord; jest to jednak rekord „najdłuższego czasu własnego”. Czytelnik nie zrozumie może dokładnie, co te słowa oznaczają, niech mu jednak będzie pociechą: gdy będzie się niecierpliwił, że przepisy o przechodzeniu zmuszają go do poświęcenia przechadzce możliwie najdłuższego czasu własnego.



## FANTAZJA WIOSENNA

W stosunku do pogody dręczy mnie rozdwojenie. Z jednej strony ubóstwiam jej zmienność i nic sobie nie robię z niespodziewanego deszczu lub śniegu, zwłaszcza, że po zgubieniu dziesiątego parasola i jedenastej pary kaloszy ślubowałem sobie, że więcej nie będę używał tych obrzydliwych utensyljów wymyślonych jedynie gwoli podtrzymania złośliwej legendy o roztargnieniu profesorskiem. Z drugiej jednak strony robię sobie surowe wyrzuty za tę lekkomyślność, a raczej moje serce naukowe żżyma się na fantastyczne wybryki natury nie liczącej się z „niezlomnymi prawami fizyki“.

Piszę te słowa leżąc na trawie i rozkoszując się przedwczesnem ciepłem i zielonością tak bujną, jakgdyby to był środek lata. A jednocześnie doznaję upokorzenia, że nauka, z której triumfów jesteśmy tacy dumni, jest zupełnie bezsilna wobec wybryków pogody.

Może właściwe będzie wobec tego zrzucić pychę z serca i przyjrzeć się krytycznie, jak to jest z tem władaniem nauki nad objawami życia. Okazuje się, że w bardzo znacznym stopniu dzieje się tak, że „życie sobie, a nauka sobie“. Byłoby nadmiarem skromności twierdzić, że jedynym terenem, nad którym uczony panuje — chociaż i tam jego władza jest ograniczona — jest jego laboratorium i że poza granicami tego minjaturowego państewka rozciąga-

ją się nieogarnione obszary Fantazji i Kaprysu. Faktem jest jednak, że w życiu indywidualnem metoda naukowa niewiele się nam przydaje i nie tylko nie pozwala przewidzieć jaka będzie dajmy na to pogoda w dniu imienin Zosi na ulicach miasta, ale co daleko ważniejsze, jaka będzie pogoda w jej serduszkach. Nasze postępowanie w życiu opiera się w pewnej mierze na czemś mającym dalekie podobieństwo do metody naukowej, mianowicie, na t. zw. doświadczeniu, streszczającym się w zasadach, które uczony nazwałby zgruba empirycznymi prawami. Największą rolę odgrywa jednak fantazja i intuicja.

W życiu zbiorowem metoda naukowa jest o wiele bardziej przydatna. Przedewszystkiem przemysł jest w bliskim związku z laboratorjum; jest to bądź co bądź bardzo rozległe terytorjum, prawie zupełnie ujarzmione przez naukę, na którem gdzieniegdzie tylko wałęsają się buntownicze pierwiastki dowolności, oraz które bywa nawiedzane od czasu do czasu przez straszliwe huragany zrodzone w królestwie Przypadku. Ale nie tylko przemysł, również i całe życie ekonomiczne w coraz to większym stopniu podpada pod władzę porządkującej i systematyzującej Wiedzy Statystycznej. Można zatem powiedzieć, że pożytek Nauki jest natury wybitnie społecznej i że rozwój znaczenia metody naukowej idzie w parze z uspołecznieniem człowieka, ściślej biorąc ze wzrostem liczebności społeczeństw. Nie jest może przypadkiem, że tego samego słowa „prawo“ używamy w zastosowaniu do ładu społecznego

i ładu natury; wiara w prawa natury idzie w parze z posłuchem dla prawa zbiorowisk ludzkich.

Ten sam obraz wczesnego lata, który nasuwa mi powyższe refleksje o ograniczonym zakresie panowania nauki upomina się o inną rolę, mianowicie adwokata Nauki. Prawo fizyczne jest dawniejsze od praw ludzkich; jego pierwsze zarysy musiały powstawać w duszy pierwotnego człowieka, kiedy co roku witał wiosnę, co miesiąc oglądał pełnię księżyca, co wieczór żegnał się ze światłem dnia. Niewątpliwie źródłem nauki jest obserwacja zjawisk regularnie się powtarzających lub, jak mówią fizycy, perjodycznych. Klasa tych zjawisk jest nadzwyczaj obszerna. Perjodyczne są nie tylko obieg ciała niebieskich lub przypiływy; perjodyczne są również wahania wahadła oraz drgania instrumentów muzycznych, falowanie wody lub powietrza. Są to zresztą nieliczne tylko przykłady zjawisk perjodycznych, dobrze znane dlatego, że ich okres nie jest ani zbyt krótki, ani zbyt długi.

Istnieje ponadto niezliczone mnóstwo zjawisk perjodycznych, których poprostu nie dostrzegamy, ponieważ przebiegają zbyt szybko lub zbyt powoli. Nawet rozpoznanie dźwięku, jako drgania ciała materialnych nastęrcza dużo trudności wtedy, gdy dźwięk jest bardzo wysoki lub bardzo niski, t. j. okres pojedynczego drgania bardzo długi, lub bardzo krótki, np. rzędu 1 sekundy, lub jednej 10-tysięcznej sekundy. Ale istnieją drgania ciała materialnych znacznie szybsze, zgoła niedostrzegalne. Drga młotek, którym uderzamy, nóż, którym kra-



jemy, ziemia, po której stąpamy, mury domu, w którym mieszkamy (w tym ostatnim przypadku drgań nie słyszymy, ponieważ są zbyt powolne oraz nie widzimy, ponieważ są zbyt nikłe).

Oprócz wspomnianych drgań mechanicznych istnieje rozległa dziedzina drgań elektromagnetycznych, do której należą drgania wytwarzane w nadawczych stacjach radiowych. Ich okres jest rzędu jednej milionowej części sekundy. Okres ten jest tem mniejszy im rozmiary aparatury nadawczej są mniejsze. Atom z jego elektronami możemy uważać za stację nadawczą w arcyminiaturze. Jego drganie elektromagnetyczne ma okres rzędu jednej stumilionowej milionowej części sekundy — zmysły nasze poznają to drganie jako światło.

Ta powszechność zjawisk perjodycznych świadczy o ich olbrzymim znaczeniu w przyrodzie. Z punktu widzenia mego dzisiejszego tematu, znaczenie to polega przedewszystkiem na tem, że zjawiska perjodyczne są najlepszym reprezentantem stałości porządku natury. Przyczyna tego jest bardzo prosta. Nasze przekonanie o istnieniu jakiegoś niezmiennego kodeksu zdarzeń opiera się przedewszystkiem na obserwacji rzeczy trwałych, t. j. zachowujących przynajmniej w pewnych granicach swój kształt i położenie. W języku naukowym powiedzielibyśmy, że najistotniejszą częścią naszej wiedzy o otoczeniu jest znajomość układów w stanie równowagi trwałej. Otóż na mocy podstawowych praw mechaniki każdy układ w stanie równowagi trwałej posiada zdolności do wykonywania

drgań, w których stan jego oscyluje perjodycznie dookoła położenia równowagi. Równowaga jest jakby ideałem, do którego układ zmierza po szeregu prób, w których równowaga jest kolejno, w równych odstępach czasu, bądź nieco przekraczana, bądź niezupełnie osiągnana. Ta dążność uwydatnia się najlepiej, gdy układ znajdujący się w równowadze wytrącimy z niej drogą zakłócenia zewnętrznego; typowym przykładem są drgania odchylonego wahadła lub naciągniętej sprężyny. Z najogólniejszego punktu widzenia, obiegi ciał niebieskich należą do tej samej kategorii zjawisk. Podobnie jak perjodyczne drgania układu materialnego świadczą o trwałości jego równowagi, tak perjodyczne ruchy planet i księżyców świadczą o trwałości układu słonecznego. I dlatego radość jakiej doznajemy wobec powracającej wiosny — mniejsza z tem przedwczesnej, czy spóźnionej — wynika nietylko ze spodziewanych dobrodziejstw lata, ale jest ponadto najstarszą przekazaną nam dziedzicznie od tysięcy pokoleń formą naukowego stosunku człowieka do przyrody.

## BRIDGE I MATEMATYKA

Wydałoby się, że hazard nie może mieć nic wspólnego z nauką, jako, że skupiona powaga stoi zdala od płochy lekkomyślności. Tymczasem zapewne w myśl zasady *les extrémités se touchent* zamiłowaniu do hazardu pewnego wytwornego eleganta XVII wieku zawdzięczamy powstanie niesłychanie ważnej gałęzi nauk matematycznych, która stosowana bywa wielokrotnie w handlu, ekonomji, statystyce, socjologii, biologji i fizyce.

Ten pan nazywał się kawaler de Méré i uprawiał rozpowszechnioną grę w 3 kości, polegającą na rzucaniu sześciaków; na ścianach każdego z nich umieszczone były cyfry od 1 do 6; wygrywającym był ten, kto otrzymał największą sumę cyfr na górnych ścianach rzuconych kostek. Kawaler de Méré był spostrzegawczy i zauważył, że niektóre sumy powtarzają się częściej, niż inne. Nie umiał sobie tego wytłumaczyć, ponieważ każdy rzut wydawał mu się jednakowo prawdopodobny i napisał o tem do swojego przyjaciela Błażeja Pascala, który wprawdzie nie był autorytetem w sprawach gry w kości, ale cieszył się sławą człowieka biegłego w sztuce rachowania. Pascal zainteresował się bardzo listem przyjaciela, a z rozmyślań jego nad poruszonem zagadnieniem powstał Rachunek Prawdopodobieństwa.

Spróbujmy odtworzyć rozumowanie Pascala.



Zwróćmy uwagę na to, że często ta sama suma może być otrzymana w różny sposób. Suma 3 wyni-  
 knąć może tylko w przypadku 1, 1, 1; suma 7 po-  
 wstaje po wyrzuceniu 1, 1, 5; 1, 2, 4; 1, 3, 3; 2, 2, 3;  
 sumę 10 mamy w przypadkach 1, 4, 5; 1, 3, 6; 2, 4, 4;  
 2, 3, 5; 2, 2, 6; 3, 3, 4. Zauważyć jeszcze należy, że  
 kombinacje różnocyfrowe, np. 1, 2, 4, zdarzają się  
 najczęściej, następnie takie, jak 2, 2, 5; najrzadziej  
 takie, jak 3, 3, 3. Jeżeli wszystkie rzuty są jedna-  
 kowo prawdopodobne, najczęściej przytrafi się ta-  
 ka suma, na którą się złożyć może największa liczb-  
 a kombinacyj. Łatwo dowieść, że są to sumy 10  
 i 11.

Zadanie to wydaje się bardzo łatwe, ponieważ  
 rozwiązanie jego sprowadza się do wypisywania  
 wszystkich 3 cyfrowych kombinacyj z cyfr nie wię-  
 kszych od 6, takich, aby suma równała się danej  
 liczbie. Ale Pascala taki sposób nie mógł zado-  
 wolić. Poszukiwał on metody ogólnej, która mo-  
 głaby służyć do rozwiązania zagadnienia w przy-  
 padku dowolnej liczby kostek, o dowolnej liczbie  
 ścian (byle wszystkich jednakowych), a także i do  
 zagadnień podobnego typu. Wykryta przez niego  
 metoda stała się podstawą teorii prawdopodobień-  
 stwa. Zajmowało się jej dalszem udoskonaleniem  
 wielu znakomitych matematyków, jak Laplace  
 i Poisson, a związek od kolebki między pustą zaba-  
 wą i nauką utrwalony został w nazwie nowej umie-  
 jętności: „Théorie des Jeux du Hasard“, która była  
 przez długi czas używana, zanim przyjęła się dzi-  
 siejsza nazwa Teorii lub Rachunku Prawdopodo-

bieństwa. Główna zasada tej teorii jest bardzo prosta. Jeżeli mamy wielką liczbę zdarzeń jednakowego typu, których wynik jest sprawą czystego przypadku, wówczas w celu obliczenia prawdopodobieństwa jakiegoś określonego wyniku wyliczamy: po pierwsze, liczbę wszystkich możliwych zdarzeń, po drugie, liczbę zdarzeń, prowadzących do tego właśnie wyniku. Jeżeli pierwsza wynosi np. 1000, druga 30; wówczas prawdopodobieństwo wyniku określamy jako  $30/1000$  lub  $3/100$ .

Teoria prawdopodobieństwa tylko w początku swego istnienia ograniczała się w swych zastosowaniach do gier hazardowych; matematycy niebawem zwrócili uwagę na korzyści, jakie przynosi w roztrząsaniach zagadnień poważniejszej natury. Już w wieku XVII matematyk angielski Halley zajmował się zasadami, na których oprzećby można racjonalne funkcjonowanie Towarzystw Ubezpieczeń, a Laplace i Poisson rozważali prawdopodobieństwo zdarzeń, mających znaczenie społeczne lub polityczne, np. sprawiedliwego wyroku sądu przysięgłych. Oto na chybił trafił kilka tytułów z dzieł dawnych matematyków: Mairan 1728. „Sur le Jeu de Pair ou Non“; Halley 1693. „An estimate of the Degrees of the Mortality of Mankind“; Euler 1766. „Sur l'avantage du Banquier au jeu de Pharaon“; Bernoulli D. 1760. „Essai d'une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole et les avantages de l'inoculation pour la prévenir“.

Również od XVII wieku datują się zastosowania

rachunku prawdopodobieństwa do fizyki, które w ciągu ubiegłego stulecia zyskują coraz bardziej na znaczeniu i przenikają stopniowo do wszystkich jej dziedzin. Ewolucja ta nietylko nie uległa zahamowaniu w ostatnich czasach, ale nawet posunęła się znacznie dalej, tak, iż bez przesady cała fizyka dzisiejsza stoi pod znakiem rachunku prawdopodobieństwa. Przyczyną tego wszechwładztwa metod „Teorii Gier Hazardowych“ jest to, że wszystkie obserwowane zjawiska traktujemy jako wynik wielkiej liczby zdarzeń atomowych. W świecie atomów zaś rządzi przypadek, tak, iż przewidywanie określonego zjawiska polega na obliczeniu jego prawdopodobieństwa według tych samych zasad, któremi kierujemy się, gdy chcemy szaleństwo ryzyka pogodzić z rozważnemi wskazówkami matematyki.

Ale fizyk jest teraz na urlopie i oddaje się z zapalem (choć z miernym skutkiem) grze w bridge'a. Dla uspokojenia swego sumienia naukowego zajmuje się w wolnych chwilach wyliczaniem prawdopodobieństwa różnych kombinacyj bridge'owych. Niech każdy gracz marzący o „mocnej karcie“ pamięta, że najczęstszy rozkład kart jest taki, gdy w różnych kolorach mamy odpowiednio 4,4,3,2 karty. Na sto rozdań rozkład taki przytrafi się jednemu graczowi w przybliżeniu 20 razy. Jest uderzające, że rozkład 4, 3, 3, 3, który na pierwszy rzut oka mógłby wydawać się bardziej prawdopodobny zdarza się tylko w dziesięciu procentach przypadków.

Następny pod względem częstości jest rozkład 5, 3, 3, 2 (15 proc.). Ogólnie biorąc rozkład z 5 kar-



tami w jednym kolorze obejmuje 50% przypadków. Aby rozkład ten jednak uprawniał do licytowania w kolorze, potrzeba, by w 5 kartach były trzy honory lub para honorów najsilniejszych, boki zaś zawierały conajmniej 2 mocne honory; taki szczęśliwy zbieg okoliczności zdarza się tylko raz na 6 wszystkich rozkładów z 5 kartami w jednym kolorze. Razem zatem prawdopodobieństwo karty, pozwalającej na odezwanie się w kolorze wynosi  $1/12$ . Ponieważ graczy jest 4, przeto widzimy, że przeciętnie na 3 rozdania mamy jedno, po którym licytacja w kolorze odbyć się może na podstawach solidności. Jeżeli dodamy do tego względnie rzadszy przypadek karty bezatutowej, widzimy, że nauka prowadzi do znacznie większej liczby „kogucików“, niż to ma miejsce w praktyce. Oczywiście świadczy to o tem, że temperament ponosi graczy<sup>1</sup>.

Na zakończenie podamy, że prawdopodobieństwo 13 kart w jednym kolorze wynosi 1 na 150 miliardów. Jak wiadomo, gra nie odbywa się w tym przypadku, ponieważ zbyt szczęśliwy gracz zostaje uprzejmie proszony o opuszczenie stolika. „Cudów“ w grze się nie dopuszcza.

To przeświadczenie o niemożliwości zdarzeń, których prawdopodobieństwo jest niezmiernie małe, stanowi podstawę naukowego poglądu na świat. Nikt nie uwierzy, by kamień mógł samodzielnie

---

<sup>1</sup> Prawdopodobieństwo karty, uprawniające do licytowania na podstawie przyjętego dzisiaj systemu E. Culbertsona jest większe i musiałoby być wyliczone w inny sposób.

## POCHWAŁA FIZYKI

podnieść się w górę, lub by woda w szklance mogła się zagotować bez jakiegoś źródła ciepła. W rzeczywistości zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa do atomistyki poucza nas, że i te „cuda“ są w zasadzie możliwe. Prawdopodobieństwo ich jest jednak jeszcze miljarde miljarde razy mniejsze od prawdopodobieństwa owego wielkiego szlema w kolorze z ręki.



## ZEUS I ATENE

Kiedy Zeus gromowładny ciska pioruny, drżą nietylko śmiertelni, ale nawet wiecznie żyjący bogowie. Tylko umiłowana córka Zeusa, sówioka Ateny, śmieje się pocichu, „za zagrodą z zębów“, jak mówi Homer, z pogroźek władcy Olimpu, gdyż jej subtelny umysł potrafi przeciwstawić brutalnej sile potęgę inteligencji. Oddajmy się pod opiekę bogini mądrości; nie lękajmy się grotów Zeusa lecz zbadajmy ich naturę, a nawet spróbujmy wyciągnąć z nich dla siebie pożytek.

Każdy z nas jest w ciągu roku świadkiem conajwyżej kilkunastu burz. To też niewątpliwie zadziwiającemi wydadzą się następujące liczby, oparte na danych statystycznych wszystkich urzędów meteorologicznych. Roczna liczba burz na całym globie ziemskim sięga 16.000.000! Zakładając, że jedna burza trwa przeciętnie godzinę, obliczamy, że w każdej chwili szaleje na ziemi 1,800 burz, a co sekunda bije 100 błyskawic.

Pioruny wykuwał Hefajstos; zgodnie z danemi powyższemi, musiałby przejść do fabrykacji masowej, by pokryć zapotrzebowanie.

Gniew Zeusa nietylko jest nieustanny, ale i gwałtowny: towarzyszy mu wydzielanie wielkich ilości energji; energja pioruna jest zbliżona do energji lawiny górskiej; przeciętna burza rozwija podczas swego trwania dzielność kilku milionów ki-



lowatów, większą, niż wszystkie elektrownie polskie. Łatwo odgadnąć, że zjawiska tak potężne odgrywać muszą wielką rolę w gospodarce sił Natury.

Od czasu Franklina wiemy, że błyskawica jest iskrą elektryczną, bijącą bądź między chmurami, bądź między chmurą i ziemią. Atene nauczyla Franklina, że gniew Zeusa skupia się bez różnicy na wszystkim, co wybija się ponad przeciętny poziom gruntu. To też lada drut, zakończony ostrzem, odegrać może rolę kozła ofiarnego, zapewniając, bez szkody dla siebie, bezpieczeństwo swemu otoczeniu. Ale to jest tylko bezpośrednio praktyczna, dawno już rozwiązana, strona zagadnienia.

Skąd się biorą te olbrzymie ilości energii elektrycznej, które zasilają burzę? Pytanie to musiało się wydawać zagadką nierozwiązalną w czasach, gdy sądzono, że elektryczność jest czemś wyjątkowem. Dziś wiemy, że materja jest nieograniczonym zbiornikiem elektryczności i dziwneby było, gdyby z pośród imponujących zjawisk przyrody tylko burze piorunowe miały odtwarzać — co prawda z nierównie większem nasileniem — to, co na tysiące sposobów demonstrujemy w naszych laboratorjach.

To też nie należy sądzić, że burza jest jedynym objawem elektryczności atmosferycznej. Burza jest tylko egzaltacją stanu, który stale istnieje w atmosferze. Powstaje ona wtedy, gdy chmury są tak silnie naelektryzowane, że powietrze nie wytrzymuje wynikłego stąd olbrzymiego napięcia, rzędu miljar-da woltów, i ulega przebiciu, wyładowując przytem częściowo chmurę. W mniejszym jednak stopniu

chmury posiadają zawsze ładunek elektryczny, najczęściej dodatni. W dni pogodne ładunek ten istnieje również ponad ziemią, w górnych warstwach atmosfery. Powierzchnia ziemi posiada ładunek ujemny: elektryczności przeciwne zawsze istnieją w równych ilościach. Między chmurami i ziemią działają siły elektryczne, które sprawiają, że np. drobne pyłki ujemnie naelektryzowane unoszą się wzwyż. Napięcie tego pola elektrycznego — jak mówią fizycy — wynosi kilkaset tysięcy woltów, co nie wystarcza do przebicia atmosfery, niemniej wywołuje nieustanny słaby prąd elektryczny. Prąd ten, obliczony na całą powierzchnię ziemi, wynosi około 1000 amperów, czyli mniej więcej tyle, ile zużywają przy napięciu 120 woltów motory, obsługujące sporą fabrykę.

Jak na całą ziemię — jest to efekt niezmiernie nikły. To też jego wykrycie nastąpiło dopiero w końcu ubiegłego stulecia, dzięki udoskonaleniu sposobów badania.

A jednak nawet ten nieznaczny prąd wystarczyłby w ciągu 20 sekund, gdyby był jedynym zjawiskiem elektrycznym atmosfery, do zubożenia przeciwnych ładunków chmur i ziemi, a zatem do unicestwienia ziemskiego pola elektrycznego. Zmiana ta, napozór bez znaczenia, pociągnęłaby za sobą zakłócenie stosunków meteorologicznych, a w szczególności warunków powstawania opadów.

Jak wiadomo, przyczyną deszczu jest skraplanie się pary wodnej, która oziębiając się tworzy zrazu niedostrzegalne, później stopniowo powiększające

się kropelki. Otóż na wielkich wysokościach — w czystem, wolnem od pyłu, powietrzu — kropelki mogą osadzać się tylko na jonach, czyli na cząsteczkach powietrza, posiadających ładunek dodatni lub ujemny. Jony powstają w powietrzu pod działaniem promieni ciał promieniotwórczych oraz promieni kosmicznych. Produkcja jonów jest warunkiem *sine qua non* powstawania deszczu. Ale sama produkcja nie wystarcza; rzeczy wyprodukowane wtedy tylko są użyteczne, gdy są dostarczone na miejsce zużytkowania. Tę właśnie rolę spełnia pole elektryczne atmosfery. Promienie jonizujące wykonywują swoją pracę, tworzą jony, niezależnie od obecności lub nieobecności pola, ale pole jest jakby Urzędem Transportowym, oddziela jony ujemne od dodatnich i wciąga je w górne rejony atmosfery, gdzie służą jako ośrodki, na których para wodna może się skroplić.

Widzimy, jaka skomplikowana jest gospodarka elektryczna Natury. Gdyby nikły, napozór nieszkodliwy, stały prąd elektryczny atmosfery unicestwił to pole, deszcze bądź nie mogłyby powstawać, bądź tworzyłyby się w ilości niedostatecznej. Potrzebny jest zatem regulator, który zapewnia stałość kondycji elektrycznej powietrza, regeneruje zubożone przez ów prąd ładunki.

Regulatorem tym są burze. W istocie, krótkie, lecz gwałtowne wyładowania elektryczne, spadające na ziemię w postaci piorunów, dostarczają ziemi ładunku ujemnego, obłokom dodatniego, gdy tymczasem działanie prądu stałego jest odwrotne.



Pioruny odtwarzają zatem pole elektryczne, które inaczej przestałoby istnieć. W pewnym sensie można powiedzieć, że gdyby nie było burz, nie byłoby również deszczów.

Tak więc wnikliwa Atene poucza nas, że Zeus tylko pozornie jest okrutnym, karcącym władcą. Hłaśliwe wybuchy jego gniewu, niepozbawione dramatycznej grozy, są w istocie rzeczy czynnikiem ładu i równowagi.

## TRZĘSIENIA ZIEMI

Jesteśmy mieszkańcami piaszczystych równin obsadzonych na mocnym fundamencie geologicznym i wiadomości o trzęsieniach ziemi brzmią w naszych uszach, jak bajka pełna grozy. Mamy niezachwiane zaufanie do ziemi, po której stąpamy, na której wznosimy nasze budowle i słów „stracić grunt pod nogami“ używamy do oznaczenia najbardziej beznadziejnej sytuacji. Wyrażenie takie nie mogłoby powstać w kraju, w którym grunt jest niepewny i podlega częstym trzęsieniom ziemi. Mieszkańcy takiej Japonji, lub innych krajów, „sejsmicznie czynnych“, muszą mieć psychikę odmienną od naszej; poczucie niepewności jutra niewątpliwie bądź skierowuje umysł ku wieczności, ku ideałom pozaziemskim, bądź też, odwrotnie, pobudza do gorącego używania życia.

Dokładne mapy znane są odniedawna; na tych, które posiadamy, nie dostrzegamy widocznych zmian zarysów mórz i kontynentów i skłonni bylibyśmy przypuszczać, że są to formy odwieczne i niezienne. Subtelne pomiary wskazują jednak, że zmiany geologiczne zachodzą na naszych oczach; ponadto mamy cały szereg dowodów, że mapa świata w odległej przeszłości wyglądała zupełnie inaczej, niż dzisiaj. Nie mogę rozwodzić się nad tym tematem, o którym wiele ciekawego mógłby powiedzieć geolog. Wystarczy jeśli powiem, że ziemia

nie zakończyła jeszcze procesu swej definitywnej formacji, że lądy wykazują tendencję do ugrupowania się w odmienny, niż dzisiaj, sposób.

Wynikiem tej tendencji są potężne napięcia skorupy ziemskiej w niektórych jej miejscach, które właśnie nazywamy czynnemi sejsmicznie. Twarda skorupa opiera się im do czasu; wystarczy jednak jakiegoś bodźca, którego natury nie umiemy dotąd ustalić, by nastąpiła katastrofa, miejscowe rozdarcie, lub przesunięcie materji ziemskiej. Zdarzenie to zachodzi najczęściej w znacznych głębokościach, kilkadziesiąt kilometrów pod skorupą ziemską; jest to tak zwane ognisko trzęsienia ziemi. Punkt położony bezpośrednio nad ogniskiem nazywa się epicentrum. To, co nazywamy trzęsieniem ziemi, jest zjawiskiem wtórnem, jak runięcie domu może być następstwem wykruszenia się lub zbutwienia fundamentów. Potężny wstrząs, fala eksplozji podziemnej udziela się całej okolicy epicentrum (które zresztą nie zawsze bywa najsilniej dotknięte), atakując ze szczególną gwałtownością słabsze, mniej spójne części gruntu, powodując tworzenie się olbrzymich szczelin, opadań lub wzniesień gruntu, zmiany kierunku, lub zatrzymanie biegu rzek w ich łożyskach.

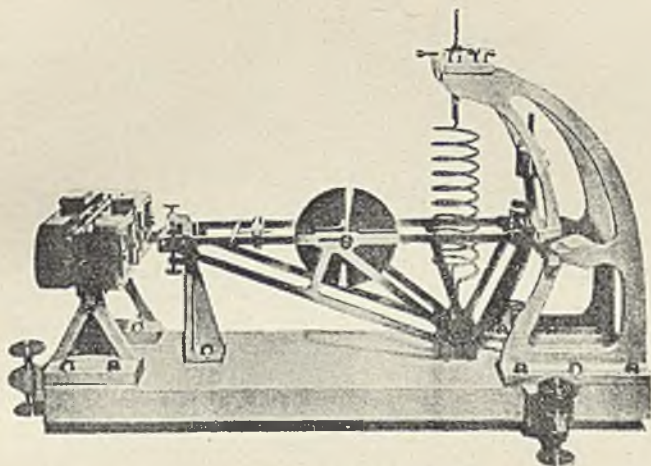
Łatwo odgadnąć, że ilość energii, wyzwolona w trzęsieniu ziemi, jest olbrzymia. Tak naprzykład w trzęsieniu ziemi, które wydarzyło się w Kalifornji w r. 1906 wytworzyła się szczelina na długości 435 kilometrów, przesunięcie gruntu wynosiło okrągło 4 metry; wyzwolone w tym procesie siły napięć ziemskich wykonały w ciągu kilku minut pracę,



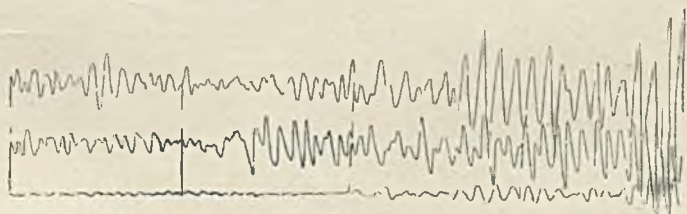
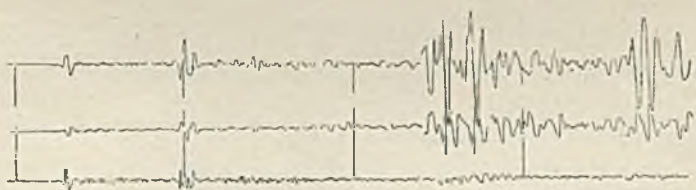
którą maszyna o sile miljarde koni musiałaby wykonywać w ciągu 9 miesięcy. Było to trzęsienie ziemi bardzo silne, może nie tak potężne, jak to, które miało miejsce w 1923 r. w Japonji, ale bądź co bądź jedno z najgwałtowniejszych. Nie należy jednak sobie wyobrażać, że trzęsienia ziemi należą do rzadkości, rejestrujące je stacje sejsmograficzne zapisują rocznie około 10 tysięcy trzęsień, z których co najmniej sto wywiera skutki niszczące.

Każdy niemal wie o tych stacjach sejsmograficznych i niejednego zdziwi może wiadomość, że, dajmy na to, stacja paryska (w Parc St. Maur) zanotowała trzęsienie ziemi w odległości 10 tysięcy km. Wydaje się trudne do uwierzenia, aby skutki lokalnego zdarzenia dały się wykryć z tak wielkiej odległości. Pisząc kiedyś o fali, wyraziłem się, że fala jest wieścią. Wyrażenie to chyba nie jest nigdy bardziej usprawiedliwione, niż w przypadku fal, które, rozchodząc się z ogniska i z epicentrum, w przeciągu kilku minut roznoszą po całej ziemi wiadomość o katastrofie. Możliwość odbioru takiego sygnału nie powinna właściwie wzbudzać zdziwienia w dziesiętnej epoce radjowej, w której z łatwością odbieramy sygnały nadawane przez nierównie słabsze źródła energii, położone na przeciwległym punkcie ziemi; coprawda subtelność metod odbioru elektrycznego znacznie przewyższa czułość sposobów, jakimi rozporządzamy w sejsmometrii.

Fale sejsmiczne są w gruncie rzeczy podobne do fal dźwiękowych z tą różnicą, że rozchodzą się w ziemi, nie w powietrzu i że mają znacznie więk-



Sejsmograf zapisujący wstrząsy pionowe



Zapisy trzęsienia ziemi otrzymane zapomocą sejsmografu

szy okres (rzędu kilku lub kilkunastu sekund) wskutek czego nie są słyszalne. Nie brak zresztą między falami i fal dźwiękowych — trzęsienia ziemi można słyszeć — fale te jednak zupełnie zamierają w stosunkowo niewielkiej odległości od źródła. Ciekawe jest przytem, że ów grom trzęsienia ziemi wydaje się wędrować z niesamowitą prędkością. Tłumaczy się to tem, że prędkość głosu jest znacznie większa w ciałach stałych, niż w powietrzu. Wróćmy jednak do fal sejsmicznych w ścisłym znaczeniu tego słowa.

Podobnie jak fale dźwiękowe, polegają one na rozchodzeniu się rzeczywistych drgań ziemi. Można więc powiedzieć, że silne trzęsienie ziemi faktycznie ogarnia całą kulę ziemską. Oczywiście obszerność drgań zmniejsza się szybko wraz z odległością; gdy na przykład ognisko jest w Japonji, obszerność ta w Europie może być conajwyżej rzędu kilku setnych milimetra. Do notowania tych słabych drgań służą przyrządy zwane sejsmografami. Jakkolwiek różnią się one bardzo w szczegółach, to jednak ogólna zasada ich konstrukcji jest zawsze ta sama. Są to wahadła, najczęściej o wielkiej masie, których ruchy własne powstają pod wpływem ciężaru lub sprężyny. Cała istota działania polega jednak na tem, że sprężyna musi być słaba, działanie zaś siły ciężkości dobrane w taki sposób, aby wahadło raz odchylone powracało bardzo powoli do położenia równowagi. Możliwość ten warunek określić inaczej, mówiąc, że masa wahadła powinna być możliwie luźno związana z otaczającą ją częścią ziemi (ścia-



nami gmachu, fundamentem i t. d.). Wskutek tego luźnego związku, gdy ziemia drży, wahadło pozostaje niemal w spoczynku, lub uczestniczy w drganiu w słabym tylko stopniu, ponieważ zaś obserwator drży razem z ziemią i ruchu swego nie odczuwa, przeto w nieruchomości wahadła znajduje odwrotny niejako obraz swojego ruchu; innemi słowy dostrzega on, iż drży wahadło. Słowo „dostrzega“ jest przesadą, drganie to byłoby niewidoczne, gdyby nie było powiększone zapomocą odpowiednich urządzeń mechanicznych, które służą do dokonania właściwego zapisu, czyli sejsmogramu, otrzymanego bądź piórkiem na papierze, bądź promieniem światła na kliszy fotograficznej.

Badania sejsmograficzne pokazały, że fale sejsmiczne są trojakiemu rodzaju, mianowicie: podłużne, analogiczne do fal głosowych w powietrzu, poprzeczne, podobne do fali odkształcenia, rozchodzącej się naprzykład wzdłuż wstrząsanego długiego pręta. wreszcie powierzchniowe, czyli prawdziwe drgania gruntu, wykazujące pewną, daleką zresztą, analogję do fal wodnych. Fale podłużne i poprzeczne rozchodzą się poprzez masę ziemi; źródłem powierzchniowych, rozchodzących się po powierzchni ziemi, jest epicentrum. Najpierw nadbiegają fale podłużne, których prędkość jest największa, później poprzeczne — są to tak zwane zwiastuny trzęsienia ziemi — na ostatku przebiegają fale powierzchniowe, dające obraz właściwego trzęsienia ziemi w okolicy epicentrum. Ponieważ prędkość każdego typu fal jest znana, przeto na podstawie względne-

go opóźnienia trzech typów możemy wywnioskować, jak daleko znajduje się trzęsienie ziemi.

Nie należy jednak sądzić, że sejsmografy służą tylko do odbierania wieści o położeniu i rozmiarach trzęsienia ziemi. Są one w rękach geofizyka potężnym sposobem badania budowy wnętrza ziemi. Jeżeli stacja położona jest w okolicy punktu przeciwległego ognisku, fale dobiegają do niej poprzez całą ziemię. Badanie zapisów w tych przypadkach udowodniło, że środkowa część ziemi, t. zw. jądro nie przepuszcza fal poprzecznych — a ponieważ fale poprzeczne rozchodzą się tylko w ciałach stałych, przeto wnioskujemy, że jądro ziemi znajduje się w stanie płynnym. Wymieniłem oczywiście tylko jeden z powodzi faktów, które zawdzięczamy sejsmometrii. Nawet trzęsienia ziemi mogą być pożyteczne.

W ostatnich latach skuteczność metod sejsmograficznych została wykorzystana w inny, bardziej bezpośrednio praktyczny sposób. Chcąc zbadać strukturę geologiczną gruntu, wytwarzamy sztuczne trzęsienia ziemi, t. j. eksplozje i odbieramy „wieść“ o nich zapomocą szeregu czułych sejsmografów, rozmieszczonych w dość znacznym promieniu dookoła miejsca wybuchu. W ten sposób zdobywamy cenne wiadomości, dotyczące np. złóż solnych lub źródeł nafty.

Rozwój metod sejsmograficznych posiada przeto wielkie znaczenie naukowe i przemysłowe i dlatego należy ubolewać nad tem, że Polska nie posiada dotąd stacji sejsmograficznej.

## GWIAZDY

Niebo gwiazdziste jest jednym z najpiękniejszych widoków natury, zwłaszcza w pogodną, mroźną noc zimową, kiedy gwiazdy błyszczą mocno i wyraźnie i kiedy widzimy ich znacznie więcej, niż w innych warunkach. Widok ten zachwyca ludzkość od wieków i działa w najwyższym stopniu na umysł i wyobraźnię. Jest klasycznym źródłem natchnienia poetów; oddźwięk jego znajdujemy w podaniach mitologicznych i wierzeniach religijnych. Od niepamiętnych czasów ludzkość sili się nad zrozumieniem znaczenia tego mnóstwa światełek zawieszonych nad jej głowami. Pierwszy naiwny sposób interpretacji gwiazd polega na uzupełnianiu wyznaczonych przez ich grupy konturów obrazami, które czynią z nich uproszczoną do ostatecznych granic idealizację zdarzeń w świecie bohaterów i bogów. W ten sposób powstały nazwy t. zw. konstelacyj; z każdą z nich związany jest jakiś określony mit i jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że dla Greków, przynajmniej w okresie poprzedzającym powstanie nauki i filozofji, niebo gwiazdziste było nie tylko ilustracją ich podań, rodzajem dostępnego wszystkim obrazkowego podręcznika mitologii, lecz, że wierzyli oni, iż istotnie bohaterskie czyny Perseusza lub tragiczne losy Andromedy uwiecznione zostały na niebie w postaci realnej — jeżeli



wolno mówić o realizmie w czasach, w których rzeczywistość splatała się w jedną całość z bajką.

Ale czasy bajeczne się skończyły i dzisiaj nauka snuje nam swą baśń o gwiazdach, opartą na liczbach i precyzyjnych pomiarach, a jednak piękniejszą od wytworów poetyckiej wyobraźni. Zaczniemy przeto od liczby i zastanowimy się nad pytaniem ile jest gwiazd. Chociaż liczba ich wydaje się nieopisanie wielka, to jednak w rzeczywistości dostrzegamy gołym okiem tylko kilka tysięcy gwiazd. Liczba ta wzrasta niepomieranie, gdy słabym naszym zmysłem dopomożemy narzędziami optycznymi. Historia astronomji jest jaknajściślej związana z doskonaleniem się lunet i teleskopów. Począwszy od Galileusza, który z pomocą wynalezionej przez siebie lunety odkrył mnóstwo gwiazd w Drodze Mlecznej, każde nowe narzędzie astronomiczne pomnaża wielokrotnie liczbę gwiazd dostępną obserwacji; można powiedzieć, że świat gwiazdny rozrasta się, olbrzymieje wraz z postępem sztuki sporządzania teleskopów. Przez największy teleskop dziś istniejący, umieszczony w obserwatorium Mount Wilson w Ameryce dostrzegamy już nie miliony, lecz miljardy gwiazd, ale na tem nie kończą się nasze roszczenia; w Ameryce budowany jest obecnie teleskop, którego zwierciadło — oko olbrzyma—posiadać będzie średnicę 5 metrów.

Powiedziałem, że Galileusz odkrył gwiazdy w Drodze Mlecznej. Wszyscy podziwiamy tę piękną wstęgę o mglistem, tajemniczem świetle i skłonni bylibyśmy uważać ją za twór odrębny od zespołu

gwiazd. Tymczasem jest odwrotnie. Błędem jest mówić, że istnieją gwiazdy widzialne oraz Droga Mleczna, ponieważ gwiazdy widzialne są częścią drogi Mlecznej. W istocie w tej części Wszechświata, do której należy nasz układ słoneczny, gwiazdy rozrzucone w olbrzymich odległościach od siebie, tworzą układ, mający w przybliżeniu kształt soczewki; słońce znajduje się bliżej środka, niż brzegów. Ponieważ soczewka jest spłaszczona, oko nasze zwrócone w kierunku jej grubości dostrzega poza gwiazdami przestrzeń wolną, a przynajmniej taką, w której gwiazdy rozrzucone są dość rzadko. Gdy natomiast spoglądamy w kierunku brzegu soczewki, brzeg ten musi się nam przedstawić w postaci zagęszczenia gwiazd; im dalej, tem oddzielne gwiazdy stają się słabsze i mniej widoczne, aż wreszcie zlewają się pozornie w słabo świecący pas mglisty.

Jaką miarą zmierzymy soczewkę Drogi Mlecznej, czyli jak mówią astronomowie, galaktykę? Nic nam po kilometrach, otrzymalibyśmy liczby oszołamiająco wielkie, nic nie mówiące wyobraźni. Nawet promień orbity ziemskiej równy 150 miljonom kilometrów jest znikomo mały wobec rozmiarów galaktyki. Miarę odległości gwiazdnych zawdzięczamy temu samemu zjawisku, bez którego nicbyśmy o gwiazdach nie wiedzieli; światłu. Jednostką astronomiczną jest rok świetlny, droga, którą światło przebywa w ciągu roku, t. j. około 10 miljonów kilometrów. Najbliższa gwiazda jest oddalona od nas o 5 lat świetlnych; średnica galaktyki wynosi około 100 tysięcy lat świetlnych. Znaczy to, że oglądamy

gwiazdy nie takie, jakimi są, lecz jakimi były w zamierzchłej przeszłości; dochodzące nas światło poczęte było w niektórych gwiazdach w chwili, kiedy człowieka nie było jeszcze na ziemi.

Zdawałoby się, że te wiadomości o galaktyce pouczają nas o tem, jak olbrzymi jest Wszechświat. Złudzenie! Sama galaktyka jest drobnym punkci-kiem we Wszechświecie. Poza jej granicami telesko-py odkrywają mnóstwo bladych mgiełek, zwanych mgławicami. Każda mgławica jest układem gwie-zdnym, podobnym galaktyce; w najbliższych tylko możemy rozróżnić zapomocą najpotężniejszych współczesnych narzędzi oddzielne gwiazdy. Naj-bliższą mgławicę oddaloną tylko o miljon lat świetl-nych dostrzegamy gołym okiem w gwiazdozbiorze Andromedy; najdalsze oddalone są od nas o setki miljonów lat świetlnych. Każda z nich składa się, okrągło biorąc, ze stu miliardów gwiazd, liczbę mgławic astronomowie szacują na setki miliardów, chociaż obserwacji dostępne jest zaledwie kilka mil-jonów.

Wszystko to ma smak nieskończoności i może się wydać dziwne, że mówię o olbrzymiej, coprawda, lecz bądź co bądź *liczbie* mgławic, tak jakgdyby Wszechświat miał się gdzieś kończyć. A jednak ta-ki jest zdumiewający wniosek, do którego prowadzą nowoczesne badania i teorie. Jednakże tej skończo-ności Wszechświata nie możemy sobie wyobrazić w postaci np. pokrywy kulistej, poza którą nic nie istnieje. Geometria Wszechświata jest szczególna, odmienna od tej, której uczyliśmy się w szkole.



Gdybyśmy wyruszyli w przestrzeń i szli wprost przed siebie, z prędkością światła, powrócilibyśmy na miejsce po wielu miliardach lat. Przyzwyczajeni do świadectwa naszych zmysłów, musimy twierdzenie takie uważać za dziwaczne; pewne wyobrażenie o stosunkach geometrycznych Wszechświata może nam dać fakt, że wyruszając prosto przed siebie na ziemi, powracamy do punktu wyjścia. Możemy powiedzieć, że Wszechświat jest skończony, ale nieograniczony, podobnie jak ziemia, chociaż ma wymiary skończone, nie „kończy” się nigdy przed wędrowcem.

Baśń nauki o Wszechświecie zdumiewa nas nie tylko tem, że mówi o rzeczach olbrzymich, lecz również i tem, że są one niesamowite. Trudno jest nam pojąć tę skończoność, która nie ma granic. Tak czy inaczej nauka pozwala nam mówić o rozmiarach Wszechświata, rozumiejąc przez to, np. drogę, którą promień światła, wybiegły z określonego miejsca, zakreśliłby, wracając do swego źródła. Najciekawsze jest jednak to, że określone w ten sposób rozmiary Wszechświata nie są stałe, lecz nieustannie rosną i to z zawrotną szybkością.

Astronomowie zauważyli, że mgławice pozagalaktyczne uciekają od nas, oddalają się od naszej galaktyki z prędkością tem większą, im bardziej są oddalone: mgławice położone tak daleko, że nawet ów olbrzym na Mount Wilson z trudem je dostrzega, pędzą z prędkością nie do uwierzenia wielką, 20 tysięcy kilometrów na sekundę. Wyliczono że rozmiary Wszechświata podwoją się w bardzo

krótkim czasie, bo po upływie... miljarda lat. Jeszcze parę „takich chwil“ a Wszechświat będzie pusty: dokoła naszej galaktyki nie będzie innych mgławic.

Mogę jednak uspokoić Czytelnika, że nawet ta groźna niedaleka przyszłość nie pozbawi go, lub jego, powiedzmy delikatnie, wnuków, rozkoszy oglądania nieba gwiazdzistego. Uciekanie mgławic jest, jak tego dowiódł uczony ksiądz belgijski Lemaitre, wynikiem struktury geometrycznej Wszechświata; teoria ta jest konsekwencją i rozwinięciem teorii względności Einsteina. Nie dotyczy ona jednak wewnętrznej budowy żadnej z galaktyk. Galaktyki uciekają od siebie, ale każda z nich zachowuje rozmiary niezmiennie.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Czytelnik, interesujący się bliżej tym przedmiotem, zechce przeczytać książkę J. N. Jeansa p. t. „Niebo“, lub w książce „Od gwiazdy do atomu“ artykuł Prof. J. Weysenhoffa „Geometria Wszechświata“ oraz Prof. Cz. Białobrzeckiego „Budowa i ewolucja gwiazd“.

## Ś N I E G

Śnieg — nadzieja rolników, śnieg — uciecha miłośników nart i bobsleigha, śnieg — zawada ruchu miejskiego, manna dla bezrobotnych, bezlitośnie wyprzątany ku utrapieniu sankarzy — bawi nasz wzrok, zajmuje naszą uwagę przez krótkie chwile okresu zimowego, poczem zapominamy o nim; obchodzi nas, jak „zeszłoroczny śnieg“. A jednak nie należy lekceważyć roli śniegu w gospodarce natury; oczywiście, rozpatrując zagadnienie w całości, musimy pamiętać, że śnieg jest tylko jedną z postaci lodu. Oto co pisze znakomity badacz, podróżnik podbiegunowy, prof. A. B. Dobrowolski w przepięknem swem dziele: „Historja Naturalna Lodu“;

„Pośród twardych składników powierzchni globu i atmosfery lód jest najpowszechniejszy. Same tylko lodowce zajmują obszar zgorą 15 milionów kilometrów kwadratowych, co stanowi około 3 proc. całej powierzchni ziemskiej, około 10 proc. ogólnej powierzchni lądowej; wszak cała jedna część świata, Antarktyda, obszarem równa Europie i Austrii razem wziętym, zatopiona jest jedną spójną falą kryształną — jedną skałą lodową. W porze chłodnej, lądy na obu półkulach, północnej i południowej, aż do granic strefy cieplej, bieleją szatą śnieżną, efemeryczną w krajach umiarkowanych, zarówno, jak w tych obszarach polarnych, gdzie nie-





Najdoskonalej symetryczne gwiazdki śniegu



Gwiazdka



Błaszka

masz lodowców. W tych zaś obszarach, bardzo rozległych, grunt do pewnej głębokości, zależnej od temperatury rocznej, pozostaje wiecznie przemarzły, odmarzając jedynie z wierzchu podczas krótkiego lata.... Równiny wyziębione przez promienowanie, przedzierzgają się w błonia lodowe, w postaci zamrozu. Deszcze przechłodzone lub prądy cieplejsze parnego powietrza, napływające na wyziębioną uprzednim mrozem ziemię, oblepiają powierzchnię skorupą gołoledzi, w przechłodzonych zaś mgłach przedmioty pokrywają się florą szronów.

„Morza podbiegunowe wiecznie pokryte są groźną dla podróżników, ruchomą łuską lodową. Wody na łądach polarnych, subpolarnych i strefy umiarkowanej skute bywają przez zimę spójną pokrywą z lodu. Bystre lub wichurą niepokojone strumienie i rzeki w porze mrozów niosą w swych nurtach, nawskroś przechłodzonych, gęsty muł lodowaty — sryż — i wyrabiają pokłady gąbczaste, częstokroć potężne, lodu dennego. Wreszcie w powietrzu, na różnych piętrach, aż do 11 kilometrów wzwyż — aż do górnej granicy „naszej“, ziemskiej powłoki gazowej, „troposfery“ — wszędzie i zawsze zawieszony jest pył krystaliczny, niewidoczny, lub też zgęszczony w mgły lodowe i w chmury lekkie, bielejące na niebie w postaci rozległych płaszców, spójnych lub poszarpanych, bądź też cięższe, ziejące śniegiem, krupami, gradem“.

Z tego rozległego kompleksu zagadnień, wy-

bieram jako temat pogawędki — gwiazdkę śniegu.

Śnieg składa się z maleńkich kryształów lodu, powstających w atmosferze, we wstępującym w górne warstwy prądzie zimnego, wilgotnego powietrza, ochładzającego się wskutek nagłego spadku ciśnienia do temperatury poniżej zera. Rozmiary tych kryształów są naogół niewielkie, conajwyżej do kilku milimetrów, ponieważ zimne powietrze nie może zawierać dużo wilgoci. Niewątpliwie każdego zastanowić musi, dlaczego śnieg tak bardzo różni się od lodu. Lód jest przezroczysty, śnieg—biały, lód—twardy, śnieg — miękki, lód ma gęstość zbliżoną do wody (choć jest od niej lżejszy); śnieg jest lekki jak puch. Wszystkie te różnice stają się zrozumiałe, gdy spojrzymy na gwiazdkę śniegu, przedstawiającą się najczęściej w postaci delikatnych piórek rozchodzących się z jej środka w sześciu kierunkach, tworzących ze sobą równe kąty po 60 stopni. Można poprostu powiedzieć, że śnieg ma własności puchu, ponieważ składa się z piórek. Dodajmy, że tej strukturze puszystej, ogromnej ilości powietrza, uwięzionej pomiędzy gwiazdkami i ich ramionami, śnieg opadły zawdzięcza swą najcenniejszą dla rolnictwa własność, złe przewodnictwo ciepła. Badania meteorologów pokazały, że w ciągu mroźnej zimy temperatura na dnie grubej warstwy śniegu może być o 10 stopni wyższa, niż temperatura nagiej ziemi, wskutek czego grunt pokryty śniegiem nie przemarza tak głęboko, jak w miejscach nieosłoniętych.



Gwiazdka śniegu zachwyca nas swoją regularnością, bogactwem swych deseni. Oddajemy tu znowu głos prof. Dobrowolskiemu:

„Na jednej prostej, a sztywnej kanwie o trzech niezmiennych kierunkach, o kątach  $60^\circ$  i  $120^\circ$ , mistrzowska dłoń natury, niewyczerpana w swej pomysłowości, dzierga wciąż nowe kompozycje, tworząc za każdym razem oryginalny, pełny artyzmu klejnot, efemeryczne arcydzieła sztuki jubilerskiej, których zaledwie liche, płaskie i szare podobizny odtwarzać mogą fotografje, nie oddając ani kryształnej przejrzystości materiału, ani wejrzenia wgłąb trzeciego wymiaru, ani djamentowych blasków“.

Gwiazdce śniegu zawdzięczamy powstanie krystalografji. Harmonja praw natury jest równie zadziwiająca w rzeczach najmniejszych i największych i dlatego wysoce znamienne jest, że autorem pierwszej rozprawy krystalograficznej, p. t. *De nive hexagonalii* (O śniegu sześciokątnym) jest Kepler, słynny astronom, odkrywca praw obiegu planet dokoła słońca.

Śnieg niezawsze składa się z gwiazdek; czasami występują blaszki sześciokątne, czasem formy mieszane (patrz rys. \*). Charakterystyczną jego cechą jest, że należy do odmiany trójkątnej układu sześciokątnego, to znaczy, że w lodzie (musimy tu użyć nazwy substancji, nie zaś jej odmiany) równoważne są trzy kierunki, tworzące ze sobą kąty po  $120$  stopni. Czasami spotyka się istotnie blaszki trójkątne, jednakże zwyczajem często praktykowanym w naturze, lód z upodobaniem „symuluje“ dosko-

nalszą formę symetrii, do złudzenia naśladuje kryształ sześciokątne. Nadzwyczaj ciekawe jest pytanie, jakie są warunki powstawania blaszek, jakie — gwiazdek.

Z podstawowej własności lodu — równoważności teoretycznej trzech, a w praktyce, jak już wiemy, najczęściej sześciu kierunków, wynika, że tworzący się kryształek śniegu chwyta parę, rozrasta się jednocześnie w sześciu kierunkach. Jeżeli pary jest mało, rozrost jest powolny, w kryształ wypełnia się przestrzeń między 6 kierunkami zasadniczymi, tworzą się blaszki. Jeżeli jednak powietrze jest bardzo wilgotne, pokarm nader obfity, wzrost w sześciu kierunkach jest cechą dominującą: kryształ strzela wprost promieniami gwiazdy, nie mając czasu na wypełnienie luk między niemi. Gdzieś po drodze strzelającej gałązki, następuje chwila wytchnienia, substancja przypomina sobie, że jest sześciokierunkowa, w miejscach postoju zaczyna się pączkowanie i wyrastają gałązki boczne. Ten sam proces powtarzający się na pędach wtórnych, w nieskończonej liczbie odmian, tłumaczy nam różnorodność form obserwowanych.

Ale największym cudem jest, że każde ramię gałązki rozwija się w ten sam sposób; postój, pączkowanie, rozrost, znowu postój i t. d. obejmują solidarnie, jak pod nakazem niewzruszonego prawa, wszystkie ramiona gwiazdki w dokładnie odpowiadających sobie miejscach. To niewzruszone prawo nazywa się prawem symetrii, tej samej symetrii, która występuje w kształtach zwierzęcych i roślin-

nych i nakazuje naszej prawej ręce, by *wiedziała*, co czyni lewa. Pomimo wielkich wysiłków matematyków i fizyków, nie umiemy dotąd wytłumaczyć symetrii, musimy raczej upatrywać w niej jedno z podstawowych praw natury.

Ale piękno śniegu jest nie tylko geometryczne, jest źródłem natchnienia nie tylko dla uczonych. Nie mogę oprzeć się przyjemności zacytowania raz jeszcze słów Dobrowolskiego — poety:

„Gdy śniegu jeszcze jest mało, a śnieg jest sypki, przez wiatr miotany, podkreślają się wszelkie szczegóły, najdrobniejsze nawet, stylizowane w kształt zasp i wydmuchów, wydm poprzecznych i wydm podłużnych: obraz powierzchni wydaje się wtedy nadzwyczaj w formy bogaty, urozmaicony, rojąc się od szczegółów, którychby bez śniegu nigdy się nie zauważyło, a jednocześnie ujawniający tych niezliczonych szczegółów określony układ, porządek. Gdy śniegu jest już dużo, wtedy przeciwnie, zaciera on szczegóły rzeźby, podkreślając natomiast zasadnicze linje układu powierzchni, oraz tych linii swoistość, stylizując i „uogólniając“ — jak mówią malarze — wklęsnięcia i wypukłości, i to tylko większe, zaznaczając czarnymi plamami strome zbocza i szczyty. Dlatego to dany krajobraz częstokroć piękniejszy nam się wydaje pod śniegiem: śnieg ułatwia nam odczucie związku harmonji, jedności kształtów powierzchni“.



## POCZĄTEK ŚWIATA

Pytanie, jaki był początek świata, zadaje sobie ludzkość od wieków, a nie mogąc znaleźć odpowiedzi, domaga się jej od filozofów i uczonych. Właściwie o filozofach należałoby mówić w czasie przeszłym, bo dzisiaj „filozof“ znaczy co innego, niż dawniej, kiedy nie było wyraźnego rozgraniczenia między nauką i filozofją. Filozofowie usiłowali odsłonić zagadkę początku i końca świata drogą rozumowania metafizycznego, uczeni posługują się metodą fizyczną. Byłoby zupełnie bezprzedmiotowe zastanawiać się nad tem, która metoda jest lepsza, ponieważ nie mamy żadnego sposobu sprawdzenia słuszności tego czy innego przedstawienia sprawy. Należy powiedzieć prosto, że każda epoka ma swoje sposoby, jakgdyby obowiązujący kodeks intelektualny w sprawach najwyższej wagi. Nasz kodeks „naukowy“ polega na traktowaniu całego procesu „przy drzwiach otwartych“, na ujawnianiu wszystkich poszlak i gruntownem sprawdzeniu wszystkich wniosków.

Ale gdzie leży prawda? Nie wiemy, znamy tylko dążenie do prawdy i nieustanny pochód do tego szczytnego ideału.

Myśląc o początku świata, można najpierw ograniczyć się do początków układu słonecznego, a potem zastanawiać się nad powstaniem słońca i gwiazd. Ale na tem nie kończy się zagadnienie,

gdyż gwiazdy łączą się w olbrzymie rodziny. Oczom naszym dostępna jest bezpośrednio tylko nasza rodzina, t. zw. galaktyka, czyli układ Drogi Mlecznej. Ale nowoczesne teleskopy ujawniły egzystencje miliardów takich rodzin, rozsianych w przestworzach, dostrzegalnych jako t. zw. mgławice pozagalaktyczne. Mgławice te dostarczają obfitego materiału do roztrząsania zagadnień kosmogonicznych. Rozpatrzmy je w wymienionej wyżej kolejności, t. j. zaczynając od układu słonecznego.

Ta strona zagadnienia łączy się z pytaniem o wielość planet zamieszkałych. W zeszłym stuleciu przyjęta była kosmogonia Laplace'a, według której powstawanie planet byłoby zjawiskiem dość powszechnem. Według tej hipotezy np. nasz układ słoneczny był dawniej rozlany w postaci rozrzedzonej masy, wypełniającej całą przestrzeń, w której obecnie poruszają się planety, masy wirującej dookoła swego środka. Z tej masy wskutek jej kurczenia się i związanego z tem wzrastania prędkości obrotu miało powstać z jednej strony słońce, z drugiej strony, planety.

Mniejsza o to, w jaki sposób hipoteza Laplace'a wyobraża sobie tę genezę, gdyż wspominamy ją tylko z obowiązku. Dzisiaj patrzymy na te sprawy inaczej. Według obecnego poglądu, słońce nie zawsze miało zaszczyt ogrzewania i oświetlania ziemi, a nawet poważnie groziło mu to, że nigdy nie będzie miało do spełnienia tej ważnej funkcji. Tułało się po przestworzach samotnie. W pewnym jednak okresie zbliżyła się do niego jakaś inna ol-

brzymia gwiazda. Pod wpływem jej przyciągania ze słońca wyrwana została cała materja, z której powstały planety. Materja ta miała kształt, jakby wielkiego cygara, łączącego na pewien czas obie gwiazdy. Gdy przybysz oddalił się, cygaro rozpadło się na kule różnej wielkości, największe w części środkowej, małe przy końcach. Dlatego małe planety (Merkury, Wenus) są najbliżej i (Neptun, Pluton) najdalej słońca, a większe (ziemia, Mars, Jowisz, Saturn) w środku.

Według tej teorii, powstanie planet jest zjawiskiem wyjątkowem w historii gwiazd, gdyż gwiazdy są rozsiane bardzo rzadko, i naogół nie zbliżają się do siebie. W ten sposób odzyskuje pewne znaczenie pogląd o wyjątkowej roli we Wszechświecie ziemi i człowieka. Byłoby lekkomyślne twierdzić, że ziemia jest jedynem zamieszkałym ciałem niebieskiem, ale według wszelkiego prawdopodobieństwa, ma bardzo mało godnych siebie rywali. Muszę się zresztą zastrzec, że są to wszystko tylko hipotezy, coprawda poparte całym arsenałem dowodów fizycznych, astronomicznych i matematycznych, ale bądź co bądź nie dające pewności absolutnej.

Ta zmienność poglądów kosmogonicznych każe nam przypuszczać, że przyszłe pokolenia, a może nawet przyszłe lata przyniosą nam inną jeszcze jakąś hipotezę. Naturalnie nie trzeba sądzić, że są to dowolne spekulacje. Przeciwnie, są one zawsze logiczną konsekwencją całego stanu naszych wiadomości o świecie, a jeżeli się zmieniają, to tylko dlatego, że również zmienia się, rozszerza i pogłębia



cała wiedza astronomiczna. W tym sensie mamy prawo twierdzić, że nowa hipoteza lepsza jest od dawnej. W tej nowej hipotezie prawdopodobna rzadkość ośrodków życia ma posmak szczególny; uderzające jest wyobrażać sobie, że w całym olbrzymim wszechświecie jest zaledwie kilka tu i ówdzie rozsianych punkcików, w których koncentruje się świadomość, a wraz z nią myśl o pochodzeniu i losach wszechświata.

Nie mówiliśmy nic jeszcze o powstaniu gwiazd i ich zbiorowisk, czyli układów galaktycznych. Wyobrażamy sobie, że na początku „początków“ cały wszechświat wypełniony był jednolicie rozrzedzoną masą, która następnie pod wpływem siły ciężenia rozdzieliła się na oddzielne obszary, tworząc mgławice, które zaczęły się skupiać i wirować. Później w każdej mgławicy nastąpił proces wyodrębniania się miliardów mniejszych mgławic; dalsze zagęszczanie się tych mniejszych mgławic doprowadziło do powstania gwiazd. Ta hipoteza znajduje pewne poparcie w obserwacji mgławic paragalaktycznych, gdyż niektóre posiadają, jak się wydaje, cechy pośrednie między pierwotną rozproszoną, jednorodną mgławicą, a układem galaktycznym, składającym się z oddzielnych gwiazd.

W toku tego artykułu wspomnieliśmy kilkakrotnie o ruchu wirowym. Obrót odgrywa olbrzymią rolę we wszechświecie. Planety obracają się dokoła siebie i dokoła słońca, słońce wiruje samo dokoła swego środka; gwiazdy podwójne obracają się jedna dokoła drugiej; galaktyka, jako całość ożywiona

## POCHWAŁA FIZYKI

jest ruchem obrotowym. Nasuwa się żartobliwa refleksja o fantastycznej cyfrze... podatku obrotowego Wszechświata. Ale bardziej na miejscu będzie uwaga, że znaczenie ruchu obrotowego wynika stąd, iż zabezpiecza on trwałość form Wszechświata: trwałość ziemi, układu słonecznego, gwiazd podwójnych, galaktyki. A jednak studjum o budowie Wszechświata nie może nosić dzisiaj tego samego tytułu co dzieło Kopernika: *De revolutionibus orbium coelestium*. W istocie oprócz ruchu obrotowego istnieje inna, również uniwersalna forma ruchu, która, jak wynika z najnowszych badań, decyduje o losach Wszechświata: mam tu na myśli rozszerzanie się Wszechświata, wzajemne oddalanie się jego części.



## POTĘGA KRÓLA SŁOŃCA

Królu Słońce! Zamierzam zanalizować Twój majestat. Chcę zbadać moc i rozległość Twojej potęgi, sięgnąć zuchwale do Twego życia prywatnego, do Twojej przeszłości, a nawet do Twego horoskopu na przyszłość. Czynię to, ponieważ Twoi poddani zobojętnieli w stosunku do Ciebie. Otoczeni niezliczonymi surogatami Twojej władzy, które stworzyli na Twój obraz i podobieństwo, zapomnieli o Tobie. Nie oddają Ci, jak ongi, czci należnej bogowi; nie święcą uroczystymi obchodami zwrotnych momentów Twojego roku — chyba, że zechcesz w ich obecnych świętach dopatrzeć się śladów minionego kultu; nie składają Ci ofiar, chyba, że za akt całopalenia zechcesz uważać te tysiące nagusów, opalających się na plażach całego świata. Przypomnijmy przeto niewdzięcznej i śmiertelnej braci Twoje dobrodziejstwa.

Słońce jest rozżarzoną olbrzymią kulą gazową. O jego kształcie kulistym przekonywa nas fakt, iż o każdej porze dnia i roku przedstawia się w postaci koła tak idealnie dokładnego, że, jak o tem świadczą najnowsze prace nad początkami geometrii (referat p. A. Hertzówny na Zjeździe Historyków), poznanie koła i jego własności, zawdzięczamy próbom odrysowania tarczy słonecznej, przedsięwziętym 6.000 lat temu w Mezopotamji w celach



religijno-mistycznych przez najstarsze cywilizowane ludy świata.

Zauważyć należy, że gdyby słońce było krążkiem lub soczewką, musiałyby w niektórych przynajmniej momentach przedstawiać się w formie elipsy lub owalu. Doskonale kolisty krąg tarczy słonecznej zajmuje nie do uwierzenia małą część sklepienia niebieskiego. Promienie, idące od naszego oka do jego brzegów, tworzą ze sobą kąt, wynoszący  $\frac{1}{2}^{\circ}$ , to znaczy, że pozorna średnica słońca wynosi zaledwie 2 mm. (pozorną wielkością nazywamy wielkość przedmiotu, który umieszczony w odległości najlepszego widzenia, t. j. 25 cm. wyglądałby tak samo wielki jak słońce).

A jednak ten malutki punkcik jest źródłem wszelkiej zmienności zjawisk i wszelkiego życia na ziemi. Promieniowanie słoneczne przybywa do nas osłabione przez absorpcję atmosferyczną; na krańcach atmosfery, na każdy cm. kw. słońce w zenicie śle w każdej minucie 2 kalorie, t. j. ilość energii, wystarczającą do ogrzania o 1 stopień dwu gramów wody. Do powierzchni ziemi dociera mniej więcej połowa tej energii.

Obliczona na całą ziemię, energia ta wynosi około 100 ~~miljonów~~ milionów kilowatów. Już sam dobór tych jednostek oznacza, że chcemy energję dostarczoną przez słońce oceniać z punktu widzenia potrzeb „naszego domu“, t. j. ziemi i jej mieszkańców.

W tem antropomorficznem ujęciu zagadnienia energia słoneczna „służy“ przedewszystkiem do te-

go, by wytworzyć na ziemi temperaturę, w której istnieć może człowiek i inne żywe istoty. Promieniowanie słoneczne jest źródłem energii wszystkich niemal zjawisk, zachodzących w przyrodzie ziemskiej, zarówno ożywionej, jak i nieożywionej (jedyne wyjątek stanowi energia wulkanów, trzęsien ziemi i częściowo przypływów i odpływów).

Ciekawe jest, że ziemia spożytkowuje w ten sposób tylko drobny ułamek energii słonecznej. Stosunkowo najwięcej „konsumujemy“ pod postacią energii wód: deszczów, wodospadów, rzek, energii wiatrów oraz aktywności roślin, które przetwarzają energję promieniowania w energję chemiczną wzrostu.

„Surogaty słońca“, o których mówiłem na wstępie, czyli urządzenia specjalne, służące do eksploatacji źródeł energii zużywają, jak wiadomo, jej część nagromadzoną przed wiekami w formie energii chemicznej roślin (paliwo stałe i ciekłe). Jeżeli uwzględnimy okoliczność, że wszystkie te urządzenia razem wzięte posiadają moc kilkuset milionów kilowatów, widzimy, w jak nikłym stopniu korzystamy z dostarczanych nam miliony razy obfitszych dóbr.

Mówiłem dotąd o słońcu, jako o źródle energii. Energia ta przybywa w postaci promieniowania, którego znaczna część jest widzialna; jest światłem. Zauważmy, że promieniowanie staje się światłem nie wskutek jakichś swoich obiektywnych, fizycznych właściwości, lecz poprostu dlatego, że działa na nasze organy zmysłowe. Innymi

słowy, istoty żywe zamieszkujące ziemię nie tylko zasilają wszystkie swe procesy życiowe energią słoneczną, lecz ponadto, przez zadziwiający proces twórczego przystosowania biologicznego, zdołały wytworzyć w sobie wrażliwość na promieniowanie. Ta wrażliwość jest potężnym orężem w walce o byt, umożliwiającą orientację w przestrzeni i możliwość wykonywania ruchów celowych. Nie jest przypadkiem, że wrażliwość oka ludzkiego (a zapewne i innych zwierząt) ograniczona jest tylko do odmian promieniowania, „zawartych“ między czerwienią i fioletem, gdyż te odmiany właśnie najobficiej reprezentowane są w promieniowaniu słonecznym.

Jednakowe jest pochodzenie słów „świat“ i „światło“; ta etymologja, sięgająca zamierzchłej przeszłości języka, jest hołdem, złożonym słońcu, które „świeci światu“. Ale zrodzona przez światło dzienne potrzeba oglądania świata nie znika z zachodem słońca; stwarzamy „świece“, surogaty świecącego słońca. Porównajmy te miniaturowe kopje z ich pierwowzorem. Jasność słońca na krańcach atmosfery wynosi 360.000 świec na centymetr kwadratowy. Łatwo stąd wyliczyć, że słońce posiada tę samą jasność, co lampa o sile 200.000 świec umieszczona w odległości 1 metra.

Na powierzchni ziemi blask słońca jest nieco mniejszy: odpowiada lampie o sile 100.000 świec. Taką zatem lampę musielibyśmy rozpaścić w mieszkaniu, aby noc zrównała się z dniem „najświecniejszym“. Dodaję to określenie, ponieważ porównanie nasze dotyczy słońca na zenicie, t. j. takiego, jakie



obserwujemy w strefie podzwrotnikowej w południe, przytem gdy atmosfera wyjątkowo jest czysta.

Nam, mieszkańcom strefy umiarkowanej, wystarczyłoby do wytworzenia złudzenia pełnego blasku słonecznego lampa kilkakrotnie skromniejsza. Dodajmy, że mieszkania nasze najczęściej oświetlane są światłem rozproszonem, które jest około 10 razy słabsze. Godna uwagi jest rozległość skali oświetlenia, do której jest przystosowane nasze oko. Księżyc świeci około miliona razy słabiej, niż słońce, a przecież w pełni księżyca możemy nawet czytać.

Znając ilość i jakość światła słonecznego, możemy wyznaczyć temperaturę jego powierzchni: wynosi ona 6000°. Wnętrze słońca jest bez porównania gorętsze; temperatura w okolicy jego środka wynosi 40 milionów stopni. Wyobraźmy sobie, że jakiś kataklizm zdarłby na chwilę zewnętrzne warstwy słońca; promieniowanie wnętrza wówczas „uśmierciłoby“ ziemię, zamieniając ją na rozżarzoną kulę gazową. Wysoka temperatura wnętrza jest zupełnie zrozumiała; słońce wystygłoby w bardzo krótkim czasie, gdyby nie zawierało w sobie olbrzymich zapasów ciepła.

Astronomowie wyliczyli jednak, że samo ciepło wnętrza nie wystarczyłoby do podtrzymania promieniowania w ciągu dłuższego czasu. Ziemia istnieje około 2 miliardów lat, a wiek słońca jest napewno wiele razy większy. Słońce jest piecem, który jest opalany od wewnątrz. Pytanie na czem polega mechanizm podsycania jego żaru — zajmuje

## POCHWAŁA FIZYKI

uczonych oddawna, a chociaż nie jest jeszcze rozstrzygnięte definitywnie, wiemy z całą pewnością, że źródłem energii słonecznej są przemiany pierwiastków. Odkryciu promieniotwórczości zawdzięczamy poznanie faktu, że samorzutne przemiany pierwiastków (np. rozpad radu), wydzielają milion razy więcej ciepła, niż najbardziej intensywne reakcje chemiczne. Wnętrze słońca jest olbrzymim laboratorium alchemicznym, w którym unicestwiają się jedne, powstają inne pierwiastki. Ponieważ przemiany pierwiastków polegają na tym, że atomy jednych pierwiastków zamieniają się w atomy innych, możemy powiedzieć, że słońce opalane jest atomami. Paliwa tego w słońcu jest pod dostatkiem; na „najbliższe“ kilka miliardów lat możemy spokojnie patrzeć w przyszłość.

## WIEK ZIEMI

Zagadnienie wieku ziemi należy niewątpliwie do tych, które w wysokim stopniu interesować muszą każdego oświeconego człowieka. Wystarczy chyba powiedzieć, że wszystkie niemal systemy religijne zawierają jakieś podania o powstaniu ziemi; legenda taka z natury rzeczy łączyć się musi z temi lub innemi domniemaniami o starożytności ziemi.

Z punktu widzenia naukowego sprawa wieku ziemi interesuje oczywiście najbardziej geologów, posiada ona jednak również wielkie znaczenie dla astronomów, którzy usiłując sięgnąć w głąb dziejów Wszechświata opierają swe rozważania na najlepiej nam znanem ciele niebieskiem, t. j. ziemi.

Ściśle biorąc, przez wiek ziemi należałoby rozumieć czas, który upłynął od chwili oderwania się naszej planety od słońca. Wiemy jednak, że ziemia w początku swego istnienia była kulą ognistą gazową, później płynną; wreszcie, gdy temperatura jej obniżyła się w dostatecznym stopniu, pokryła się twardą skorupą i płynną szatą oceanów. Ten pierwszy niemowlęcy okres istnienia ziemi nie może być przedmiotem badania geologów, gdyż w stanie płynnym wszelka materja jest równomiernie wymieszana i żadne zdarzenie z tej epoki nie mogło zostawić po sobie śladów. Jesteśmy jednak w tem szczęśliwym położeniu, że trwanie okresu stygnięcia możemy wyliczyć na podstawie znanych nam



praw fizyki, tak, iż znając wiek skorupy ziemskiej, możemy rozwiązać w zupełności interesujące nas zagadnienie. Zresztą „niemowlęctwo“ ziemi było względnie krótkie, największą część swego życia ziemia przeżyła w stroju twardej skorupy.

Jak już zaznaczyłem trwaniem tego okresu zajmowali się oddawna geolodzy. Jak wiadomo ziemia doznawała w czasie tego okresu wielu daleko idących zmian, które w następujących po sobie etapach zmieniały jej oblicze do niepoznania. Pierwotne skały „ogniowe“ zastygłe bezpośrednio z płynnej masy ulegały wietrzeniu i rozkruszeniu przez działanie wód i klimatu; rozkruszona substancja osiadała na dnie oceanu, stawała się lądem, gdy oceany przesuwwały się na inne miejsca. W ten sposób powstały różne uwarstwienia, z których każde jest charakterystyczne dla jednej z minionych epok geologicznych. Geolodzy wiedzą w jakiej kolejności następowały po sobie te epoki; próbowali wyznaczyć trwanie każdej z nich różnymi metodami, np. mierząc grubość danej warstwy i wyliczając na podstawie pewnych hipotez czas potrzebny do utworzenia się na dnie morza osadu tej grubości. Otrzymywali jednak w ten sposób liczby niezgodne, co jest zrozumiałe wobec niepewności hipotez, na których się opierali. Można powiedzieć krótko, że bieg ziemi, obliczony geologicznie, był zbliżony do stu milionów lat, liczba ta nie wzbudzała jednak wielkiego zaufania.

Każdy pomiar czasu wymaga dobrego zegara, t. j. jakiegoś mechanizmu, w którym zjawiska przebie-

gają ze stałą szybkością. Oczywiście jeżeli nie można obserwować zegara nieustannie, należałoby go zaopatrzyć w jakiś licznik obrotów. Jeżeli mamy mierzyć okres niezmiernie długi, sięgający czasu kiedy nie było ani człowieka, ani żadnej istoty żywej, rolę zegara i licznika musi spełniać zjawisko, przebiegające z niezmienną regularnością i pozostawiające po sobie ślad, którego wielkość byłaby dokładnie proporcjonalna do długości minionego czasu.

Trudność zagadnienia polega na tem, że zjawiska takiego nie znano. Odkryto je dopiero w końcu zeszłego stulecia; jest niem promieniotwórczość.

O zjawisku promieniotwórczości pomówimy bardziej szczegółowo przy innej sposobności. Dla celów niniejszego artykułu wystarczy powiedzieć, że istnieje znaczna liczba (ok. 30) pierwiastków promieniotwórczych; najbardziej znane są uran i tor, najcięższe z pierwiastków chemicznych, oraz rad i polon, pierwiastki odkryte przez małżonków Curie. Pierwiastki promieniotwórcze ulegają samorzutnie rozpadowi, w ten sposób, że jeden pierwiastek zamienia się w inny od niego pochodny, ten skolei zamienia się w inny i t. d. W większości przypadków pierwiastek następny ma mniejszy ciężar atomowy, t. j. jest lżejszy od poprzedzającego, gdyż najczęściej rozpad atomu polega na tem, że od atomu tego odrywa się jądro atomowe gazu helu, którego ciężar atomowy wynosi 4. W rozpadzie tego typu ciężar atomowy pierwiastka pochodnego jest o 4 mniejszy od ciężaru atomowego pierwiastka po-

przedzającego. Otrzymujemy w ten sposób długie cykle przemian, prowadzące od pierwiastka macierzystego poprzez szereg jego pochodnych. Znamy dwa tylko pierwiastki macierzyste uran i tor, od których wzięły początek wszystkie inne ciała promieniotwórcze. Rad należy do szeregu potomków uranu lub, jak mówimy, do rodziny uranowej. Ciężar atomowy uranu wynosi 238, radu 226, różnica równa się 12, co oznacza, że między uranem i radem istnieje kilka pierwiastków pośrednich, z których 3 ( $12 = 3 \times 4$ ) doznaje przemian wspomnianego typu helowego. Jeżeli wydzielimy z minerału jakiś określony pierwiastek, np. rad, możemy stwierdzić, że rozpad jego następuje ze ściśle określoną szybkością. Rad rozpada się do połowy w tysiąc sześćset lat i w każde następne tysiąc sześćset lat ubywa znowu połowa. Z punktu widzenia geologicznego najważniejsze są dla nas pierwiastki macierzyste: tor i uran. Uran rozpada się do połowy w 5 miliardów lat, tor w przybliżeniu trzy razy wolniej. Łatwo odgadnąć, że tych czasów nie mierzymy bezpośrednio; wnioskujemy o nich na podstawie eksperymentu i teorii.

Wiemy jednak z całą pewnością, że szybkość przemian promieniotwórczych jest absolutnie niezależna od wszelkich czynników zewnętrznych. Ponieważ uran i tor mają najdłuższe życie z pośród pierwiastków promieniotwórczych, przeto widzimy, że nadają się wybornie do spełnienia roli zegara ziemi.

Zdawałoby się jednak, że chociaż te zegary „cho-



dzą“ regularnie od początku istnienia ziemi, brak im drugiego warunku, który spełniać musi zegar minionych epok; nie posiadają napozór licznika, któryby zanotował dokonane w nich od początku ziemi zmiany.

Oczywiście, gdybyśmy wiedzieli, ile uranu było w jakimś danym mineralu, na początku dziejów ziemi, wówczas wystarczyłoby wyznaczyć ilość w chwili dzisiejszej i na podstawie znajomości prawa rozpadu uranu, wyliczyć wiek tego minerału. Ale to jest oczywiście niemożliwe.

Istnieje natomiast bardzo prosty sposób, ściślej biorąc aż dwa sposoby, oszacowania ilości uranu, która uległa rozpadowi od chwili powstania minerału. Mówiłem, że przemiany promieniotwórcze zachodzą długim łańcuchem. Ponieważ w łańcuchu tym powstają pierwiastki coraz lżejsze, musi on urwać się na jakimś ogniwie, gdyż wiemy, że pierwiastki lekkie nie są promieniotwórcze. Tak jest istotnie. Ostatnim członkiem rodziny uranowej jest ołów, pierwiastek niepromieniotwórczy. Ołów jest trwały, jego ilość w mineralu nie może się zmniejszać, może tylko narastać wskutek nieustannych przemian promieniotwórczych. A ponieważ każdy atom uranu, który rozpoczął cykl swych przemian, musi po całym szeregu przeobrażeń zamienić się w atom ołowiu, przeto ilość ołowiu nagromadzonego w ciągu tysięcy wieków w mineralu odpowiada najdokładniej ilości uranu, która uległa w ciągu tego czasu rozpadowi.

Mamy zatem nasz upragniony licznik „obrotów

zegara". Ale, jak powiedziałem, istnieje jeszcze inna metoda. Przeobrażenie się atomu uranu w atom ołowiu odbywa się drogą wielu przemian, z których osiem należy do typu helowego, t. j. w ciągu cyklu powstaje osiem razy atom helu, inaczej mówiąc 8 atomów helu. A chociaż hel jest gazem, jednakże minerały promieniotwórcze tak są ściśle, że hel — rzecz podziwu godna — pozostaje uwięziony, jak aromat wina w dobrze zakorkowanej butelce i nie ulatuje, choć mijają lata, tysiące, miliony, miliardy lat. Tak jest, miliardy lat. Badania tego typu pokazały, że wiek najstarszych minerałów wynosi około 1 i pół miljarda lat. Argumentacja fizyki była taka przekonywująca, że geologowie przepisali ich liczbę w swoje księgi i nawet znaleźli argumenty dodatkowe we własnej dziedzinie. Rzecz jasna, astronomja, najbliższa sąsiadka fizyki, bez wahania przyjęła tę liczbę, jako podstawę do swoich teoryj kosmogonicznych, chociaż sprawiała wiele kłopotu, gdyż zmuszała do wytłumaczenia, skąd słońce czerpie energję na spełnianie swej „światnej“ roli w ciągu tak nieprawdopodobnie długiego czasu. Ale astrofizyka zapożycza od nauki o promieniotwórczości nie tylko wiadomości o skali czasu, ale również metodę jej interpretowania, mianowicie upatruje w przemianach pierwiastków źródło energii gwiazd, nie wyczerpujące się w ciągu miliardów lat.

## WZORCE DŁUGOŚCI I MASY

Gdyby ktoś niechętny nam fizykom powiedział, że fizyk jest osobliwą odmianą gatunku homo sapiens, odpowiedziałbym, że każdy człowiek ma w sobie coś z fizyka, bo każdy liczy, mierzy i waży. Czyni to ludzkość od niepamiętnych czasów. Liczba i miara są początkiem kultury, jak są początkami nauki. Prawda to powszechnie znana, ale warto ją przypomnieć, aby zrozumieć jasno, jak głębokie, jak odwieczne są pokłady świadomości, z których wyrasta nauka, siostrzyca kultury. Dzieje kultury to stawanie się ładu i prawidłowości w chaosie przypadkowości życia pierwotnego człowieka. Dzieje nauki to stawanie się ładu i prawidłowości w poglądzie na świat.

Ład i prawidłowość zaczynają się od umiejętności i utożsamienia rzeczy lub zdarzeń. Wszak dorobek ludzkości polega na gromadzeniu p r z e p i s ó w różnej natury: obrzędowych, technicznych, wojennych. Aby przepis dokładnie wykonać, musimy posiadać w z ó r i zdolności stwierdzenia, że dana rzecz lub czynność jest zgodna z jej wzorem, jest m u r ó w n a. Algebraiczny znak równości jest najprostszym, najpowszechniejszym symbolem kultury i nauki. Ten znak równości człowiek nauczył się stawiać najpierw w zakresie liczb. Sztuka rachowania jest najdawniejsza. Królowie najstarszych państw lub ich doradcy umieli zliczyć lata swego panowa-



nia i określić liczebność swoich armij. Później zapragnęli poznać bogactwo swoich spichrzów i skarbowów, rozległość swoich posiadłości. Potrzeba mierzenia i ważenia doprowadziła do stworzenia jednostek, wzorców długości, masy i objętości.

Najstarsze dokładne wiadomości posiadamy o miarach egipcjan. Ich jednostką długości był *cu-bit*, równy 13 calom, t. j. nieco więcej niż stopie. Ten wzorzec długości był uwieczniony w rozmiarach piramid. Myśl całkowicie słuszna, gdyż przedstawicielem wzorca długości musi być ciało stałe, niezmienne. Długowieczność piramid świadczy o trafności tej egipskiej metody. Była ona zresztą często stosowana i znacznie później: na murach katedr w Kielcach i Włocławku widnieją wzorce łokcia (wiadomość tę zawdzięczam uprzejmości p. Rauszera, dyrektora Urzędu Miar). Miary egipskie dały początek greckim, greckie rzymskim. Pax romana rozpowszechniła rzymski system po całym świecie. Jednostki nazywały się *digitus* (palec, t. j. cal), *palmus* (dłoń), *pes* (stopa), *passus* (krok), *stadjon* (nasza staja). Stopa miała 16 *digiti*, zresztą była niemal równa dzisiejszej; „krok“ nie był krokiem, gdyż wynosił około 2 metrów, *stadjon* równał się ok.  $\frac{1}{4}$  kilometra.

Te nazwy łacińskie (dodajmy do nich „łokieć“), świadczą, że pierwotnymi wzorcami były przeciętne rozmiary ludzkiego ciała.

Podobnie subiektywne, antropomorficzne cechy odnajdujemy i w jednostkach masy, jednakże w znacznie słabszym stopniu, co jest zrozumiałe:

możemy mierzyć palcem lub stopą, ale nie możemy ważyć naszym ciałem. Ślady antropomorficznego systemu odnajdujemy w staropolskich oznaczeniach ilości: szczypta (co można „uszczypnąć“), garść (co można zagarnąć). Równoważnik słowa „garść“ istnieje w greckiej jednostce wagi „*drachma*“. Była to zresztą raczej garstka, gdyż wynosiła zaledwie 4.4 grama. Naogół jednak nazwy jednostek wagi są bardziej abstrakcyjne, odnoszą się raczej do czynności ważenia, niż do natury wzorca. Tak up. łacińskie *libra* znaczy waga, *uncia* pochodzi od greckiego słowa *onkos*, oznaczającego ciężar (podobnie nasze funt i łut pochodne z niemieckiego *Pfund* (łac. *pondus*, ciężar) i Lot (ciężarek używany do wyznaczania pionu). Ta etymologia świadczy o tem, że jednostkami masy były prosto określone ilości materji, dające się utrwalić w postaci jakiegoś niezmiennego ciała. Jasną jest rzeczą, że niezmienność jest głównym warunkiem, jaki spełniać musi każda jednostka. Dzieje metrologji, t. j. nauki o miarach i mierzeniu mówią o nieustannem wyszukiwaniu wzorców coraz pewniejszych, coraz lepiej zabezpieczonych od zmian i uszkodzenia. Sporządzanie, przechowywanie wzorców, kontrola miar bieżących staje się przedmiotem troski i odpowiedzialności państwa.

Okres rozkwitu metrologji datuje się od rewolucji francuskiej. Komisja, do której należeli Laplace i Lavoisier, zaprojektowała reformę układu miar, zerwanie z wzorcami o charakterze przypadkowym i związanie ich z prawami fizycznymi i z niezmienn-

nikami wyższej natury, niż te, jakie człowiek może zrealizować. Jednostkę długości, metr zdefiniowano, jako  $1/10.000.000$  długości południka ziemskiego, kilogram, jako masę 1 decymetra sześciennego wody w  $4^{\circ}$ , sekunda już znacznie dawniej była określona jako  $1/86400$  średniej doby słonecznej.

W ten sposób powstał układ metryczny, układ „centymetra, grama i sekundy“, przyjęty na całym niemal świecie z wyjątkiem krajów anglosaskich.

Miał to być układ „racjonalny“. Ale teoretyczne postulaty Komisji Rewolucyjnej nie dały się przeprowadzić. Cóż stąd, że reforma miar opierała się na niezmiennikach doskonalszych, niż poprzednie, skoro niezmienników tych nie można było użytkować z tą samą dokładnością. Gdy precyzyjne pomiary pokazały, że ćwierć południka zawiera więcej, niż 10 milionów metrów, objętość zaś 1 kg. wody w  $4^{\circ}$ , jest większa (bardzo nieznacznie) od 1 decymetra sześciennego, uznano, że najlepszą metodą nie jest abstrakcyjne definiowanie wzorców, lecz sporządzanie ich z materiału możliwie niezmiennego i w sposób najbardziej odpowiedni dla dokładnych pomiarów. Spełnienie obu tych warunków umożliwione zostało dzięki użyciu stopu platyny z irydem, twardego jak stal i niepodlegającego zmianom chemicznym, jako substancji z której sporządzono metr i kilogram wzorcowy. Jak wielki jest osiągnięty stopień doskonałości, o tem świadczy fakt, że masy 1 kg. umiemy porównywać z dokładnością do jednej miliardowej, długości zaś metra z dokładnością do



jednej stumiljonowej. Dzisiaj jednak i to nam nie wystarcza. Skoro miary są fundamentem, na którym opiera się technika i nauka, chcemy, aby był prawdziwie niewzruszony, zależny od niezmienników przyrodzonych, nie zaś stworzonych przez człowieka. W zakresie długości takim niezmiennikiem jest długość fali światła określonego rodzaju. Fabrykantami wzorca są atomy pierwiastka, który wysyła dane światło (kadmu). Jest to masowa produkcja niedoścignionej doskonałości, produkuje fale identyczne — już nawet nie jak dwie krople „wody“, lecz jak „2 atomy kadmu“.

Metr porównany został bardzo dokładnie z falą światła kadmu, zawiera tych fal 1553163,5.

Gdyby jakaś katastrofa zniszczyła budynek w Sèvres, w którym przechowuje się wzorzec metra, umielibyśmy go odtworzyć jaknajdokładniej.

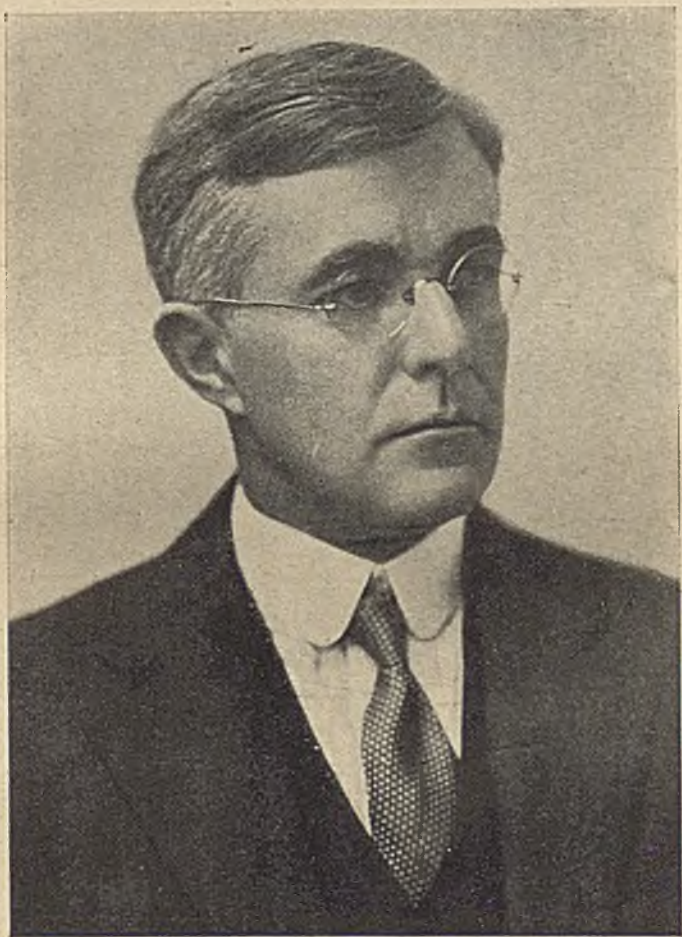
Czy należy myśleć o zabezpieczeniu w podobny sposób wzorca masy? Gdy go sporządzono, sądzono, że zasada zachowania masy jest niezawodna, nie znano zjawisk promieniotwórczości, która jest objawem samorzutnego rozpadu pierwiastków. Na szczęście ani platyna, ani iryd nie są promieniotwórcze, a chociaż wszelka materja na ziemi ostrzeżliwana jest przez zabójcze dla atomów wszelkiego kalibru promienie kosmiczne, to jednak upłyną miljardy lat, zanim z tej racji ubędzie kilogramowi miliardowa część jego masy. Nie znaczy to, że nie należy dążyć do naturalnej, niezależnej od człowieka jednostki masy. Dotąd jednak nie posiadamy dogodnego sposobu określenia takiej jednostki.

## SŁUPY I ZNAKI CZASU

Zdzierając dzisiaj czerwoną kartkę z kalendarza ulegamy złudzeniu, że wraz z nami nietylko życie publiczne, lecz również cała natura rozpoczyna nową fazę istnienia. Przywyczailiśmy się do uważania kalendarza za przyrodzoną księgę czasu, wyobrażamy sobie, że czas podzielony jest w naturalny sposób na odstępy zwane dniami, którym odpowiadają, którym muszą odpowiadać kartki kalendarza i które są oddzielone od siebie „godziną duchów“, mistyczną chwilą północy. W podobny sposób skłonni jesteśmy przypisywać realne znaczenie południkom i równoleżnikom i gdy przepływamy przez równik, szukamy mimowoli jego śladu na powierzchni wód. Zbyt łatwo zapominamy, że ani w przestrzeni, ani w czasie niema słupów i znaków, że kalendarz jest dziełem umysłu ludzkiego i owocem pracy wielu pokoleń.

Kalendarz, jak go definiuje Encyclopedja Britannica jest to metoda rozłożenia czasu na okresy, przystosowane do celów życia, społecznego, t. j. na godziny, dni, tygodnie, lata. Jest to wynalazek praktyczny oparty na badaniach naukowych i stanowi jeden z najbardziej uderzających przykładów bezpośredniej użyteczności nauki.

Ponieważ czynności ludzkie, których uporządkowaniu służy kalendarz, muszą być rozłożone w czasie w sposób dający się dokładnie opisać, przeto



LANGMUIR



podstawą kalendarza są pomiary czasu. Nauka o kalendarzu jest zatem częścią nauki o czasie. Jak niemal każda gałąź badania naukowego, bierze początek w bezpośredniej obserwacji zjawisk natury. Od najdawniejszych czasów człowiek obserwował pewne, powtarzające się regularnie zjawiska przyrody, do nich nauczył się stosować swoje czynności; pogłębiona ich obserwacja stała się z czasem podstawą nauki o czasie.

O tych zjawiskach my, ludzie współcześni, a zwłaszcza mieszkańcy miast, mamy znacznie mniej bezpośredniej wiedzy, niż narody stojące na niskim poziomie cywilizacji, żyjące na łonie natury. Któż z nas interesuje się tem, czy księżyc jest w pełni, czy nisko na niebie, czy stoi w gwiazdozbiórze Raka, czy Barana? Kalendarz, dziennik, zegar, radjo zastępują nam obserwację ciał niebieskich. Specjalizacja naszej epoki oddała czas w opiekę astronomom i stacjom radjowym. Człowiek starożytny, a dzisiaj jeszcze wieśniak są często sami sobie astronomami. W „Pracach i dniach“ Hezjod pisze, że pędy w winnicach należy przycinać, zanim Arkturus przestanie być widoczny na niebie; wskazówka ta niewątpliwie była zupełnie zrozumiała dla jego współczesnych. Analogicznych przykładów moglibyśmy przytoczyć dowolną ilość.

Napozór wydawałoby się, że sprawa pomiaru czasu jest bardzo prosta. Na pytanie, co to jest doba, każdy odpowie, że jest to czas obrotu ziemi dookoła swej osi, o roku zaś wie, że jest to okres obiegu ziemi dookoła słońca.

Jest jeszcze trzecia taka oczywista jednostka czasu, mianowicie t. zw. miesiąc księżycowy, t. j. odstęp między dwiema jednakowymi kolejnymi fazami księżyca. Natura obdarza nas zatem hojnie, aż trzema wzorcami czasu; jak z wszystkich jednak darów natury, tak i z tego korzystać należy z wielką rozwagą. Ludzkość miała niemało kłopotu, zanim na podstawie obserwacji wspomnianych trzech zjawisk zbudowała jednolity i harmonijny system mierzenia czasu, zanim zdołała przerobić skomplikowaną maszynę niebieską na sprawnie chodzący zegar i wygodny kalendarz.

Trudność jest trojakiego rodzaju. Po pierwsze dotyczy ona ściślej definicji każdego ze zjawisk, którego trwanie ma być wzorcem czasu. Powtóre okazuje się, że żaden z tych wzorców nie jest niezmienny i wykrycie ich niezmienników, t. j. elementów prawdziwie niezmiennych wymagało opracowania najsubtelniejszych metod obserwacji astronomicznej i rachunku matematycznego. Wreszcie trzy wspomniane zjawiska są od siebie niezależne, okresy ich trwania nie pozostają względem siebie w prostych stosunkach liczbowych; utworzenie systemu, któryby je wszystkie uwzględniał było nadzwyczaj trudne. Z punktu widzenia czysto naukowego najprościej byłoby poprzestać na jednym tylko wzorcu, np. na długości doby; tak czynią astronomowie, którzy liczą czas poprostu w dobach, czyli dniach, np. dzień dzisiejszy jest oznaczony w kalendarzach astronomicznych liczbą 2427439 (nie „od stworzenia świata“, lecz od początku t. zw. ery Juljańskiej,

ustalanej gwoli dogodności astronomów przez Scaligera, uczonego z czasów Odrodzenia). A jednak wszystkie trzy zjawiska odgrywają rolę w regulowaniu ludzkich czynności i dlatego kalendarz musi uwzględnić je wszystkie.

Zacznijmy od doby. Prymitywna definicja doby polegałaby na określeniu jej, jako odstępu czasu między dwiema kolejnymi kulminacjami słońca, t. j. dwoma kolejnymi południami. Ale ten czas wcale nie równa się okresowi obrotu ziemi dokoła swej osi, lub co na jedno wychodzi, okresowi obrotu sfery niebieskiej dokoła wyobraźalnej „osi świata“, gdyż słońce, jak wiadomo, wędruje po tej sferze wzdłuż wielkiego koła zwanego ekliptyką; od czasów Kopernika wiemy, że ten ruch pozorny słońca jest odpowiednikiem rzeczywistego obiegu ziemi w okresie rocznym. Ponadto pozorny ruch słońca ma zmienną szybkość i wskutek tego długość tak zdefiniowanej doby byłaby zmienna.

Poprawniejszą naukowo jednostką jest doba gwiazdowa, czyli odstęp czasu między dwiema kulminacjami jakiejś gwiazdy stałej, ale i ona nie jest absolutnie niezmienna. Zegar niebieski jest daleki od doskonałości, jego główna oś nie jest obsadzona w niezmiennych łożyskach. Chcę powiedzieć przez to, że oś obrotu ziemi nie zachowuje niezmiennego kierunku w przestrzeni, lecz ulega ruchom zwanym precesją i nutacją — zupełnie analogicznym do tych, jakie możemy obserwować na kręcącym się szybko bąku. Wskutek precesji oś ziemską opisuje stożek (dokoła osi prostopadłej do



ekliptyki) bardzo powoli, bo z okresem wynoszącym 25.786 lat. Znacznie szybszym ruchem jest nutacja, t. j. perjodyczne kiwanie się osi względem ekliptyki, którego okres wynosi 18,6 roku. Oczywiście nutacja wywiera większy wpływ na długość doby gwiazdowej, niż precesja; astronomowie posługują się dobą gwiazdową poprawioną, czyli średnią, t. j. taką, którą obserwowalibyśmy, gdyby nutacja nie zachodziła.

Dla celów praktycznych doba gwiazdowa jest bez znaczenia, bo przecież słońce, nie gwiazdy, stwarza światłość i ciemność. Doba gwiazdowa ma znaczenie tylko teoretyczne. Zarówno w praktyce jak i w nauce używana jest jako jednostka czasu, doba słoneczna, nie ta, którą obserwujemy bezpośrednio, lecz t. zw. doba średnia, której długość, oczywiście równą dla wszystkich dni w roku, ustalamy na podstawie rachunku. W tablicach astronomicznych znajdujemy podane na każdy dzień t. zw. równanie czasu, które pozwala nam określić, o ile południe rzeczywiste spóźnia się, lub wyprzedza południe owej idealnej doby średniej, lub jak mówią astronomowie, średniego słońca. Wskutek pozornego ruchu słońca, doba słoneczna jest dłuższa od gwiazdowej i rok zawiera dokładnie o jedną dobę słoneczną mniej, niż wynosi liczba dób gwiazdowych.

Teraz zaczyna się nowe zmartwienie. Co to jest rok? Jeżeli powiemy, że jest to czas od jednego do drugiego Nowego Roku, to wolno zapytać, na jakiej podstawie uważamy ten czas za niezmienny. Ponadto wybór pierwszego stycznia, jako początku roku

jest sprawą zupełnie dowolnej umowy. W Rzymie aż do 153 roku przed Nar. Chr. Nowy Rok, t. j. dzień objęcia władzy przez konsulów wypadł pierwszego marca, w Anglii do r. 1752 rok prawny rozpoczynał się 25 marca, w religji żydowskiej przypada jesienią. Oczywiście wszystkie te daty nie mają nic wspólnego z astronomiczną definicją roku. Definicję tę opieramy na obserwacji zjawiska, którego zmienność decyduje o kolejności pór roku, mianowicie na długości dnia i definujemy rok, jako odstęp czasu między dwoma kolejnymi porównaniami wiosennymi. W naszej epoce słońce znajduje się wtedy w gwiazdozbiorze Ryb. Mówimy w naszej epoce, gdyż wskutek precesji położenie słońca w tym dniu, czyli t. zw. punkt równonocny przesuwają się po ekliptyce i za czasów greckich znajdował się w gwiazdozbiorze Barana. W ciągu 25786 lat punkt równonocny opisuje dokładnie całą ekliptykę.

Istotną jednak trudność zagadnienia kalendarza polega na tem, że rok jest niewspółmierny z dobą, mianowicie zawiera 365,242 dób słonecznych. Aż do czasów Juljusza Cezara liczono stale w roku po 365 dni i wskutek tego wytworzyła się różnica tak wielka, że kalendarzowa jesień przypadała latem.

Wszyscy znamy wielką reformę kalendarza zaprowadzoną przez Cezara, zgodnie z radami greckiego astronoma Sosigenesa, i polegającą na dodawaniu co cztery lata po jednym dniu, tak jakgdyby rok równał się dokładnie 365 i 1/4 doby. W rzeczywistości jednak, jak wiemy, rok jest nieco krótszy,

kalendarz Juljański, t. j. kalendarz Cezara spóźniał się pomalutku, lecz nieustannie i za czasów Grzegorza XIII różnica doszła do 10 dni. Nie będziemy tu zajmowali się szczegółami reformy gregorjańskiej. Wiemy, że przepisuje ona, które lata będące początkami stuleci *nie* mają być przestępne. Zaznaczamy tylko, że rozwiązuje ona w sposób niemal idealny szarmonizowanie roku z dobą, t. j. uzgodnienie roku kalendarzowego z astronomicznym.

Dotąd nie mówiliśmy nic o trzecim wzorcu czasu, mianowicie o miesiącu księżycowym. Wzorzec ten odgrywał jednak decydującą rolę we wszystkich kalendarzach starożytnych zapewne dlatego, że obserwacja księżyca była najłatwiejsza ze wszystkich obserwacyj astronomicznych; niewątpliwie przyczyniał się też do tego ciekawy fakt, że okres ciąży równa się niemal dokładnie 9 miesiącom księżycowym. Jednakże stosunek roku do miesiąca nie jest liczbą całkowitą i jest zawarty między 12 i 13. We wszystkich systemach roku księżycowo-słonecznego radzono sobie w ten sposób, że rok normalny zawierał 12 miesięcy, od czasu zaś do czasu dodawano po jednym miesiącu. Ponieważ 19 lat zawiera niemal dokładnie 235 miesięcy, przeto podstawą tego systemu był t. zw. księżycowy cykl, wynoszący 19 lat. Dla każdego roku tego cyklu ustalano, które lata mają być przestępne ze względu na księżyc, t. j. zawierać o jeden miesiąc więcej. Typowym kalendarzem księżycowo-słonecznym jest kalendarz żydowski, wywodzący się bezpośrednio z kalendarza babilońskiego.



Na zakończenie zaznaczyć jeszcze należy, że zwyczaj ustalania Wielkanocy w pierwszą niedzielę po pierwszej pełni, po porównaniu wiosennem dnia z nocą jest przechowywaną, dzięki tradycji kościelnej, pozostałością dawnego systemu księżycowo-słonecznego.

## DRUGIE PRAWO NEWTONA

Proszę mi wybaczyć, że obrałem dziś temat, który mocno zatraça ławą szkolną. Jest to eksperyment, którego myśl powziąłem wskutek pewnej dyskusji w gronie kolegów. Radbym wiedzieć, co czytelnicy o nim myślą; zapewniam ich jednak, że nie zamierzam do niego powracać.

Drugie prawo Newtona brzmi: „Siła jest równa iloczynowi masy przez przyśpieszenie“. Każdy sądzi, że wie, co to jest siła i masa; gorzej jest z przyśpieszeniem. Tymczasem z punktu widzenia fizycznego jest odwrotnie: przyśpieszenie jest pojęciem nadzwyczaj prostem, które może być zdefiniowane w kilku słowach, gdy tymczasem masa i siła wymagają bardzo subtelnych rozważań. Ale nie o to mi w tej chwili chodzi. Newton żył i tworzył blisko 300 lat temu; „drugie prawo“ jest jednym z fundamentów mechaniki, a zatem fizyki, a zatem techniki, a zatem całego naszego życia. A jednak nie da się zaprzeczyć, że to prawo tak podstawowe, będące tlenem naszej atmosfery poznawczej, ma brzmienie obce, abstrakcyjne; napozór nie wyraża, jakby się tego można było spodziewać, żadnego prostego, powszechnie znanego faktu. Ten stan rzeczy wydaje mi się paradoksalny, nie do uwierzenia; wydaje mi się, że po wyjaśnieniu treści drugiego prawa Newtona każdy odniesie wrażenie, że je znał, nie wiedział tylko, że się tak nazywa.

Powróćmy zatem do definicji pojęć, o których mowa w „drugim prawie“. Co to jest masa? Newton, jeden z największych genjuszów ludzkości, odpowiedział, że jest to ilość materji. Popełnił błąd; jego definicja jest z dzisiejszego punktu widzenia tautologją, t. j. polega na zdefinjowaniu pojęcia innym znaczeniem tego samego słowa; to prawie tak, jakby kto na pytanie co to jest chryzantem, odpowiedział, że jest to złocień. Newton napewno umiał myśleć logicznie: słowa: „ilość materji“ musiały posiadać określone, jemu tylko wiadome, znaczenie: skoro jednak bliżej go nie wyjaśnił, przejdźmy z całą czcią do porządku dziennego nad tem nieporozumieniem.

Masa jest wielkością: w fizyce pojęcie jakiejś wielkości ma treść wtedy i tylko wtedy, gdy podajemy sposób jej zmierzenia. Zmieńmy zatem pytanie. „Jak się mierzy masę?“. Odpowiedź wydaje się niewątpliwa. — „Zapomocą ważenia“. Nie zapominajmy jednak, że czynność ważenia wyznacza ciężar ciała. Czyż zatem masa jest ciężarem? Przecież ciężar jest siłą; „uginamy się pod ciężarem“ i t. d. Wynikałoby stąd, że masa jest siłą, a przecież jest to sprzeczne z „drugim prawem“, które głosi: „Siła jest iloczynem i t. d.“. Musimy zatem powiedzieć, że masa nie jest ciężarem, lecz „czemś, co posiada ciężar“. Jeżeli jednak zdanie to ma mieć jakiś sens fizyczny, owo coś musi posiadać inną własność fizyczną, niezależną od ciężaru. Zobaczymy, że nie tylko taka własność istnieje, ale ponadto jest wniejszą cechą masy, niż ciężar, ma bowiem cnotę ce-



chy niezmiennej, którą to cnotą ciężar nie może się poszczycić.

To ostatnie twierdzenie, na pierwszy rzut oka nieprawdopodobne, nie zdziwi czytelnika, który, dajmy na to, zna „Na srebrnym globie“ Żuławskiego i wie, że na księżycu ciężar każdego ciała jest siedem razy mniejszy, niż na ziemi. Ale i w różnych punktach ziemi ciężar jest różny, jakkolwiek zmiany są małe, rzędu conajwyżej kilku tysięcznych; na równiku jesteśmy lżejsi, niż na biegunie, chociaż nie poznamy tego np. po łatwości „skoku wzwyż“. Wreszcie w tym samym punkcie geograficznym ciężar zmienia się, mianowicie zmniejsza się wraz z wysokością; ten fakt został nawet wprost udowodniony doświadczalnie zapomocą wagi, umieszczonej u szczytu wysokiego budynku, która obok zwykłych szalek miała parę innych, zwisających do samej ziemi.

Skoro odebraliśmy ciężarowi prawo wyłącznej reprezentacji masy, musimy odnaleźć jej cechę niezawodną, niezmienną. Podczas rozmowy z osobnikiem wybitnie przykrym i natarczywym, bezpiecznie jest nie mieć pod ręką nic ciężkiego; tak mówi mądrość życiowa. Ta przestroga wyraża, w sposób niezupełnie poprawny, naszą wiedzę intuicyjną o drugim prawie Newtona. Wiemy z całą pewnością, że uderzenie metalowym przyciskiem boli bardziej, niż kulką papieru, jeżeli w obu przypadkach prędkość ciała „ciężkiego“ i „lekkiego“ jest jednakowa. Cudzysłowu użyłem dlatego, że słowa w nim zawarte są nie na miejscu. Należałoby powiedzieć, że

skutek uderzenia jest zależny od masy ciała, nie zaś od jego ciężaru.

Czyż to nie wszystko jedno? — zapyta czytelnik. Przed chwilą coprawda była mowa o tem, że ciężar nie jest doskonałą miarą masy, ale to chyba subtelność bez znaczenia, zwłaszcza w tak mało subtelnym przykładzie. Jeżeli jednak chcemy domniemaną zwadę potraktować jako doświadczenie z mechaniki, powinniśmy zastanowić się, czy istotnie argument „rzeczowy“, który nas kusi jest skuteczny dlatego, że jest ciężki. Wyobraźmy sobie, że wraz z oponentem i z wszystkim co nas otacza przenieśliśmy się na księżyc; przycisk o ciężarze 2 kg. ważyłby tam zaledwie tyle co 300 g. na ziemi, a jednak każdy z nas wie intuicyjnie, że uderzenie sprawiłoby ten sam skutek, gdyby było nadane z tą samą prędkością. Odnaleźliśmy przeto własność przycisku, która jest taka sama na księżycu i na ziemi. Ona to pozwoli nam zdefinjować masę w sposób zgodny z drugim prawem Newtona.

Dlaczego uderzenie boli? Dlatego, że zatrzymaliśmy s o b ą uderzające ciało, pozbawiliśmy je prędkości, wszelka zaś zmiana prędkości wymaga zastosowania siły. Oczywiście w danym przypadku nie wywieramy siły świadomie, jak to czynimy, np. gdy chcemy powstrzymać biegnącego konia, chwytając go za lejce. Jednakże z fizycznego punktu widzenia oba przykłady są równoważne; mniejsza z tem, czy siła wywarta przez nas na przycisk lub na konia jest lub nie jest wynikiem naszej woli; w obu przypadkach odczuwamy nie siłę przez nas wywartą,

lecz siłę odwrotną, której źródłem jest zatrzymywany przez nas przedmiot. Jest to, wyrażając się językiem Newtona, reakcja równa i wprost przeciwna wywartej przez nas sile. Siła jest potrzebna nie tylko do odebrania, lecz również i do nadania ciału prędkości, i jak poprzednio, jest przy danej prędkości tem większa, im większa jest masa. Z punktu widzenia praktycznego, ziemskiego, moglibyśmy oczywiście równie dobrze powiedzieć, im większy jest ciężar. Ale urok poprawnego sformułowania jest niewątpliwy; nawet najbardziej trzeźwy umysł żywiej odczuwa swą łączność z twórczym wysiłkiem ludzkiego ducha, poznając twierdzenie, które jest prawdziwe nie tylko w jego bezpośrednim otoczeniu, lecz również w każdym miejscu wszechświata.

Jesteśmy już bardzo blisko drugiego prawa Newtona; brak nam tylko wyjaśnienia, czym jest przyśpieszenie. Jego definicja (przybliżona) brzmi: zmiana prędkości w jednostce czasu. Wspominałem już, że ta definicja wydaje się bardzo prosta fizykowi; nie wątpię jednak, że zwyczajny człowiek wolałby z nią nie mieć do czynienia. Otóż możemy wysłowić drugie prawo Newtona, nie używając słowa: przyśpieszenie, jeżeli zauważymy, że siła sprawia tem większą zmianę prędkości im przez dłuższy czas działa. Powiadamy zatem: iloczyn z siły przez czas jej działania równa się iloczynowi z masy przez zmianę jej prędkości. Ciekawe jest zauważyć, że to sformułowanie drugiego prawa jest niemal dosłownym przekładem jego oryginalnego



brzmienia w słynnym dziele Newtona. „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*“:

Zdanie to jest określeniem masy na podstawie własności niezależnej od ciężaru. Gdybyśmy znali siłę napięcia mięśni dyskobola, czas ich działania, prędkość dysku w chwili wyrzucenia, moglibyśmy wyznaczyć jego masę bez pomocy wagi. Sposób ten byłby niezawodny zarówno na ziemi, jak i na księżycu, nawet w przestrzeni międzygwiazdowej. Proszę nie mówić o jego niepraktyczności: coprawda nie posługujemy się nim w celach technicznych, ale masy ciał niebieskich wyznaczamy jedynie na podstawie znajomości działającej na nich siły ciężenia, czasu i prędkości ich obiegu.

Zresztą zwolennicy sposobu praktycznego, to jest ważenia, powinni wiedzieć, że i ten sposób jest oparty na drugim prawie Newtona. Cała rzecz w tem, że wszystkie ciała spadają (w próżni) z tą samą prędkością. Tylko ta okoliczność podnosi ciężar do godności miernika masy, zresztą miernika tylko lokalnego, ponieważ w różnych miejscach ziemi prędkość spadku ciał nie jest jednakowa.

## E N E R G J A

W fizyce spotykamy na każdym kroku słowa: „masa“, „siła“, „ciepło“, „energja“, „pęd“, „praca“. Każdy wie, co oznaczają te słowa i skłonny byłby sądzić, że gdy usłyszy lub wyczyta jedno z nich w odczycie lub artykule naukowym, to już wie „o co chodzi“. Jest to nieporozumienie, którego należy się wystrzegać, gdyż pojęcie naukowe często bierze tylko początek w pojęciu potocznym tej samej nazwy; jest jednak tak zmienione przez myślową pracę uogólnienia i abstrakcji, że przestaje być podobne do swego prawzoru, jak roślina cieplarniana często do niepoznania różni się od leśnej lub polnej tej samej nazwy.

Pojęcie, które obrałem za temat tego feljetonu nie uległo tak daleko idącej deformacji. Wprawdzie, gdy mówimy: „Przystąpił do dzieła z całą energją“ lub „X ma wiele energii“, to ta energja nie jest energją w sensie fizyki, ale już w wyrażeniach takich, jak „energja wodospadów“ lub „stacja energii elektrycznej“ znaczenie tego słowa jest takie samo jak w fizyce. Dzieje się to dlatego, że energja jest pojęciem podstawowem nie tylko w fizyce, lecz również i w technice, która w danym przypadku odegrała rolę najlepszego popularyzatora.

Z punktu widzenia technicznego — i pokrewnego mu zresztą — naukowego — energja jest uni-

wersalną „ceną“ zjawisk. Nie mam tu na myśli ceny pieniężnej, chociaż często energja jest podstawą tej ostatniej; wszak płacimy bezpośrednio za zużywaną energję elektryczną. W danym przypadku chodzi jednak o coś znacznie ogólniejszego od pieniądza. Dokoła nas przebiegają niezliczone zjawiska, napozór chaotycznie; rychło spostrzegamy, że można wprowadzić w ten chaos pierwiastek ładu, wynajdując między niemi przyczynowe związki, t. j. ustalając, że jedne są przyczyną innych.

Tych przyczynowych związków jest bardzo wiele i ich szczegółowe badanie jest oczywiście treścią nauki. Np. ogrzanie pary powoduje ruch maszyny parowej, wiatr — obracanie się wiatraka, obrót dynamomaszyny lub reakcja chemiczna (np. w „masie“ płyt akumulatora) — prąd elektryczny, wybuch ładunku armaty — wystrzał. Przykłady moglibyśmy mnożyć bez końca; do każdego z nich moglibyśmy nawiązać długie rozważania z różnych dziedzin fizyki i chemji. Odczuwamy jednak potrzebę jakiejś zasady prostej i powszechnej, stosującej się bez wyjątku do każdego związku przyczynowego; chcemy widzieć, czy istnieje jakaś miara, którą można przyłożyć do każdego zdarzenia, w ten sposób, abyśmy umieli powiedzieć z całą pewnością: zjawisko A może lub nie może być przyczyną zjawiska B.

Otóż taką miarą jest właśnie energja. Jak każda wielkość, ma ona swoje jednostki. Jest ich kilka; w każdym przypadku używamy najdogodniejszej, podobnie, jak w pomiarach długości posługujemy



jemy się czasem milimetrem, czasem milą morską, a czasem Angströmem (jedna stutysięczna milimetra). Jednostki energii można najlepiej scharakteryzować tem zjawiskiem, którego są miarą, np. erg jest niemal dokładnie miarą energetyczną podniesienia 1 miligrama o 1 centymetr; kilogramometr — 1 kilograma o 1 metr, kilowatsekunda jest równa 10 miljardom ergów; kalorja jest miarą energetyczną ogrzania o 1° jednego grama wody.

Możnaby uczynić zarzut, że nie każde zjawisko jest podnoszeniem ciężarka lub ogrzewaniem wody. Ale przecież zupełnie podobnie nie każdy przedmiot jest wyrobiony ze złota, a jednak możemy oznaczyć jego cenę w złocie. Rolę złota w „taksonowaniu” zjawisk odgrywa praca lub ciepło, wspomniane zaś jednostki są właśnie jednostkami pracy i ciepła. Przyczyną tego „bimetalizmu” fizycznego jest, że każde bez wyjątku zjawisko może być przyczyną lub skutkiem powstania lub zniknięcia pewnej ilości pracy lub ciepła. Przez powstanie pracy rozumiemy, przypadek, gdy zjawisko można zużyć w celu podniesienia ciężarka, przez zniknięcie, przypadek, gdy może być uważane jako skutek jego spadku. Podobnie skutkiem zjawiska może być ogrzanie wody — t. j. powstanie ciepła lub też może ono nastąpić wskutek oziębienia się wody, t. j. zniknięcia ciepła. Oczywiście woda i ciężarek obrane tu zostały tylko dlatego, że są najdogodniejszymi przedstawicielami ciepła i pracy — wszak każdą pracę, np. naciąganie sprężyny mo-

żemy zamienić na podnoszenie ciężarka, każde zaś ciepło przekazać zbiornikowi wody.

Użyłem rozmyślnie słowa „bimetalizm“. Jak wiadomo główną trudnością bimetalizmu jest brak stałego stosunku wartości złota do srebra. Toteż mówiąc o ciepłe lub pracy, jako powszechnych miernikach zjawisk, musimy mieć pewność, że oba sposoby taksowania są równoważne, t. j. że danej ilości pracy odpowiada zawsze określona ilość ciepła i odwrotnie. Tak jest istotnie; mianowicie równoważne są sobie 426 kilogramometrów i 1000 kaloryj. Równoważność ciepła i pracy jest faktem, o którym wie dzisiaj każde dziecko; ta powszechna wiedza o zasadzie zachowania energii jest wysoce interesującym przykładem przenikania prawd naukowych do świadomości ogółu, w dodatku w stosunkowo krótkim czasie, gdyż zasada ta została odkryta zaledwie sto lat temu.

Czytelnik zapyta, dlaczego zasadę równoważności ciepła i pracy nazwałem zasadą zachowania energii. Wykrycie ciepła wymaga bardziej wyostrzonej obserwacji, bardziej subtelnych metod pomiarowych, niż wykrycie pracy i dopóki nie ustalono w niezbity sposób, że każde zjawisko powoduje bądź określoną ilość pracy, bądź równoważną mu ilość ciepła, sądzono, iż są zjawiska, które „sprzedają się za nic“, znikają bez równoważnego im skutku. Nieznajomość tego faktu prowadziła do błędnego przypuszczenia, że nie jest również niemożliwe „kupowanie zjawisk zadarmo“, powstawanie „czegoś z niczego“. Z fałszywej tej przesłanki

wynikał logicznie wniosek, że obmyślanie układu, w którym stale powstawałyby z niczego, „zadarmo“ zjawiska, które następnie moglibyśmy „sprzedać“, t. j. zamienić w pracę, innemi słowy zbudowanie *perpetuum mobile* — jest zadaniem osiągalnem, niewątpliwie trudnem, ale tembardziej — ze względu na spodziewane olbrzymie korzyści — godnem największych wysiłków umysłu ludzkiego. Całe tomy możnaby pisać o licznych próbach zbudowania *perpetuum mobile*, lecz wszystkie one okazały się błędne. Natura nie daje się oszukać. Nic zadarmo — jest jej hasłem.

Rozumujemy zatem kategorjami gospodarczemi. Zasada zachowania energii jest w gruncie rzeczy konsekwentnym wyrazem tego gospodarczego poglądu na świat. Skoro energja jest powszechną miarą zjawisk, skoro w każdej przyczynie znika tyleż energii, ile jej powstaje w skutku, możemy mówić o stałości całkowitego kapitału natury — czyli o zachowaniu energii. Mamy również prawo przypisywania oznaczonych ilości energii każdemu ciału lub układowi, podobnie, jak każdej jednostce prawnej przypisujemy określony stopień zamożności. I dalej — podobnie jak bogactwo może być różnej natury: agrarne, przemysłowe, finansowe, tak i energja zależnie od własności ciała, które jej istnienie warunkują, może być elektryczna, magnetyczna, chemiczna i t. d.

Byłoby ciekawe zastanowić się nad psychologicznem źródłem tego podobieństwa między metodą naukową i gospodarczą. Ale z punktu widzenia ni-



niejszego feljetonu ważniejsze jest wspomnieć o przewyciężonym już dzisiaj kryzysie w tym gospodarczym schemacie wszechświata. Gdy w końcu zeszłego stulecia odkryto promieniotwórczość, zasada zachowania energii została zachwiana, gdyż wydawało się, że rad wydatkuje energję, nie pobierając jej znikąd. Niebawem jednak znaleziono „cenę“ i tych zjawisk. Rad płaci za nie „sobą samym“, rozpadem składających go atomów. Później jednak przekonaliśmy się, że nawet rozpad atomów nie jest konieczny do tego, by energja mogła być wydatkowana. Może się to odbywać poprostu kosztem zmniejszania się masy. Tak np. słońce, śląc w przestrzora olbrzymie ilości energji, jednocześnie staje się coraz mniej zasobne w masę. W ten sposób nauka wykryła nową jednostkę energji — jest nią poprostu jednostka masy, czyli 1 gram. Jest to jednak jednostka niezbyt praktyczna, gdyż energja zawarta w 1 gramie odpowiada 900 miljardom miliardów ergów.

Ta nowa zasada równoważności masy i energji otwiera nierównie większe horyzonty, niż dawna zasada równoważności ciepła i pracy. Ale wyzyskanie jej w celach technicznych, czyli wykorzystanie olbrzymiej energji tkwiącej w masie nie wydaje się możliwe, gdyż energja ta ukryta jest głęboko i zazdrośnie — w najlepiej strzeżonych skrytkach Natury: w jądrach atomowych.

$$S = k \cdot \lg W$$

Wiedeń, P. A. T. 15. VII. 1933. Został odsłonięty pomnik znanego fizyka L. Boltzmann. Na pomniku wyryto napis  $S = k \cdot \lg W$ . Jest to główna formułka teorii ciepła Boltzmann.

Przypuszczam, że nikt nie zdziwiłby się, gdyby na pomniku słynnego egiptologa Champolliona wyryto napis hieroglificzny. W tym jednak przypadku depesza zawierałaby niewątpliwie jego przekład na język zrozumiały dla zwykłych śmiertelników. Ponieważ korespondent wiedeński P. A. T. nie uczynił tego, podaję dosłowny przekład „hieroglifu“ na pomniku Boltzmann:

„Entropja każdego układu równa się stałej Boltzmann pomnożonej przez prawdopodobieństwo stanu tego układu“.

Obawiam się, że w tem miejscu Czytelnik skłonny byłby zakląć brzydko lub w najlepszym razie powiedzieć uprzejmie „nie kijem tylko pałką“. Muszę przeto przypomnieć, że jak zaznaczyłem, jest to p r z e k ł a d d o s ł o w n y; do tego przekładu należy jeszcze komentarz, który będzie treścią mojego feljetonu. Proszę nie sądzić przytem, że chodzi tu o jakieś nic nie obchodzące ogółu abstrakcje. Sprawa jest ważna, nawet niesłychanie ważna, gdyż dotyczy ni mniej ni więcej tylko... końca świata.

Napozór jest to temat banalny. Koniec świata to

dla nas, „synów ziemi“ wygaśnięcie słońca, chyba, że uda się nam przeprowadzić zawczasu do „domu zaopatrzonego w większą ilość opału“, na planetę krążącą dokoła jakiegoś młodszego słońca. Ale i to nie zabezpieczy nas na stałe; wypadnie nam zabrać swoje manatki kilkakrotnie, aż w końcu cała droga mleczna zamieni się w ciemny i mroźny cmentarz wszechświata.

Niebezpieczeństwo nie jest bliskie. Słońce świecić będzie według obliczeń astronomów conajmniej dziesięć miliardów lat. „Co? Dziesięć milionów?“ — spytała z przerażeniem jakaś słuchaczka wykładu o końcu świata. Dowiedziawszy się, że nie dosłyszała, odzyskała natychmiast spokój ducha. Możemy i my nie troszczyć się o chwilę, kiedy do naszych okien zapuka ostatni promień słoneczny.

To też nie mam zamiaru zajmować się datą końca świata. Ciekawsze, ważniejsze jest to, że świat **z m i e r z a k u k o ń c o w i**. Niech nikt nie mówi, że jest to truizm, czyli prawda oczywista. Wiemy o tem dopiero od stu lat, dzięki zdobyczom termodynamiki, nauki która wzięła początek w pracach młodo zmarłego inżyniera francuskiego Sadi Carnota. Dawniej sądzono, że „historja się powtarza“, że każde zjawisko w przyrodzie martwej może przebiegać w jednym lub drugim kierunku, że każdy koniec może stać się początkiem i odwrotnie. Dziś wiemy, że czas jest rzeką, która nie może odwrócić swego koryta. Rzeka ta zużywa, spłókuje pomалу Wszechświat; niepowstrzymanie, nieprzerwanie unosi wciąż nowe jego okruchy. Wszech-



świat starzeje się, staje się coraz mniej różnorodny, mniej wypełniony ruchem. Jest to do pewnego stopnia zrozumiałe. Wszystko co się dzieje jest objawem aktywności sił natury. Ale każda siła zużywa się przez to właśnie, że jest czynna.

Weźmy jako przykład działalność gospodarczą ludzkości. Głównymi jej źródłami są energja chemiczna paliwa stałego i płynnego oraz energja mechaniczna wód. Ale zapasy paliwa mogą tylko się zmniejszać, a wodospady stają się coraz mniej obfite w miarę ścierania się gór. Każda przyczyna jakiegokolwiek zjawiska znika bezpowrotnie wraz ze swoim skutkiem. Opory i tarcia powstrzymują, hamują, unicestwiają z czasem wszystkie ruchy; nawet obrót ziemi staje się coraz powolniejszy. Co jest wysoko, musi upaść, co jest gorące musi wystygnać; co jest napięte, musi się rozprężyć. Świat się zużywa, wyżywa, zmierza do zgonu.

Fizycy, którzy wszystko mierzą, wszystko wyrażają liczbą, wynaleźli wielkość, która jest miarą, stopniem wyżycia się wszechświata. Ściślej biorąc nie całego wszechświata, lecz każdej określonej jego części, czyli „układu“. Wielkość ta nazywa się entropją. Jest to jakby miara fizycznej starości układu. Zasadnicze prawo starzenia się brzmi: „Entropja każdego zamkniętego w sobie układu wzrasta wskutek każdego zachodzącego w nim zjawiska“.

Czy ten wyrok jest nieodwołalny? Świat składa się z atomów. Wszystko, co widzimy i czego doznajemy, to tylko wyniki kapryśnej gry atomów. Łą-

czą się i rozdzielają, tworząc te mazy snu naszego życia, które nazywamy ciałami. Każda faza historii wszechświata jest inną figurą tego kosmicznego tańca atomów. Dlaczegożby atomy nie miały odwrócić tego, co już było, odwrócić biegu rzeki czasu? Dlaczego figurą końcową ma być zgon, nicość, bezład, równomierne rozszanie atomów, równomierny rozkład energii, ciśnień, temperatur? Wszak wiemy, że los poszczególnego atomu jest sprawą ślepego przypadku. Orzeł lub reszka... A jeśli tak, to dlaczego los wszechświata jako całości ma zawsze padać reszką?

Te właśnie pytania postawił sobie Boltzmann. Formułka, którą obrałem za tytuł tej pogawędki jest symbolicznym streszczeniem przeprowadzonej przez niego rewizji procesu wszechświata.

Formułka ta opiewa, że miarą entropji jest prawdopodobieństwo (mniejsza o logarytm i o „stałą Boltzmanną“; to sprawy matematyczne, które możemy nie zajmować się). Prawdopodobieństwo, zawsze prawdopodobieństwo. Ono jest jedynym sędzią w sprawach rządzonych kapryśnym kodeksem przypadku. Atomy błędzą tu i tam, szybciej lub wolniej, w gromadzie lub w rozsypce, ale chcąc, czy nie chcąc spełniać muszą zawsze jedno przykazanie: układać się, rozdzielać, rozmieszczać w sposób coraz bardziej prawdopodobny. I nawet gdybyśmy im przypisać chcieli chęć bawienia nas jaknajdłuższą grą różnorodnych pozorów, nic nie mogłyby poradzić wobec faktu, że najprawdopodobniejsze jest rozmieszczenie idealnie równomierne, w którym

niema kształtów, niema różnic temperatury, ani ciśnienia, w którym wszechświat jest nicością, nie w sensie zatrąty masy lub energii, lecz w sensie wygaśnięcia wszelkich ognisk, wyschnięcia wszelkich źródeł ruchu, zmienności, stawania się.

Zaznaczyć należy, że to prowadzące do zgonu urzeczywistnianie się stanów coraz bardziej prawdopodobnych nie jest konieczne, jest tylko niesłychanie prawdopodobne. Ale to na jedno wychodzi. Więzień, zamknięty w głębokim lochu może łudzić się nadzieją zbawczego trzęsienia ziemi. Ale ta jego chimeryczna nadzieja byłaby bez porównania lepiej ugruntowana, niż nasze liczenie na możliwość odwrócenia się kolei losu Wszechświata.

$S = k \cdot \lg W$ . Czy to nie stosowny napis na nagrobku? *Mane tekel fares*. W proch się obrócisz... Według wszelkiego prawdopodobieństwa...



## STATYSTYKA LUDZI I ATOMÓW

Statystyka odgrywa coraz większą rolę w życiu. Chcemy znać odsetek roczny urodzin i zgonów, wiedzieć, ilu ludzi umiera na gruźlicę, ile w ciągu roku jest dni słonecznych, jakim wahaniom ulega liczba bezrobotnych, ile węgla wyprodukowały nasze kopalnie i t. d., i t. d. Nic mylniejszego nad pogląd, że matematyka jest umiejętnością niepraktyczną. Zalani jesteśmy liczbami i wykresami; słowa „dane statystyczne“ powtarzają się w każdym niemal artykule, referacie, odczycie, dotyczącym zagadnień społecznych i ekonomicznych.

W czasach niewoli matematycy polscy, nie mogąc liczyć na otrzymanie katedry, wstępowali do Towarzystw Ubezpieczeń, by wykonywać tam obliczenia statystyczne. Litowano się nad nimi; sądzono, że marnują swoje talenty. Dziś przestaliśmy hołdować przesądowi, że uczonym jest tylko ten, kto wdziewa togę akademicką. Zespolecie nauki z życiem wydaje się nam nie poniżaniem nauki, lecz podnoszeniem, uszlachetnianiem życia. Uniwersytety tworzą specjalne studia o charakterze praktycznym. Z początkiem przyszłego roku akademickiego Wolna Wszechnica Polska uruchamia studjum matematyki statystycznej. Cel jest jasny: statystyka jest bronią obosieczną; nieumiejętne operowanie jej materiałem może przynieść więcej szkody, niż pożytku. Tylko statystyk z kulturą matematyka potrafi

odróżnić plewy od ziarna w obfitych, zbyt obfitych zbiorach żniw statystycznych.

Oto, powie czytelnik, nareszcie jest artykuł pisany przez fizyka, w którym niema ani słowa o fizyce. Chwila cierpliwości: zaraz wyjdzie szydło z worka. Artykuł ten piszę głównie dlatego, że interesuje mnie przyczyna tego wszechwładztwa metod statystycznych. I oczywiście twierdzę, że... wszystkiemu jest winna fizyka.

Na pierwszy rzut oka takie twierdzenie wydaje się pozbawione sensu. Zapewne statystyka i fizyka stawiają sobie cel podobny: zdobyć umiejętność ilościowego przewidywania zjawisk. Zdawałoby się jednak, że sposoby, jakimi posługują się te dwie umiejętności, są krańcowo sobie przeciwne. Jeżeli chcę wiedzieć, ile osób umrze w lipcu, zaglądam do statystyki zgonów w lipcu w latach ubiegłych, jeżeli jednak chcę wiedzieć, ile ciepła wytwarza grzejnik elektryczny, posługuję się prawem fizycznym, które ujęte w postać wzoru matematycznego, pozwala mi wyliczyć szukaną ilość ciepła na podstawie danych o natężeniu prądu i wysokości napięcia elektrycznego. Innemi słowy, statystyka przewiduje, co będzie jutro, na podstawie tego, co się dzieje dziś, co się działo zawsze; fizyk przewiduje na podstawie znajomości związku między przyczyną i skutkiem, wnioskuje napewno, ponieważ zna mechanizm zjawiska. Statystyka nie zna przyczyn wymieralności, nawet nie dba o nie, natomiast wierzy niezachwianie w potęgę liczby i dlatego wnioskom swym przypisuje tem większą wagę i tem

większy stopień prawdopodobieństwa, im obfitszy jest materiał statystyczny, na którym je opiera.

Z naszkicowanego tu obrazu wynikałaby ogromna wyższość sposobów fizycznych nad statystycznymi. Wydaje się bardziej zgodne z duchem nauki posługiwać się rozumowaniem, niż zbiorem liczb. Argumenty statystyczne mogą mieć wartość jedynie w braku innych, lepszych. Sprowadzają się do tego, że nieznaną nam prawidłowość zjawiska zastępujemy prawidłowością liczb. Statystyk jest, jak wódz wygrywający batalje liczebnością swych armij; fizyk zwycięża — zdawałoby się — sprawnością obmyślonych przez siebie maszyn.

W rzeczywistości jednak różnica między metodą fizyczną i statystyczną nie jest tak wielka, jakby się to mogło wydawać. Maszyny fizyka są również armjami... mrówek. Wszystkie ciała materialne składają się z liczby atomów tak olbrzymiej, że wszelkie liczby statystyków są wobec nich drobiażgiem. Własności ciał wynikają najczęściej z sumowania się własności atomów, np. gdy ciało traci ciepło, jego atomy oddają swą energję nazewnątrz. Jak eksport państwa składa się z indywidualnych aktów sprzedaży, tak wymiana energji między ciałami jest sumą poszczególnych wymian atomowych. Prawa fizyki są w istocie swojej statystyczne. Fizyk jest statystykiem... atomów. Podobieństwo obu umiejętności zaznacza się zwłaszcza w pracach nowoczesnych, w których coraz częściej wprost liczymy indywidualne zjawiska atomowe. Najbardziej uderzającym wyrazem tego podobieństwa jest coraz



bardziej rozpowszechniające się w laboratorjach stosowanie liczników telefonicznych do rejestrowania „rozmów między atomami“.

Powiedziałem, że maszyny fizyka są armjami... m r ó w e k. Zatem mrówki w mojem porównaniu to atomy. Ale mrówka jest przecież istotą żywą, nieobliczalną; atom musi być podwładny niezmiennym prawom przyrody. Wyobrażano sobie dawniej, że wszystko, co się dzieje w atomie, odbywa się z taką samą prawidłowością, jak obieg planet w układzie słonecznym. Łudziono się, że chociaż prawa, rządzące zachowaniem się ciał, są prawami statystycznymi, a zatem podlegają wahaniom przypadkowym, to atom przynajmniej jest wyrazicielem prawa niezachwianego, prawa fizycznego w najczystszej jego postaci. Atom miał być sanktuarjum, do którego statystyka nie ma dostępu. Dzisiaj wiemy, że tak nie jest. Nie możemy powiedzieć nic pewnego o losach pojedynczego atomu. Przedmiotem badania może być tylko zbiór, społeczność, armja atomów. Wszystko, co o nich wiemy, jest spisane na kartach statystycznych. Światem rządzi w ostatecznej instancji ślepy przypadek, a jednak jest w nim ład i harmonja, które podziwiamy wraz z Kopernikiem i innymi twórcami nauki. To powstawanie ładu z chaosu jest największym cudem natury. Urząd Statystyczny Wszechświata rozporządza materialem tak olbrzymim, że przepowiednie jego są niezawodne. Chociaż losy pojedynczego atomu są niewiadome, losy świata ujęte są w żelazne karby. Możemy spoglądać w przyszłość z całą ufnością.

## TAJEMNICE PRÓŻNI

Mówiąc o próżni chcę uniknąć zarzutu „przelewania z pustego w próżne“ i powiem odrazu, że to, co w fizyce nazywamy próżnią, nie jest ani puste ani próżne. W średniowieczu uczeni mawiali, że „*natura habet horrorem vacui*“, „natura ma strach przed próżnią“. Ich argumenty filozoficzne nikogoby dziś nie przekonały; zresztą w barometrze rtęciowym rtęć odrywa się od szczytu rurki pozostawiając nad sobą próżnię i żadnym argumentem nie można jej podciągnąć w górę, aby wypełniła ową próżnię. A jednak, jak to się często zdarza, w pomyłkach dawnej nauki tkwi pewne jądro prawdy — przyroda może nie boi się znowu tak panicznie próżni, ale jej bardzo wyraźnie nie lubi. Właściwie głównymi przedstawicielami tej antypatii są gazy i pary, którym nigdy nie jest dosyć miejsca, wchodzą wszędzie, gdzie się im udaje przeniknąć, a więc między innymi i w przestrzenie „opróżnione“. W przypadku barometru zdawałoby się, że gaz nie ma tam dostępu. Ale rtęć, jak każda ciecz, paruje, co prawda w bardzo słabym stopniu; jej para wypełnia całą przestrzeń uwolnioną przez rtęć.

Jeżeli już mówimy o upodobaniach przyrody, to należy stwierdzić, że są one bardzo różnostronne i... zależne od okoliczności. Co innego np. w atmosferze ziemskiej, a co innego w przestrzeniach mię-

dzyplanetarnych lub międzygwiazdowych. Tam panuje próżnia niemal idealna, a chociaż gwiazdy są kulami gazowymi, to jednak gazy te nie dają jakoś wyrazu swojemu zamięlowaniu do wszędobytności, nie rozlewają się po „pustym“ wszechświecie. Ich skłonność do włóczęgi jest w danym przypadku opanowana przez uczucia bardziej stateczne: ciążenie ku olbrzymiej masie skupionej w gwieździe.

Od tej analizy „zachceń“ natury ważniejsza jest może dla nas okoliczność, że człowiek bardzo lubi próżnię, gdyż ona odsłania mu różne prawa fizyczne i oddaje liczne usługi w technice. To też bardzo wiele pracy i pomysłowości poświęcono wynalezieniu jaknajdoskonalszych sposobów robienia próżni. Postępy osiągnięte w tej dziedzinie są bardzo wielkie i mogą się wydać imponujące, gdy powiemy, że umiemy rozrzedzić powietrze zgorą 10 miliardów razy. Nie ulegajmy jednak zbyt szeptu sugestji liczb. Wszystko jest względne, — zależne od sposobu przedstawienia. W tej najlepszej próżni mamy jeszcze w każdym centymetrze sześciennym 3 miliardy molekuł. Nie możemy rywalizować z próżnią międzygwiazdową, gdzie w jednym cm. sześć. znajduje się przeciętnie około 1 atomu.

Jesteśmy zatem w kłopotcie, nie wiemy, czy mamy triumfować, czy doznawać uczucia upokorzenia. Z kłopotu wybawia nas chwila zastanowienia. Nie chodzi o to ile mamy molekuł, lecz czy gazy rozrzedzone w tym stopniu, jaki umiemy osiągnąć, mają jakieś nowe ciekawe własności. Aby zdać sobie z tego sprawę, uprzytomnijmy sobie ile stopnio-



wania tkwi w słowach „pusty“, lub „próżny“. Mówimy, że szklanka lub flaszka została „opróżniona“, że jest „pusta“, gdy usunięto z niej zawartość (mniejsza o to czy wodę, czy coś „mocniejszego“). Wyrażając się w ten sposób, albo zapominamy o istnieniu powietrza, albo traktujemy je jako *quantité négligeable*. Ale fizycy, to ludzie, którzy nie tylko widzą „dziury w całym“, ale również umieją oczyma wyobraźni dostrzegać wiele rzeczy niedostępnych zmysłom. W zwyczajnym powietrzu, wypełniającem „pustą butelkę“, fizyk dostrzega, jak wiemy, nieprawdopodobnie wielkie krocie cząsteczek, — ale nie to jest dla nas najważniejsze. Bardziej interesuje nas to, że cząsteczki te, poruszając się z wielkimi prędkościami, nieustannie zderzają się ze sobą.

Ta uwaga służy do wytłumaczenia nam czem jest próżnia w sensie fizycznym. W naczyniu, z którego wypompowano powietrze, pozostaje jeszcze, jak wspominaliśmy, bardzo wiele cząsteczek. Ale istotna zmiana stosunków, jaka zaszła wskutek zrobienia próżni polega na tem, że cząsteczkom zrobiło się przestronniej; przestały przeszkadzać sobie, nie zderzają się ze sobą, nie obijają się jedna o drugą, lecz biegną bez przeszkody od ściany do ściany. Można fizycznie scharakteryzować próżnię, jako taki stan gazu, w którym wzbroniono cząsteczkom komunikowania się ze sobą w zderzeniach.

Ten zakaz sprawia, że „próżnia“ jest środowiskiem o własnościach bardzo cennych dla fizyki i techniki. Nie chcemy umniejszać tutaj dobro-

czynnej roli powietrza i innych gazów. Ale w niektórych przypadkach ten wszędy na ziemi wciskający się ośrodek poprostu nam przeszkadza. Wówczas najlepiej byłoby usunąć go zupełnie. Skoro jest to, jak wiemy, niemożliwe, skoro próżnia absolutna jest nieosiągalna, musimy poprzestać na próżni fizycznej. Prawie wszystkie funkcje powietrza sprawowane są za pośrednictwem zderzeń między jego cząsteczkami; to też stan bez zderzeń, czyli próżnia fizyczna paraliżuje w dostatecznym stopniu te funkcje.

Na co się to może przydać? Czytelnika zdziwi może wiadomość, że zastosowania próżni są bardzo liczne. Rola powietrza jako ośrodka polega na tem, że ono „rozprowadza“ każde zjawisko, np. głos, ciepło, a w niektórych przypadkach i elektryczność (jeżeli jest małe napięcie, powietrze „izoluje“, nie przepuszcza elektryczności, ale jeśli jest dostatecznie wielkie, następuje iskra, czyli wyładowanie). Stąd użytek próżni, jako uniwersalnego izolatora. Weźmy np. pod uwagę t. zw. naczynia do termosów. Mają podwójne ścianki szklane, między którymi próżnia gra rolę doskonałego izolatora ciepła. W rurkach Röntgena, gdzie między elektrodami istnieje wysokie napięcie kilkunastu lub kilkudziesięciu tysięcy woltów, próżnia jest izolatorem elektrycznym.

Wymieniłem przykłady najprostsze. Ale istnieje wiele innych zjawisk bardziej subtelnych, które wogóle wtedy tylko można obserwować, gdy im żaden ośrodek nie przeszkadza, t. j. w próżni. Tak się składa, że większość zjawisk, którymi się zajmuje

dzisiejsza fizyka, należy do tego typu. Dlatego kto wchodzi do laboratorium fizycznego, tego uderzy wielka ilość pomp próżniowych oraz „aparatura próżniowa“, która składa się z szeregu rur i naczyń szklanych o dziwnych kształtach. Z punktu widzenia malowniczości mamy tu godne zastępstwo kolb i retort pracowni alchemicznych. Ale niektóre z tych kolb wypróbowane w laboratoriach trafiają w ręce milionów ludzi. Mam tu na myśli wiernego przyjaciela wszystkich amatorów radja, lampkę katodową. Dzięki próżni, elektrony w tej lampie pełnią swą pracę wzmacniania sygnałów. Ponieważ do nadawania sygnałów służą również lampy katodowe opróżnione, tylko znacznie większych rozmiarów, przeto możemy powiedzieć żartobliwie, że „przelewianie z pustego w próżne“ niezawsze jest pozbawione treści.



## TEMPERATURA NAJNIŻSZA

Gazety doniosły przed kilkoma dniami, że w laboratorjum niskich temperatur powiodło się znacnemu uczonemu de Haasowi osiągnąć temperaturę zaledwie o ćwierć stopnia wyższą od t. zw. zera bezwzględnego. Przez słowa te rozumiemy granicę zimna, której przekroczyć w żaden sposób nie można, która określa zatem najniższą temperaturę, jaka wogóle istnieć może. Jakkolwiek granica ta jest bardzo odddalona od temperatur, z jakimi zazwyczaj mamy do czynienia, gdyż leży o  $273^{\circ}$  powyżej zwykłego zera naszych termometrów, to jednak samo jej istnienie wydać się musi czemś dziwnem i wymaga bliższego wyjaśnienia.

Każdy wie, że pojęcie temperatury oparte jest na prostych wrażeniach zmysłowych, pozwalających nam ocenić, czy jakiś przedmiot jest cieplejszy czy zimniejszy od innego. Na wyższym szczeblu poznania kojarzymy pojęcie temperatury ze wskazaniem termometru. Ale skala temperatur dostępna w codziennem życiu jest niewielka. O ile chodzi o wysokie temperatury, skalę tę łatwo rozszerzamy chociażby zapomocą najstarszego wynalazku technicznego ludzkości — ognia. Temperatura paleniska w piecu kuchennym wynosi około  $1.200^{\circ}$ , w palniku gazowym osiąga  $1.700^{\circ}$ , w palnikach tlenowo-acetylenowych, używanych do spawania szyn, przekracza  $2.000^{\circ}$ . Tego samego rzędu jest temperatu-

ra włókna metalowego w żarówce. Znacznie wyższe temperatury, przekraczające  $3.000^{\circ}$ , istnieją w łuku elektrycznym.

Wspomniane temperatury wyznaczają w przybliżeniu granicę gorąca osiągalnego na ziemi. Aby posunąć się jeszcze dalej, musimy odbyć choćby w wyobraźni podróż międzygwiazdną. Temperatura powierzchni słońca zbliżona jest do  $6.000^{\circ}$ : również i gwiazdy mają wysoką temperaturę, wahając się od  $3.000^{\circ}$  do  $30.000^{\circ}$ . Najzimniejsze są gwiazdy czerwone, najgorętsze — białe.

Ale i te temperatury są dziecinną zabawką w porównaniu z wnętrzem gwiazd, gdzie temperatura sięga 40 milionów stopni.

Czy istnieje temperatura najwyższa, granica górna temperatur, podobnie jak dolna, o której dopiero co wspominaliśmy? Za chwilę zobaczymy, że takiej granicy niema, ale zrozumiemy to dopiero, kiedy zapoznamy się z fizyczną istotą temperatury.

Najpierw jednak uprzytomnijmy sobie, jak się sprawy mają z temperaturami poniżej zera. Zima nawet podbiegunowa, niewiele nam daje w tym względzie, jakieś —  $60^{\circ}$ . Podobne temperatury istnieją w najwyższych warstwach powietrza, np. w t. zw. stratosferze, którą niedawno „zwiedzał“ w swej gondoli prof. Piccard. Prawdziwie niskich temperatur dostarczają nam dopiero przestworza kosmiczne, gdzie temperatura spada do kilku zaledwie stopni powyżej zera bezwzględnego. W zakresie niskich temperatur człowiek skutecznie rywali-

zuje z naturą. Temperatura ciekłego powietrza, skroplonego po raz pierwszy przez Wróblewskiego i Olszewskiego, wynosi —  $183^{\circ}$ , t. j.  $90^{\circ}$  powyżej zera bezwzględego. Najniższe temperatury, osiągnięte w Leydzie, pobijają nawet rekord zimna międzygwiazdowego.

Wspomnieliśmy, że pojęcie temperatury jest nieodłączne od pojęcia termometru. Ponieważ rtęć zamarza w temperaturze  $-35^{\circ}$ , paruje zaś gwałtownie powyżej  $350^{\circ}$ , przeto widzimy, że gdybyśmy rozporządzali tylko termometrem rtęciowym, wszystkie rozważania o temperaturach bardzo wysokich i bardzo niskich byłyby pozbawione sensu.

Ale fizyków to nie przeraża. Oni zawsze biorą za punkt wyjścia pojęcia fizycznego świadectwo zmysłów, np. wzroku w przypadku światła, następnie doszukują się w danym zjawisku pewnych cech obiektywne i przy pomocy tych cech rozszerzają pojęcie pierwotne. Prostym przykładem takiego rozszerzonego pojęcia fizycznego są promienie nadfioletowe, które zaliczamy do zjawisk świetlnych, mimo, że nie działają na zmysł wzroku.

Podobnie i w przypadku temperatur fizyk uniezależnia się od wrażenia zmysłowego: zimniej i cieplej, a nawet od wskazań tego, czy innego termometru. Dla niego obiektywną cechą, umożliwiającą rozszerzenie pojęcia temperatury, jest aktywność ciał, ich zdolność do wykonywania pracy. Każdy wie, że „żar“ jest siedliskiem mocy; w tem leży źródło uczucia radości, jakie budzi widok ognia, oraz starodawnego kultu ognia, a nadewszystko słońca,



twórczej przyczyny wszystkiego, co dzieje się na ziemi. Fizyk zauważa, że różnice temperatur między ciałami są konieczne do tego, by coś się działo w przyrodzie. Wszystkie maszyny, wytwarzające pracę, czy to parowe, czy benzynowe, opierają się na różnicy temperatur. Pozorny wyjątek stanowią maszyny, zużytkowujące siłę wiatru lub wód, należy jednak pamiętać, że wiatr powstaje wskutek nierównomiernego ogrzania kuli ziemskiej; wody zaś parują z oceanu i skraplają się na wyżynach dlatego, że wyżyny są chłodniejsze od oceanów.

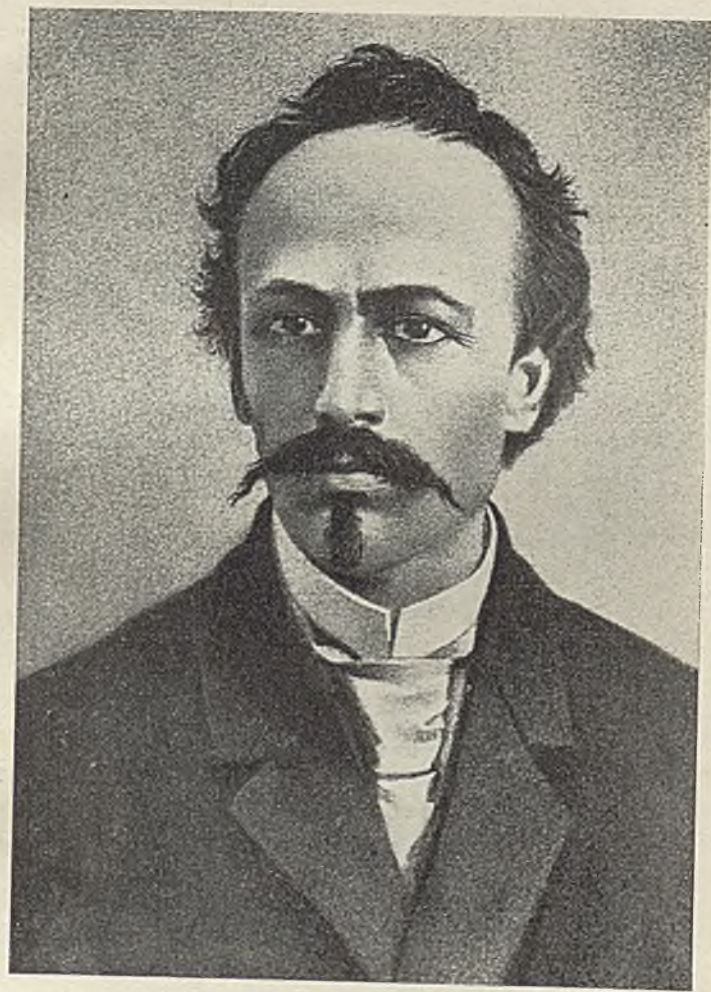
Opierając się na tej obserwacji, fizyk definicję temperatury opiera na aktywności ciał. Istnieje cały szereg „termometrów“, służących do wyznaczenia tej aktywności. Najbardziej znany, szeroko stosowany w hutnictwie i fabrykacji lamp elektrycznych, t. zw. pirometr, pozwala mierzyć promieniowanie ciał gorących. Nie możemy tu mówić o innych sposobach wyznaczenia aktywności cieplnej. Ograniczymy się do odpowiedzi na pytanie, jakie jest jej źródło.

Atomistyka tłumaczy zjawiska widoczne ruchami cząstek niewidzialnych. Źródłem aktywności cieplnej ciał jest, według atomistyki, energja ruchu cząsteczek i atomów. Im te ruchy są szybsze, tem energja ich jest większa, a zatem większa jest aktywność, wyższa temperatura ciała.

Prędkości ruchu cząsteczek w temperaturze pokojowej są rzędu kilkuset metrów na sekundę; we wnętrzu gwiazd osiągają olbrzymie wartości: rzędu kilkuset kilometrów na sekundę.

## POCHWAŁA FIZYKI

Jasne jest, że nie może istnieć żadna górna granica temperatury, gdyż zawsze możemy sobie wyobrazić ruchy dowolnie szybkie. Natomiast temperaturą najniższą jest ta, w której wszelkie ruchy cząsteczek ustają i ciało „zamarza“ niejako „od wewnątrz“. Tę właśnie temperaturę nazywamy zerem bezwzględnem.



OLSZEWSKI



## CIEKŁE POWIETRZE

W ostatnim swoim feljetonie pisałem o zerze bezwzględnym, tym „ideale zimna“, oznaczającym zamarcie wszelkiej aktywności materji, wygaśnięcie drgań i ruchów atomowych, zeszywnienie ciał nie tylko nazewnątrz, lecz również w ich niewidocznej atomowej strukturze.

Dzięki osiągnięciu przez holenderskich uczonych temperatury zaledwie o ćwierć stopnia wyższej od zera bezwzględnego jesteśmy niemal u progu tej bramy bezwładu materji. Odkrycie to stanowi najnowszy, choć może nie ostateczny etap w długim łańcuchu wysiłków, zmierzających do osiągnięcia coraz niższych temperatur. Jest rzeczą wysoce znamionną, że zbiegło się ono niemal dokładnie z pięćdziesięcioleciem jednego z pierwszych, bardzo doniosłych w następstwa etapów tej samej drogi: skroplenia tlenu i azotu. Jubileusz ten, któremu prof. W. Werner poświęcił piękny referat, wygłoszony w Polskiem Towarzystwie Fizycznym, jest retrospektywnem świętem nauki polskiej i ożywia w naszej pamięci postacie Zygmunta Wróblewskiego i Karola Olszewskiego, profesorów Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Słuchaliśmy tego referatu z uczuciem podziwu dla talentu i pomysłowości krakowskich uczonych, którzy rozporządzając prymitywnymi środkami ówczesnej techniki, zdołali rozwiązać zagadnienie,

nad którym od dłuższego czasu pracowano bezskutecznie zagranicą.

Chociaż skroplenie powietrza jest tylko drobnym fragmentem akcji skierowanej ku osiągnięciu Zera Absolutnego, to jednak warto mu poświęcić dłuższą chwilę uwagi.

Tylko dla lotnika powietrze jest taką samą materją, jak każda inna. Zna on je na wylot, czuje niemal zmysłami opory, jakie powietrze stawia śmidze i sterom, dotkliwie doświadcza jego zmian gęstości, gdy natrafia na „dziurę“.

Ale w codziennem życiu powietrze ma dla nas cechy napół realne. Właściwie nie zauważamy go chyba, że jest „dobre“, albo „złe“, „zimne“ albo „ciepłe“. To też nie można się oprzeć zdumieniu, gdy się je widzi w postaci zwykłej cieczy, wyposażone w atrybuty „najprawdziwszej rzeczywistości“: — kształt, barwę, zajmowanie określonego miejsca itp.

Będąc dzieckiem, słuchałem z niezatartem do dziś dnia wrażeniem odczytu prof. Estreichera, który poraz pierwszy w Warszawie demonstrował przywiezione z Krakowa ciekłe powietrze (krążył wtedy żart, iż lada chwila wkroczy policja, by skonfiskować „krakowskie powietrze“). Wszystko było zagadką, nawet piękne, lśniące flaszki, o podwójnych, oddzielonych próżnią posrebrzonych ściankach, które tak skutecznie chroniły zawarte w nich ciekłe powietrze od szybkiego parowania, że pozwoliły przewieźć je z Krakowa do Warszawy. Gdy nachylano flaszki, powietrze wylewało się klarowną strugą błękitnawej barwy, która pochodzi od tle-

nu, gdyż ciekły azot jest bezbarwny. Rozpryskując się na stole, krople ciekłego powietrza rozbiegały się z głośnym sykiem, jak krople wody na rozżarzonej blasze. Zanurzone w ciekłym powietrzu ciała wykazywały niezwykle własności: rtęć dawała się kuć, a kwiaty stawały się twarde i tak kruche, że przy dotknięciu rozsypywały się w proch.

Wszystkie te eksperymenty należą dziś do powszechnie znanych i pokazywane są w szkołach średnich. A jednak, choć w laboratorium mojem mam stale do czynienia z ciekłym powietrzem, w moich stosunkach z niem zostało jeszcze nieco świeżości pierwszego, pełnego zachwyty, poznania. Ale dzisiaj ciekłe powietrze nie jest osobliwością przywożoną z dalekich stron. Otrzymywane jest fabrycznie na wielką skalę; po odparowaniu bardziej lotnego azotu zostaje czysty tlen, który następnie poddaje się również odparowaniu i wtłacza pod ciśnieniem w stalowe bomby. W tej postaci tlen używany bywa w medycynie do podsycaenia czynności oddychania oraz w technice do otrzymywania bardzo gorących płomieni, potrzebnych do spawania żelaza i innych metali.

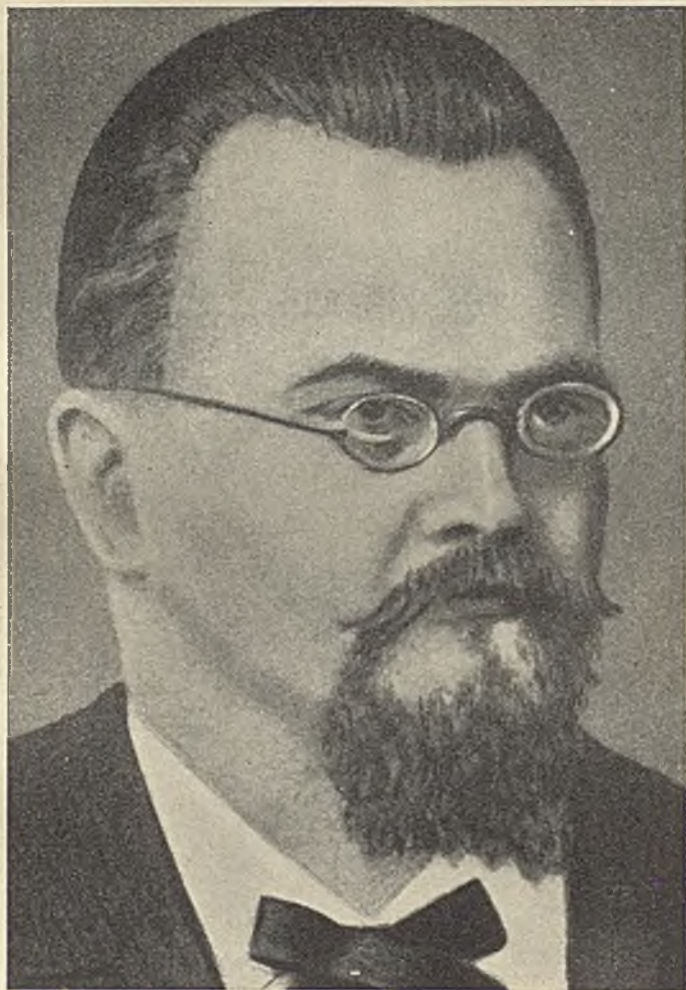
Ale choć odkrycie polskich uczonych przyczyniło tak wielkie korzyści praktyczne, daleko większe jest ich znaczenie naukowe, gdyż wszystkie niemal próby osiągnięcia coraz niższych temperatur związane były ze skraplaniem coraz to innych gazów i badaniem ich własności w stanie ciekłym, a nawet zestalonym. Ażeby to zrozumieć, musimy przypomnieć sobie, że w gazach cząsteczki porusza-



ją się swobodnie, w cieczach zaś, których gęstość jest o wiele większa, odległości cząsteczek są tak małe, że są one jakgdyby związane ze sobą mocą wzajemnych przyciągań. Przyciągania te działają, choć znacznie słabiej, również i w gazach, można by powiedzieć, że reprezentują w zespole cząsteczek pierwiastek uspołecznienia, cząsteczki jednak są tak „rozbiegane“, że nie jest on zdolny przemócić im do sumienia, zebrać ich „do kupy“; wprost przeciwnie, ruchy cząsteczek nadają im cechy włóczęgów, skłonnych do zawędrowania wszędzie, gdzie się da; dlatego gaz w odróżnieniu od cieczy, rozprzestrzenia się we wszelkiej, choćby największej, zaofiarowanej mu objętości.

Jeżeli jednak zdołamy uspokoić gwałtowne ruchy cząsteczek, wówczas siły przyciągania zrobią swoje; skupią cząsteczki w gęstszej masę; nastąpi skroplenie gazu.

W poprzednim feljetonie mówiliśmy, że ruchy są tem szybsze, im temperatura jest wyższa; odwrotnie obniżenie temperatury działa, jak uśmierający środek na rozruchane w bezładnym tańcu cząsteczki. Stopień obniżenia temperatury, jaki jest konieczny do zwycięstwa sił przyciągania, t. j. do skroplenia gazu, zależy od natury tych sił. Są gazy, których cząsteczki mają tak słabe poczucie solidarności, że ruchy muszą ustać niemal zupełnie, t. j. temperatura zbliżyć się musi do zera bezwzględnego, by nastąpiła kondensacja. Do takich nieuspołeczniczonych gazów należy hel, który skrapla się dopiero w temperaturze 5° powyżej zera absolutnego. Składniki



WRÓBLEWSKI

## CIEKŁE POWIETRZE

powietrza, tlen i azot, łatwiej dają się poskromić — dlatego skraplanie powietrza powiodło się polskim uczonym 50 lat temu, t. j. w czasie, kiedy technika niskich temperatur nie była tak udoskonalona, jak obecnie.



## TABLICA MENDELEJWA

Świat naukowy obchodzi w tych dniach uroczystości setną rocznicę urodzin słynnego uczonego rosyjskiego, Dymitra Mendelejewa, odkrywcy układu perjodycznego pierwiastków. Choć skądinąd jest zupełnie naturalne, że jubileuszowi temu poświęcam feljeton, odczuwam pewnego rodzaju zażenowanie, jak człowiek, któremu kazano mieć naukowy wykład na zebraniu towarzyskiem. Układ perjodyczny pierwiastków, to trzy słowa, z których przynajmniej dwa nikomu nic nie mówią. Może jest poprostu nieuprzejmie narzucać Czytelnikowi najpierw zrozumienie tego, co to jest „układ“, następnie co znaczy „perjodyczny“ i wreszcie wyjaśnienie do czego to wszystko służy.

Odwołam się przeto do wspomnień z lat dziecinnych. Czy przypominasz sobie Czytelniczko (ku), że gdy chodziłaś (eś) do szkoły, w klasie wisiała pokratkowana tablica, zwana tablicą Mendelejewa? W kratkach wypisane były litery, niekiedy samotne, niekiedy w towarzystwie innej litery. Otóż „układ“ — to „tablica“, jego „perjodyczność“ wyraża się w kratkowaniu, litery zaś lub pary liter to pierwiastki — powiedzmy gwoli ścisłości — symbole pierwiastków.

Do czego to służy? Może do łatwiejszego spamiętania nazw pierwiastków? Ale w takim razie poco to dziwne rozstawienie? Nie, tu chodzi o co innego,

## TABLICA MENDELEJEWA

o przemawiające do wyobraźni i rozumu przedstawienie własności wszystkich pierwiastków. Tablica Mendelejewa jest klasyfikacją, jest zarazem niezmiernie wymowną syntezą naszych wiadomości o przyrodzie martwej. Świat składa się z niezliczonej liczby związków chemicznych, ale, patrząc na tablicę widzimy kwintesencję materji, odwar wszechświata przyrządzony w dziwacznych naczyniach, które noszą nazwę Abstrakcji, Analogji i Dedukcji.

Spójrzmy na nią z innego punktu widzenia i traktujmy symbole chemiczne jako inicjały Obywateli Materji, pierwiastków chemicznych. Są tam jeszcze liczby; wyobraźmy sobie, że oznaczają wzrost każdego z nich. Dostrzeżemy zatem, że Obywatele Materji są ustawieni podług wzrostu od lewej do prawej ręki i zgóry nadół. Oprócz wzrostu obywatel ma wagę; w chemji nazywa się to ciężarem atomowym. W tablicy Mendelejewa ustawiano obywateli podług wagi, gdyż nie znano własności, której odpowiadałoby to, co nazwałem wzrostem. Dziś znamy tę własność: jest to liczba elektronów w atomie. Zresztą obie podstawy klasyfikacji są niemal zgodne, znamy tylko trzy pary obywateli, w których mniejszy jest cięższy: są to kobalt (Co) i nikiel (Ni), argon (A) i potas (K), telur (Te) i jod (J).

Mniejsza z tem, powie Czytelnik, na jakiej podstawie pierwiastki zostały uszeregowane, dość, że nie grozi im przeniesienie do niższej kategorii. Ale dlaczego są ustawione w rzędy i w dodatku dlaczego niektóre rzędy są dłuższe, inne krótsze; dlaczego

jest osiem kolumn i wszystkie mają w swych kratkach po jednym mieszkańcu, ósma zaś w kilku kratkach musi dawać schronienie aż trzem? Dlaczego wreszcie czternaście pierwiastków wyrzucono z tablicy i umieszczono w osobnej komórce, jak jakieś dziwolągi? Gdyby Czytelnik istotnie zadał te pytania, znaczyłoby to, że mój sposób przedstawienia osiągnął cel, zaszczepiwszy mu ciekawość, która jest pierwszym stopniem do piekła przysłowiowego i do raju poznania prawdy.

W każdej kolumnie zebrane są pierwiastki chemicznie podobne. Np. pierwsza nazywa się grupą pierwiastków alkalicznych, spośród których najbardziej znane są sól i potas, ósma (przeskakując pozostałe gwoli krótkości) zawiera gazy szlachetne: hel, neon, argon i t. d. Zgóry zastrzegam się, że jest to przedstawienie przybliżone, np. pierwsza zawiera srebro i złoto, niepodobne do potasu i sodu, ósma zaś żelazo i platynę (należące do „trójek“), które w niczem nie przypominają gazów szlachetnych. Kto chce szczegółów, niech przeczyta np. książkę „Nowoczesna Alchemja“ Kendalla, lub „Budowa materji“ prof. Ziemeckiego.

Musimy poprzestać na oglądaniu tablicy, że tak powiem, zdaleka. W tej perspektywie dostrzeżemy tylko jeden fakt, zato pierwszorzędgo znaczenia: co ósmy pierwiastek jest podobny. Chemiccy mówią, że liczba 8 jest perjodem lub okresem układu perjodycznego. Jest to zupełnie tak, jak gdyby Obywatele Materji, rosnąc, zmieniali wszystkie swe własności; gdy jednak przyrost wy-



## UKŁAD PERJODYCZNY PIERWIASTKÓW

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H 1,008							2 He 4,0
2	3 Li 6,94	4 Be 9,01	5 B 10,82	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2
3	11 Na 23,00	12 Mg 24,32	13 Al 27,1	14 Si 28,06	15 P 31,04	16 S 32,07	17 Cl 35,46	18 Ar 39,8
4	19 K 39,1  29 Cu 63,57	20 Ca 40,07  30 Zn 65,37	21 Sc 45,1  31 Ga 69,72	22 Ti 48,1  32 Ge 72,5	23 V 51,0  33 As 74,96	24 Cr 52,0  34 Se 79,2	25 Mn 54,93  35 Br 79,92	26 Fe 27 Co 28 Ni 55,84 58,97 58,68  36 Kr 82,9
5	37 Rb 85,45  47 Ag 107,8	38 Sr 87,63  48 Cd 112,4	39 Y 88,7  49 In 114,8	40 Zr 90,6  50 Sn 118,7	41 Nb 93,5  51 Sb 121,8	42 Mo 96,0  52 Te 127,5	43 Ma   53 I 126,92	44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,7 102,9 106,7  54 X 130,2
6	55 Cs 132,8  79 Au 197,2	56 Ba 137,4  80 Hg 200,6	57 La 138,9  81 Tl 204,4	72 Hf 179,5  82 Pb 207,2	73 Ta 181,5  83 Bi 209,0	74 W 184,0  84 Po	75 Re   85 ?	76 Os 77 Ir 78 Pt 190,9 193,9 195,2  86 Rn 222,0
7	87 ?	88 Ra 226,0	89 Ac	90 Th 232,1	91 Pa	92 U 238,2		

Ponadto między La i Hf mieści się 14 następujących pierwiastków zwanych rzadkimi ziemiami:

58 Ce	58 Pr	60 Nd	61	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Cp
140,2	140,9	144,3		150,4	152,0	157,3	159,2	162,5	163,5	167,7	169,4	173,5	178,0



sokości osiągnie pewną określoną wartość, wówczas nagle otrzymuje się obywatela podobnego do jednego z poprzednich. Mówiłem, że odpowiednikiem chemicznym wysokości jest liczba elektronów w atomie; fakt powyższy oznacza zatem, że gdy w atomie przybywa jeden elektron, własności się zmieniają, podobnie gdy przybywają 2, 3 i t. d. elektrony; jeżeli jednak liczba elektronów powiększa się o osiem, nowy atom jest podobny do jednego z dawnych.

Tłumaczymy to sobie bardzo prosto. Elektrony są sługami atomu, one spełniają jego funkcje chemiczne. Nie wszystkie jednak, lecz tylko niektóre — elektrony na pokaz, zwane wartościowemi, rozmieszczone na powierzchni atomu. Pozostałe skupione są beczynnie we wnętrzu atomu, połączone w grupy, jakgdyby związane ze sobą, lub trzymające się za ręce. Taka grupa powstaje np. z 8 elektronów. Grupa może wytworzyć się również „na wierzchu“, w zewnętrznej sferze atomu. Wyobraźmy sobie, że postępujemy od jednego pierwiastka do następnego; stwierdzamy, że liczba elektronów „napokaz“, elektronów czynnych, stale wzrasta. Gdy jednak jest już ich osiem, tworzą grupę, chwytają się za ręce, przestają być czynne. Powstaje pierwiastek chemicznie obojętny, czyli gaz szlachetny. Gdy przybędzie 9-ty elektron, grupa ukrywa się we wnętrzu atomu, atom zachowuje się jakgdyby posiadał tylko ów ostatni elektron, musi być zatem podobny do jednego z poprzednich, mianowicie do tego, który posiadał jeden tyl-



ko z ośmiu obecnie ukrytych i nieczynnych elektronów.

Oto w kilku słowach wyjaśnienie zasady podobieństw w układzie perjodycznym. Należy zaznaczyć, że „klub ósemkowy“ nie jest jedyną formą zrzeszania się elektronów. W niektórych miejscach układu perjodycznego pierwiastki posiadają ukryte we wnętrzu atomu grupy, które ujawniają chęć przyjmowania nowych członków. Gdy zatem przybywa nowy elektron, nie pozwalają mu „iść do służby“, lecz zapraszają „nadół“, do klubu. W tych okolicach dodanie elektronu nieznacznie tylko wpływa na własności chemiczne i dlatego te miejsca sprzeniewierzają się perjodyczności układu perjodycznego. Toteż pierwiastków powstających w ten sposób też nie można dobrze ulokować w tablicy Mendelejewa i gdy ich jest zbyt wiele, trzeba zarezerwować im osobną małą tabliczkę. Oto geneza prostokątu, który leży obok tablicy, i który obejmuje t. zw. rzadkie ziemie.

Ale o tem wszystkim Mendelejew nie wiedział. I on oglądał swą tablicę „z oddali“ — choć znał bez porównania więcej szczegółów, niż mogłem podać w tym feljetonie. Największą, nieśmiertelną zasługą jego jest, że gdy w kolejności znanych mu pierwiastków spotykał taki, który ze względu na swoje własności chemiczne nie mógł być umieszczony w przypadającym mu miejscu, lecz w następnem, wówczas umiał dopatrzeć się w tym fakcie wskazówki istnienia nieodkrytego dotąd pierwiastka, którego przeznaczeniem miało być zajęcie pu-

## TABLICA MENDELEJEWA

stego, niejako zgóry przygotowanego miejsca. W ten sposób Mendelejew przewidział istnienie i dokładnie opisał własności szeregu nieznanym mu pierwiastków, z których pięć zostało odkrytych znacznie później.

~~BIELSKA  
Państwowego Liceum Pedagogicznego  
w GLIWICACH~~

## FIGIEL, KTORY ZAWAŻYŁ NA LOSACH LUDZKOŚCI

Doprawdy, coś mistycznego ma w sobie zwracanie się igły magnetycznej ku północy, jej tajemna, nieomylna wiedza o tem, czego umysł musi docho dzić na podstawie niezawsze możliwej obserwacji. Któż z nas, chłopcem będąc, nie życzył sobie busoli, jako upominku i nie obracał bez końca jej pudełeczka, patrząc z podziwem na upór igły, która posłuszna własnemu prawu, zapatrzona w niewidzialny biegun magnetyczny ziemi, nie chce nic wie dzieć o ruchach swojej oprawki.

W wieku dorosłym nie sprawia to na nas wraże nia; nie takie widzieliśmy dziwy. Wyobraźmy so bie jednak, jaką sensację musiało budzić w winiar niach genueńskich lub weneckich XIII wieku, gdy jakiś obieżyświat ze wschodu demonstrował figiel chińskiego djabła, figurkę niewątpliwie zaczarowa ną, wyciągającą rękę ku gwieździe Polarnej — w tej bowiem formie chińczycy wyrabiali swoje busole. Figiel ten zaważył na losach ludz kości więcej, niż niejeden napozór bardziej wymyślny wynalazek. Dzięki niemu żegluga nabrała pewności siebie, wy ruszyła z wód kontynentalnych na pełny niezmie rzony ocean; odkryła wszystkie Ameryki, dokonała podboju kuli ziemskiej, jakgdyby gest magnetycz-



nego mandaryna zapraszał nie ku północy, lecz ku opasaniu ziemi.

I dzisiaj jeszcze busola, jakkolwiek niepodobna do swego nieudolnego pierwowzoru, udoskonalona do ostatnich granic, jest podstawowym instrumentem żeglarskim. Oczywiście pamiętamy, że południk magnetyczny jest różny od geograficznego i prawdziwy kurs okrętu poznajemy dopiero po przestudjowaniu mapy magnetycznej danej okolicy. Oczywiście w łodzi podwodnej igła magnetyczna nie może „dostrzec“ bieguna ziemskiego poprzez otaczający ją zzewnątrz pancierz stalowy łodzi; tam marynarz używa innego, mechanicznego, przewodnika, zwanego kompasem giroskopowym. Ale naogół postępy techniki rozszerzyły niezmiernie pole stosowania zjawisk magnetycznych. Czy mam wyliczyć wszystkie wynalazki oparte na magnetycznych własnościach żelaza i jego stopów? Elektryczne prądnice i motory, przyrządy miernicze, transformatory, telefony, telegrafy... Poczciwe żelazo, odwieczny sojusznik człowieka w jego walce z przyrodą i... niestety z bliźnim, do wszystkich swych zalet dołącza cnotę magnetyczną, tem cenniejszą, że niespotykaną w większości innych pierwiastków chemicznych.

Cnota ta została wyzyskana w pełni dopiero wtedy, gdy poznano wzajemne działania prądów elektrycznych i magnesów. Wiadomo, że prąd przyciąga żelazo, podobnie jak magnes; mówimy, że wytwarza pole magnetyczne. Najłatwiej to obserwować, gdy prąd obiega gęste uzwojenie cewki cylin-

drycznej, podobnej do szpulki grubych nici; pod względem swych działań taka cewka niewiele różni się od magnesu o tym samym kształcie, mającego bieguny na podstawach cylindra.

Pole magnetyczne prądów pozwoliło nam lepiej zbadać dwoiste oblicze magnetyzmu żelaza i jego stopów, mianowicie zdolność odgrywania roli bądź magnesów trwałych, bądź chwilowych. Pierwsza z tych form jest charakterystyczna przedewszystkiem dla twardych gatunków stali; druga przysługuje chemicznie czystemu żelazu i niektórym miękkim stalom. Każdy z powyższych metali umieszczony w polu magnetycznem, np. w pobliżu cewki prądowej staje się magnesem w większym lub mniejszym stopniu; jednakże w odmianach miękkich magnetyzm znika natychmiast po usunięciu jego przyczyny, gdy tymczasem metale pierwszego typu zachowują go przynajmniej częściowo na stałe.

Należy zaznaczyć, że w zastosowaniach praktycznych magnetyzm chwilowy odgrywa większą rolę, niż trwałe, gdyż nadaje się do wykonywania różnych czynności w chwili wybranej przez człowieka (dzwonek, telegraf), lub narzuconej przez inne zjawiska.

Gdy mówimy o magnetyzmie, najczęściej mamy na myśli przyciąganie bryłek żelaznych przez magnesy trwałe i cewki z prądem. Jednakże z punktu widzenia naukowego to ciążenie ku źródłu pola nie jest najważniejszą własnością magnetyczną żelaza, jakkolwiek większość zastosowań praktycznych

opiera się na tej własności. Za punkt wyjścia naszych rozważań obierzemy raczej fakt, że ciało namagnesowane posiada bieguny, jakby dwie strony o różnych własnościach, stronę „północną“ i „południową“. Wiadomo, że w igle magnetycznej strona „północna“ zwraca się ku północy. Zjawisko to jest powszechne: każde ciało namagnesowane dąży do ustawienia się w kierunku pola, t. zn. w przybliżeniu tak, aby kierunek od bieguna południowego do północnego wskazywał źródło pola; magnes lub cewkę z prądem.

Przyciąganie magnetyczne jest tylko skutkiem tej orjentacji, bowiem z dwu biegunów, położony bliżej jest przyciągany, dalszy jest odpychany. Przeciąganie jest silniejsze, bo działa z mniejszej odległości i dlatego decyduje o ruchu całości. Jeżeli jednak źródło pola jest bardzo daleko, różnica między przyciąganiem i odpychaniem zaciera się i pozostaje tylko główne zjawisko magnetyczne: obracanie się ciała namagnesowanego, dopóki jego kierunek nie stanie się zgodny z kierunkiem pola. Dlatego igła magnetyczna nie posuwa się jako całość ku biegunowi magnetycznemu ziemi, lecz tylko obraca się aż się ustawi we właściwym kierunku.

Możemy powiedzieć krótko: m a g n e s m a „p o c z u c i e“ k i e r u n k u. Szukając wytłumaczenia tej zadziwiającej własności, postępujemy, jak niemal zawsze w fizyce; usiłujemy ją sprowadzić do własności części najmniejszych. Wyobrażamy sobie przeto, że żelazo i stal składają się z atomów, które same są małutkami magnesikami. Dlaczego zatem



każdy kawałek żelaza nie jest magnesem? Dlatego, że poszczególne atomy nic o sobie nie wiedzą, ich magnesy są skierowane we wszystkie możliwe strony, są jak tłum, który nie wie czego chce, chociaż każde indywiduum posiada wolę. I podobnie, jak trzeba bodźca zewnętrznego, np. woli przywódcy, by tłum uczynić zdolnym do akcji w pewnym określonym kierunku, tak i w bezładnym zbiorowisku magnesów atomowych pole zewnętrzne, „zapatrzenie się“ w jego źródło, stwarza ład i szyk, ustawia równolegle magnesiki atomowe, czyni z całości ciało o własnościach kierunkowych, stwarza w niem stronę „północną“ i „południową“, jednym słowem czyni z niego magnes.

Nie należy sobie wyobrażać, że atomy żelaza stanowią pod tym względem jakiś osobliwy wyjątek wśród atomów innych substancyj. Atomy i cząsteczki bardzo wielu innych (t. zw. ciał paramagnetycznych) są również magnesami. A jednak poza żelazem i jego stopami tylko bardzo nieliczne ciała, np. kobalt i nikiel zachowują się w polu magnetycznym w sposób wyraźnie podobny do żelaza, są, jak mówimy „ferromagnetyczne“ (ferrum-żelazo).

Dlaczego zatem, skoro tak liczne atomy mają „poczucie kierunku“, w wyjątkowym tylko przypadku udaje się zaprząć je do wspólnego wysiłku, uczynić z bezładnego tłumy skoordynowaną całość. Czyżby substancje, jak społeczeństwa posiadały w różnym stopniu instynkt społeczny?

Przyczyna jest szczególna: wszelki ład w naturze ma bezlitosnego wroga:

temperaturę. Atomy i cząsteczki są w bezładnym ruchu, ruchu tem gwałtowniejszym, im temperatura wyższa. Proszę nie wyobrażać sobie, że chodzi tu o jakieś temperatury przesadnie wysokie; już w temperaturze pokojowej atomy i cząsteczki pędzą we wszystkich możliwych kierunkach z prędkością rzędu 500 m/sek., uderzając o siebie gwałtownie i uniemożliwiając zaprowadzenie ładu, wytknięcie kierunku w społeczeństwie atomowem. Jedyńy sposób na tego demona nieporządku, to bardzo niska temperatura, zbliżona do zera bezwzględnego. W temperaturze ciekłego helu moglibyśmy sporządzić wcale potężny elektromagnes z bryły... zamrożonego tlenu. Ten sam tlen jednak magnesuje się w temperaturze pokojowej tak nieznacznie, że możemy to wykazać jedynie zapomocą subtelnych przyrządów.

Dlaczegoż tedy żelazo i inne ferromagnetyki poddają się tak łatwo dyscyplinie pola magnetycznego? Wyjaśnienie tego faktu, po wielu próbach poprzedników, zawdzięczamy Heisenbergowi, laureatowi nagrody Nobla, jednemu z twórców mechaniki kwantowej. Ponieważ jest to teoria matematyczna, mogę jedynie ilustrować ją przenośnią. Atomy żelaza mają skłonność do równoległego ustawiania swych osi magnetycznych, jakby przyrodzone zamiłowanie do ładu. W normalnych warunkach ten dobry charakter, głos sumienia atomów żelaza, zagłuszony jest bezsensowną wrzawą ruchów cieplnych. Wystarcza jednak względnie słabej pobudki, pola magnetycznego, aby, jak od wy-

mówienia tajnego hasła, wyzwoliła się moc nakazu wewnętrznego i powstał magnes, chwilowy lub trwały, zależnie od nasilenia skłonności do wspólnego kierunku, „instynktu społecznego“ atomów danej substancji magnetycznej.

Czyż nie jest ciekawe, że w opisie zjawisk magnetycznych mogliśmy posługiwać się porównaniami z zupełnie innej sfery? Prawa rządzące przyrodą martwą i żywą nie są tak różne, jak to wyobrażaliśmy sobie doniedawna.



## „USPOLECZNIONA“ ELEKTRYCZNOŚĆ

W ciągu trzech lat kolejnych wypadło mi być świadkiem wielkich manifestacyj wiedzy i przemysłu elektrotechnicznego: uroczystości ku czci F a r a d a y'a w Londynie w 1931 r., Międzynarodowego Kongresu Elektryczności w Paryżu w r. 1932, wreszcie świeżo odbytego w Warszawie Zjazdu Elektryków polskich i czechosłowackich.

Publicyście zestawienie tych trzech wydarzeń naukowo-technicznych nasuwać musi myśl o wyjątkowej roli elektryczności w dziele zbliżenia i współpracy międzynarodowej na polu kulturalnym. Nie ma w tem nic dziwnego, jeżeli uprzytomnimy sobie, że drogi prądu elektrycznego są arcysubtelną siecią splatającą najdalsze zakątki globu ziemskiego, są szlakami po których Słowo, a zatem Myśl wędruje poprzez lądy i oceany. Czytam w ostatnim numerze przyrodniczego pisma angielskiego „Nature“, że lord R u t h e r f o r d przemawiał przez radio transatlantyckie do słuchaczy oddalonych o 6000 km. otwierając Zjazd Badaczy Pacyfiku w Vancouver na zachodnim wybrzeżu Kanady.

Fizyk spogląda na zjazdy elektrotechników z innego punktu widzenia. Interesuje go związek między fizyką, a praktycznymi zastosowaniami elektryczności. Trzy kolejne zjazdy oświetlają to zagadnienie z różnych stron. Przed F a r a d a y e m elektryczność nie grała niemal żadnej roli w techni-

ce. Benjamin Franklin nauczył już był ludzkość, że piorun, ten groźny niszczycielski mocarz, jest zjawiskiem elektrycznym; jest w swej naturze identyczny z małą iskierką, jaką daje potarty bursztyn. Niektóre śmielsze umysły przewidywały już zapewne, że siły tak niezwykle, zdolne podnosić słomki i przewracać wiekowe dęby, będą z czasem ujarzmione i powołane do spełnienia pracy użyteczniejszej. Dzięki pracom Oersted'a, Ampère'a, Davy'ego znano już cały szereg użytecznych działań prądu elektrycznego. W powszechnem użyciu były już wtedy ogniwa elektryczne wynalezione przez Alessandra Voltę. Ale sposoby wytwarzania prądu były kosztowne i mało wydajne. Nawet gdyby znane były wszystkie działania prądu elektrycznego, nie mogło być mowy o ich rozpowszechnieniu, o „uspołecznieniu“ elektryczności, o budowaniu central zasilających ludność całego miasta, ba, całego kraju, słowem o elektryfikacji, o której mówimy przecież, że stopień jej rozwoju jest miarą kultury danego narodu. Elektryfikację umożliwiło dopiero odkrycie przez Faradaya indukcji elektromagnetycznej, powstawania prądu przez ruch przewodników, gdyż odkrycie to oznaczało możliwość wytwarzania energii elektrycznej w dowolnych ilościach zapomocą odpowiednich urządzeń mechanicznych, np. maszyn parowych. Dlatego stuletnia rocznica odkryć Faradaya stała się wielkim świętem elektrotechniki wszechświatowej. Elektryczność, to znajdujące się u szczytu wielkości mocarstwo, składało hołd skromnemu

samoukowi, który pierwszy w drgnięciu igielki magnetycznej dojrzał symbol przyszłej potęgi, jak niegdyś pastuch italski w orłach rzymskich. Hołd składały nietylko setki delegatów w przemówieniach i pergaminach; niemy, a jednak bardziej wymowny hołd głosiły „cuda elektrotechniki“, najdoskonalsze, najbardziej nowoczesne wytwory przemysłu, zgromadzone dokoła posągu F a r a d a y'a w olbrzymiej okrągłej sali Albert Hallu.

Kongres Paryski był innego rodzaju manifestacją bliskich stosunków, ścisłej współpracy między fizyką a elektrotechniką. W ciągu stu lat elektryczność święciła coraz nowe triumfy, materialne i intelektualne, opanowała nietylko technikę, ale i samą fizykę — możnaby powiedzieć, że elektryfikowały się nietylko narody, lecz również materja i energia. Światło okazało się falowaniem elektromagnetycznym, materja — połączeniem obu elektryczności. Fizyka stanęła pod znakiem fali elektrycznej i elektronu. Te koncepcje teoretyczne, pochwycone w lot przez elektrotechnikę, przybrały kształt realny, stały się dobrodziejstwem ludzkości w postaci niezliczonych zastosowań, z pośród których wymienię tylko radjo i nowe sposoby oświetlenia elektrycznego. To też Kongres Elektryczności w Paryżu, pragnąc zobrazować jednocześnie rolę fizyki w elektrotechnice i nauki o elektryczności w fizyce zorganizował obok licznych sekcji technicznych również sekcję fizyczną. Referaty tej sekcji wygłoszone przez specjalnie uproszonych uczonych całego świata, składają się na grubą księgę,



prawdziwą encyklopedję „elektryczną“ przyrody, w której jest mowa o atomach, o związkach chemicznych, o świeceniu gazów i par metali, o magnesach, o ciałach promieniotwórczych i t. d. Inżynierowie słuchali tych referatów z uczuciem dumy, że „ich“ elektryczność tak opanowała świat pojęć naukowych.

Obecny zjazd jest świętem elektrotechniki polskiej, jest zarazem potężnym ogniwem współpracy z najbliższymi naszymi sąsiadami, tem cenniejszej, że ich elektrotechnika stoi bardzo wysoko. Fizyka raduje to przymierze intelektualne nietylko z punktu widzenia ogólnonarodowego. Dług zaciągnięty u fizyki elektrotechnika spłaca sowicie. Olbrzymie postępy fizyki byłyby nie do pomyślenia bez nowoczesnych aparatów elektrycznych. Odbiorniki radjowe, połączone z licznikami telefonicznymi, rejestrują dzisiaj akty rozpadu atomowego, transformatory i inne źródła wysokiego napięcia dostarczają potężnych sposobów wniknięcia w tajemnice budowy materji, dokonywują dzieła transmutacji pierwiastków. Badania nasze na tem polu nie rozwinią się skutecznie bez jednoczesnego rozkwitu rodzimej techniki. Zwiedzając piękną wystawę, urządzoną w gmachu Politechniki przez Komitet Zjazdu, stwierdzałem z radością, że na wielu polach uniezależniliśmy się już od przemysłu zagranicznego. Nie mogłem oprzeć się podszeptowi egoizmu zawodowego, który zgóry oceniał korzyści, jakie spłyną stąd na nasze laboratorja naukowe. Ale

pamiętałem również o wzajemności usług i myślałem, że nadejdzie czas, gdy elektrotechnika polska będzie wcielała w życie idee, zrodzone w polskich laboratorjach.

## BARWY I HIERARCHJA ODMIAN PROMIENIOWANIA

Chociaż piękno barw jest niezrównane, muszę o niem zapomnieć i pisać o barwach z punktu widzenia naukowego. Proszę tylko o chwilkę cierpliwości, właśnie zachodzi przedemną słońce w złocie, czerwieni i fiolecie; trawnik przed moim oknem niebawem utraci swą pyszną zielenią, a na krzaku róży zgasną purpurowe płomienie. Łatwiej mi wówczas przyjdzie abstrahować, czyli mówiąc po polsku *oderwać się od świadectwa* (i rozkoszy) zmysłów, i barwę traktować, jak przystoi fizykowi, t. j. jako coś, co można mierzyć i wyrazić liczbą.

Są barwy przedmiotów i barwy światła. Co innego czerwień rubinu i czerwień lampy neonowej. Barwy przedmiotów są niesłychanie ważne dla malarza, dla poety, dla farbiarza. Ale fizyk wie, że zabarwienie ciała zależne jest od sposobu, w jaki ono przetwarza padające na nie światło. Rubin jest czerwony, ponieważ ma własność odbijania oraz przepuszczania tego tylko składnika światła, który jest czerwony, natomiast zatrzymywania (pochłaniania) pozostałych. Wstawmy w okna zielone szyby, rubin wyda się nam czarny. Chcąc wyjaśnić istotę barwy, fizyk omija przetwórcę, idzie do źródła, do sprawcy barwy, do światła.



Nieśmiertelny *Newton* nauczył nas, że światło białe, światło słoneczne jest mieszaniną tylu rodzajów światła, ile jest barw w widmie lub tęczy. W pięknej książce prof. Grotowskiego, poświęconej *Newtonowi*, znajdujemy szczegóły tego wiekopomnego odkrycia. Piękno barw, które nas otacza, o którym powinien byłbym, a o którym nie mogę zapomnieć, jest tylko wynikiem przeróbki przez ciała materialne bezbarwnego surowca, światła słonecznego; jak każde piękno jest wynikiem różnorodności i indywidualności swych składników. Gdyby wszystkie ciała odbijały i pochłaniały światło w jednakowy sposób, świat byłby bezbarwny lub jednobarwny.

Powiedziałem, że barwa jest wielkością, którą można wyrazić liczbą. Dodam: w różny sposób, zależny od metody badania. *Newton* rozkładał światło na składniki, przepuszczając je przez pryzmat i stwierdził, że różne barwy posiadają różny stopień łamliwości w pryzmacie. Ale stopień łamliwości jest liczbą zależną nie tylko od natury barwy, lecz również od własności szkła. Do charakterystyki barwy potrzebna jest nam liczba, która jest jej wylącznym atrybutem. *Newton* choć dążył do źródła barw, do promienia świetlnego, choć zdobył się na niesłychany wysiłek abstrakcji, nie zdołał wyzwolić całkowicie barwy z piętna materji. Półtora wieku musiało przejść zanim *Young* i *Fresnel* nauczyli nas, że światło jednobarwne, t. j. pojedynczy składnik widma rozszczepionego przez pryzmat jest falą. Charakterystyczną dla

barwy l i c z b ą jest zatem długość fali. Newton wiedział, że promienie fioletowe mają (w szkle) większą łamliwość, niż czerwone, *Fresnel* udowodnił, że długość fali w widmie wzrasta równomiernie od fioletu do czerwieni. Długość fali jest zawsze bardzo mała, rzędu kilku dziesiątych mikrona, t. j. tysięcznej części milimetra. Proces abstrakcji od wrzeźń zmysłowych, rozpoczęty przez *Newtona*, kontynuowany przez *Fresnela*, miał niebawem doprowadzić do radykalnego uogólnienia pojęcia barwy, do objęcia niem dziedziny zjawisk, która swym czarem nie zakłóca spokoju badacza, jako że jest niedostępna zmysłom. Mam tu na myśli promienie niewidzialne: promienie p o d c z e r w o n e i n a d f i o l e t o w e. Jak ich nazwa pozwala się domyślać, pierwsze załamują się w pryzmacie słabiej, posiadają zatem falę dłuższą, niż promienie czerwone; drugie załamują się w pryzmacie silniej, mają falę krótszą od promieni fioletowych. Skoro ich nie dostrzegamy, dowodu ich istnienia nie możemy oprzeć na bezpośrednim świadectwie zmysłów. Operujemy zapomocą analogji: mają wszystkie własności światła, prócz widzialności: ulegają załamaniu, odbiciu, rozproszeniu; rozgrzewają ciała na które padają. Zdobywamy się na nowy wysiłek abstrakcji; fakt, że nie działają na nasz zmysł wzroku, uważamy za nieistotny — odrzucamy pozory, docieramy do istoty rzeczy. Istota tych promieni jest identyczna z istotą promieni widzialnych; są przeto odmianą tego samego zjawiska.

Proces abstrakcji idzie niepowstrzymanie dalej

w miarę postępu wiedzy doświadczalnej. Nazwa „promienie podczerwone, nadfioletowe“ wskazuje, że nieświadomie niejako przypisujemy im barwę, jakkolwiek niedostrzegalną. W gruncie rzeczy jednak pojęcie barwy przestaje nam być potrzebne; wszak promienie te charakteryzujemy tylko obiektywną cechą barwy; długością fali. W miarę, jak fizyka odsłania nam coraz rozleglejsze dziedziny widma, przestajemy posługiwać się pojęciem barwy, jako zbędnem, różnego rodzaju promienie wyróżniamy tylko długością fali.

Widmo słoneczne nie zawiera innych promieni, niż podczerwone, widzialne i nadfioletowe. Nowe promienie wykrywamy przedewszystkiem — zapomocą fotografii. Działanie fotograficzne światła jest tem silniejsze, im długość fali jest mniejsza: nader wydatne w nadfioletowej i fioletowej części widma, jest niezmiernie słabe w przypadku promieni czerwonych. W końcu zeszłego stulecia Röntgen odkrywa promienie wysyłane przez rury próżniowe podczas wyładowania elektrycznego, promienie przenikliwe, działające silnie na kliszę fotograficzną. Dopiero dwadzieścia lat temu stwierdzono, że promienie Röntgena są nową odmianą promieni świetlnych, niewidzialnych, lecz o długości fali kilka tysięcy razy mniejszej. Ale to nie jest jeszcze koniec.

Bezpośrednio po odkryciu Röntgena Becquerel odkrywa promieniotwórczość, nieco później małżonkowie Curie odkrywają rad. Rad wysyła między innymi promienie *gamma*, podobne do pro-



mieni Röntgena, lecz o wiele bardziej przenikliwe. Wkrótce po rozpoznaniu falowej natury tych ostatnich przekonano się, że i promienie gamma są odmianą światła niewidzialnego o długości fali kilkadziesiąt razy mniejszej. Ale nie na tem koniec.

W ostatnich czasach dużo się mówi i pisze o promieniach kosmicznych, zagadkowych sygnałach, dochodzących do ziemi z przestworzy międzygwiazdowych, a może nawet dalszych części Wszechświata. Promienie kosmiczne składają się w części przynajmniej z fal setki razy krótszych od fal gamma. A zatem fala promieniowania kosmicznego jest wiele milionów razy krótsza od fali światła widzialnego.

Słowa te piszę w nocy; barwy znikły; pióro przeniosło mnie od dziedziny wzrok radującej w dziedzinę wielkości miliony razy mniejszych. A jednak pomimo olbrzymiej skali zjawisk promieniowania, rządzi nimi jedno wielkie prawo: prawo k w a n t o w e. Prawo to ukazuje nam promieniowanie, jako utworzone z jednostek, z elementów, zwanych kwantami, o energii t e m w i ę k s z e j, im fala jest krótsza. Możliwość powiedzieć, że w miarę, jak posuwamy się w badaniu widma od czerwieni do fioletu, a potem oddalamy się od niego coraz dalej w kierunku fal krótszych, poznamy coraz s z l a c h e t n i e j s z e odmiany promieniowania, utworzone z elementów wyższego rzędu, zdolne do wywoływania potężniejszych skutków. Promienie czerwone nie działają na kliszę; promienie nadfioletowe sprawiają działania chemiczne, biolo-

giczne, lecznicze; promienie Röntgena i gamma są czynnikiem leczniczym *par excellence* a ponadto wyrzucają z atomów elektrony o wielkiej energii; promienie kosmiczne zdolne są nawet do wywołania przemiany jąder atomowych. Nasz zmysł wzroku przystosowany jest do promieniowania słonecznego, do pięknego światła barw, inne promienie ignoruje, gdyż w naturze są zdarzeniami wyjątkowymi. W świecie nasyconym promieniami Röntgena, gamma, lub kosmicznymi nie moglibyśmy istnieć, rozsadziłyby one cząsteczki ciał, a nawet atomy pierwiastków, z których jesteśmy zbudowani.

## REKLAMA ŚWIETLNA

Modny dzisiaj w poezji urbanizm upodobał sobie reklamy neonowe. Opiewa je wierszem rymowanym lub asonansowym: wczuwa się w te „symbole wielkiego miasta“, „barwne krzyki współczesnej duszy“ i temu podobne. Ten oświetleniowy temat godny jest oświetlenia z różnych stron. Niestety, nie potrafię napisać ody na cześć światła stolicy, spróbuję jednak rozwinąć epitety „symbolu“, „krzyku“ z innego punktu widzenia, nadając im znaczenie krzyku atomu i symbolu fizyki współczesnej.

Oświetlenie neonowe jest praktycznym zastosowaniem doświadczeń, które odsłoniły budowę atomu. Napozór nie widać tego związku. Mamy rurkę napełnioną gazem pod małym ciśnieniem, z dwoma wtopionymi drutami, które łączymy z zaciskami transformatora wysokiego napięcia. Gdy włączymy prąd, w rurce powstaje „wyładowanie“, czyli prąd elektryczny w gazie; jest to pewna odmiana iskry. Cóż w tym dziwnego, że iskrze towarzyszy świecenie? Zapewne, interesujące jest, że to świecenie posiada taką piękną mocną barwę, różną w rurach napełnionych różnymi gazami. Ale stąd jeszcze daleka droga do wniosków dotyczących budowy atomu.

Otóż atomy, jak ludzie posiadają oblicze społeczne i indywidualne. Jest człowiek-samotnik i człowiek-cząstka tłumu; kto chce studjować duszę ludz-



ką w jej głębokich objawach, nie pójdzie w tłum, lecz będzie szukał człowieka z latarką Djogenesa. W tem porównaniu dobrym odpowiednikiem tłumem są cieczy i ciała stałe, w których atomy są stłoczone, działają na siebie wzajemnie, zniekształcają swą indywidualność. Nic dziwnego, że badanie cieczy i ciał stałych w małym tylko stopniu przyczyniło się do poznania budowy atomów. Atomu samotnika nie znamy, najmniejsze źdźbło materji stałej zawiera ich miljarady, miljarady atomów uwijają się w najlepszej próżni, jaką możemy osiągnąć. Bądź co bądź jednak w gazach atomy oddalone są od siebie kilkadziesiąt, kilkaset — kilka tysięcy — zależnie od stopnia rozrzedzenia — razy więcej, niż w ciałach stałych. Ponieważ wstrząsa je nieustanny niepokój ruchów cieplnych, przeto zderzają się z sobą w sposób mniej lub więcej gwałtowny. Nie są to warunki prawdziwego odosobnienia: tylko atom w przestrzeni międzygwiazdowej może się rozkoszować samotnością pustelnika. Ale bądźco bądź atomy w gazach rozrzedzonych są w znacznej mierze niezależne od siebie i dlatego badacz atomowy upodobał sobie gazy.

Nie wszystkie jednak gazy nadają się jednakowo do tych badań. Gazy powszechnie znane, jak np. tlen, wodór, azot, bezwodnik węglowy są wieloatomowe, ich cząsteczki składają się z dwóch lub większej liczby atomów. Ich atomy mają wstręt do samotności; nawet wtedy, gdy jest aż nadto miejsca dla życia indywidualnego, dobierają sobie po jednym przynajmniej towarzyszu. Nie są to by-

najmniej przykładne, nierozzerwalne związki, są nawet gorszące częstością „rozwodów“, zwłaszcza w wysokiej temperaturze w normalnych jednak warunkach atomy tych gazów spotykamy stale w tem czy innym towarzystwie, nie sposób wyciągnąć ich na intymną rozmowę. Wszak co innego para, a co innego indywiduum. Są jednak gazy, których atomy uprawiają bezwzględny celibat; nazywamy je — nie wiem czy słusznie — szlachetnymi. Najbardziej znane spośród nich to hel, neon i argon. Wszystkie one stosowane są szeroko w rurach oświetleniowych, a ponadto hel, ze względu na swą lekkość i niepalność (to także objaw samotnictwa — niechęć do łączenia się z tlenem), bywa używany do napełniania balonów. Wszystkie zawarte są w atmosferze, jako niezmiernie drobna jej zaprawa, to też zostały odkryte stosunkowo niedawno przez angielskich chemików R a m s a y'a i lorda R a y l e i g h'a. Otrzymujemy je w stanie czystym, poddając frakcjonowanej destylacji ciecz otrzymaną po raz pierwszy w Polsce: ciekłe powietrze.

Gazy szlachetne są jednoatomowe, t. j. ich cząsteczki są zarazem ich atomami. Nie są to jedyne gazy jednoatomowe, ta sama cecha charakteryzuje wszystkie m e t a l e. Jeżeli czytelnik w tem miejscu postawi mi zarzut niedorzeczności, jako, że metale wogóle nie są gazami, odpowiem, że żadna substancja nie jest w o g ó l e ani gazem, ani cieczą, ani ciałem stałym, lecz, że s t a n ciała zależy od temperatury. W dostatecznie wysokiej temperaturze

wszystko jest gazem. Chciałem powiedzieć przeto, że metale w stanie gazowym są gazami jednoatomowymi. Niektóre metale, np. rtęć, są lotne nawet w niewysokiej temperaturze; mówimy przeto o parach tych metali, jak mówimy o parach wodnych lub alkoholowych. Gazy szlachetne i pary metaliczne są obiektami, na których wykonano najwięcej doświadczeń dotyczących budowy atomów, ponieważ ich atomy są samotne. Mówiłem o wyciąganiu atomów na rozmowę. Postępowanie fizyka przypomina jednak raczej badanie lekarskie. Stosujemy bodźce, chcemy wywołać reakcję. Im silniejszy bodziec, tem z głębszych sfer pochodzi reakcja, tem bardziej ułatwia djagnozę. Fizyk stosuje ze szczególnem upodobaniem metodę drażnienia elektrycznego, stąd owe wtopione druty, ten transformator, ta iskra świecąca.

Prąd elektryczny w gazach składa się z szybko biegnących elektronów. Te rzeczy najmniejsze, najlżejsze jakie znamy, cudownie nadają się do drażnienia, lub, jak mówią fizycy, do pobudzania atomów. Niels Bohr nauczył nas, że atom może istnieć w różnych stanach, chociaż w zwykłych warunkach stan wszystkich atomów jest jednakowy i możnaby go porównać ze stanem uśpienia organizmu. Bodziec elektryczny, elektron budzi atomy, wprawia je w stany pobudzone, w których mają nadmiar energii. Bywają różne stany pobudzone, które różnią się wielkością nadanej atomowi energii. Podobnie psychika nasza jest bardziej urozmaicona w stanie czuwania, niż podczas snu. Gdy elek-



tron po spełnieniu swego zadania odbiegnie, atom wraca do stanu normalnego, wyładowuje z siebie nadmiar energji w postaci światła.

Dlaczego jednak jedne atomy reagują „na zielono“, inne „na czerwono“ i t. d.? Ten sam Bohr nauczył nas, że barwa, a ściślej mówiąc długość fali wysłanego światła jest miarą wyładowanej przez atom energji, jest zatem wielkością charakteryzującą stopień pobudzenia atomu danego pierwiastka. A ponieważ każdy pierwiastek świecąc, wysyła widmo, t. j. szereg barw charakterystycznych, przeto znajomość barw jest równoznaczna ze znajomością wszystkich stanów danego atomu. Jest to klucz do poznania budowy atomu, podobnie, jak znajomość stanów psychicznych danego człowieka jest podstawą do odtwarzania jego struktury duchowej.

Barwa jest w świetle tem, co ton w dźwięku. To też reklamę świetlną nazwałem niesłusznie krzykiem atomu, jest to raczej pieśń, w której tonach wyraża się indywidualność atomu.

## OBRAZ UTAJONY

Utrwalenie przemijających wrażeń wzrokowych, wykonywanie niezmiennych podobizn zmiennych kształtów w dwóch i trzech wymiarach, t. j. obrazów i rzeźb, jest jednym z najważniejszych czynników życia kulturalnego ludzkości. Z tego źródła wykwitły sztuki plastyczne, ono zaspokaja od niepamiętnych czasów potrzebę oglądania przynajmniej w kopji rzeczy minionych lub niedostępnych, ono dostarczyło i dostarcza niezliczonej ilości dokumentów, bez których niemożliwa byłaby historia, ani geografia. Dopóki jednak wykonywanie podobizn było zależne od talentu jednostek, rola ich była skromna. Dopiero w r. 1822 Niepce uczynił doniosły wynalazek, że można przedmioty zmusić odpowiednią kombinacją światła, soczewek i substancji chemicznych do tego, by automatycznie utrwały swój kształt, ściślej biorąc swój rzut na płaszczyznę. Ta data jest początkiem fotografii. W roku 1826 Daguerre udoskonalił wynalazek Niepce'a. W zbiorach rodzinnych widuje się niekiedy podobizny, wykonane systemem Daguerre'a. Robią wrażenie czegoś znacznie cenniejszego i szlachetniejszego od dzisiejszych, ponieważ są wykonane na płytkach srebrnych i bardzo subtelne w cieniowaniu. Daguerrotyp, będący w posiadaniu mojej żony, jest oprawiony w drewnianą ramkę i szczelnie przykryty szybką. Naogół jest bardzo dobrze

zachowany, w jednym miejscu tylko, pod pęknięciem szybki, obraz jest uszkodzony wskutek działania powietrza. Wątpliwe jest, czy wiele naszych fotografii przeżyje 94 lata. Nie będę opisywał systemu Daguerre'a, który ma znaczenie jedynie pamiątki i przejdę do fotografii dzisiejszej. Osiągnęła ona bardzo wysoki stopień doskonałości dzięki ściśłemu współpracownictwu nauki i techniki. Jeżeli uprzytomnimy sobie w kilku słowach kolejne etapy procesu fotograficznego, zrozumiemy, od ilu różnych działów nauki zależne jest jego powodzenie.

Po pierwsze przedmiot trzeba oświetlić światłem naturalnem lub sztucznem. Mimochodem tylko zauważę, jaki postęp dzieli dawne eksplozje magnezjowe od dzisiejszych potężnych lamp elektrycznych, umożliwiających zdjęcia migawkowe w nocy.

Powtóre należy wytworzyć obraz rzeczywisty oświetlonego przedmiotu. Do tego celu służy obiektyw, czyli układ soczewek aparatu fotograficznego. Każdy fotograf, miłośnik lub zawodowiec, wie, jak rozległa jest skala dobroci obiektywów, jednakże zapewne mało kto zdaje sobie sprawę z nieprawdopodobnie wprost wielkiej sumy badań naukowych i technicznych, włożonych w przedmiot, z pozoru tak prosty. Obraz, otrzymany zapomocą zwykłej soczewki, jest naturalnie pierwowzorem obrazu, rzucanego na kliszę; nie możnaby jednak przedstawić postępu, osiągniętego w sporządzeniu szkieł fotograficznych w sposób bardziej uderzający, jak przez porównanie fotografii otrzymanych zapomocą soczewki i nowoczesnego obiektywu fotogra-



ficznego. Obraz nie uszlachetniony posiada liczne wady, grzechy śmiertelne, ochrzczone nazwami, od których powinienby rumienić się ze wstydu: aberacja sferyczna i chromatyczna, astygmatyzm, koma, małe pole widzenia. Usunięcie każdej z tych wad wymagało wielu doświadczeń i żmudnych rachunków matematycznych. Trud ten fotografia zawdzięcza optyce geometrycznej, ściślej biorąc jej działowi specjalnemu: optyce fotograficznej.

Wytwarzając obraz przedmiotu możliwie wierny i skupiający możliwie dużo światła, obiektyw spełnia pierwszą wstępną funkcję procesu fotograficznego. Dalszy ciąg należy do kliszy, na której tworzy się obraz. Zasada działania fotograficznego jest powszechnie znana. Rozsiane w żelatynie emulsji maleńkie ziarna (rzędu wielkości ułamka mikrona) bromku srebra zostają zaatakowane przez światło, a chociaż po naświetleniu — jeśli nie jest nazbyt już silne — klisza jest z pozoru niezmieniona, to jednak nosi — może nosić przez długie miesiące — precyzyjnie zapisane wspomnienie rzuconego na nią kształtu w postaci obrazu utajonego. Wskutek procesu wywołania, obraz ten urzeczywistnia się najczęściej w postaci noszącej wymowną nazwę negatywu, jest bowiem podobizną nie przez dokładną wierność, lecz dokładną przekorność naturze. Na sporządzeniu i utrwaleniu dobrego negatywu kończy się właściwa sztuka fotograficzna, reszta to sztuka kopjowania.

Jeżeli sporządzenie dobrych obiektywów było dziełem fizyków, to nad udoskonaleniem emulsyj,

sposobów ich uczulania, ortochromatyzowania (czyli ujednostajniania wrażliwości na różne barwy) wywoływania i utrwalania pracowały całe armje chemików i fizyko-chemików. Mnie jednak interesuje najbardziej zagadnienie obrazu utajonego.

Wiemy dziś coś nie coś o mechanizmie jego powstawania. Światło rozkłada bromek srebra na oba składowe pierwiastki, w każdym jednak pojedynczym ziarenku rozkładowi, czyli t. zw. redukcji ulega nieznaczna tylko liczba atomów. Małe kryształki bromku srebra są niemal przezroczyste, ilość wydzielonego w każdym z nich srebra jest tak znikomo mała, że nie psuje przezroczystości. Jednakże atomy izolowane srebra czyhają w ziarnkach emulsji, jak zarodki u t a j o n e j choroby, która czeka tylko sposobności, by wybuchnąć. Sposobności tej dostarczają wywoływacze, ciała mające podobnie jak światło zdolność redukowania bromku srebra, t. j. wydzielania metalicznego srebra. Wydzielanie to wymaga jednak p o d ł o ż a, zarodków na których mogłyby rozrastać się grudki srebra. Rolę tych zarodków spełnia obraz utajony Ziarno naświetlone, zawierające dostateczną liczbę atomów wolnego srebra ulegnie redukcji, zamieni się na ziarno nieprzezroczystego srebra, gdy inne, nienaświetlone ziarna pozostaną nietknięte. „Przekorna wierność” negatywu przedmiotowi wynika stąd, że w okolicy silniej naświetlonej powstaje więcej „zarazonych” ziaren, zatem, po wywołaniu, miejsca te są ciemniejsze. Zagadnienie czułości emulsji sprowadza się do otrzymania zapomocą najmniejszej ilości światła

możliwie największej ilości zarażonych ziaren. Zjawisko to umiemy ująć z punktu widzenia zasady zachowania energji i nauki o kwantowej naturze światła w sposób następujący:

Warunkiem koniecznym wytworzenia zarodku w ziarnie jest rozkład conajmniej jednej (co oczywiście jeszcze nie wystarcza) cząsteczki bromku srebra. Ten elementarny proces wymaga zupełnie określonej energji, której musi dostarczyć światło.

Otóż wiemy, że światło zachowuje się jakgdyby padało na powierzchnię naświetlaną w postaci „kwantów“, oddzielnych pocisków o określonej energji: Energia takiego pocisku zależy od barwy i jest większa w przypadku światła fioletowego niż czerwonego. Fakt ten tłumaczy doskonale dlaczego czerwone światło nie działa na zwykłe klisze, natomiast działają promienie o barwach zbliżonych w widmie do fioletu, w tem większym stopniu, im fala ich jest krótsza, t. j. im leżą bliżej fioletu. Silniej od fioletu działają promienie nadfioletowe (niewidzialne), których fala jest jeszcze krótsza.

Postęp w ortochromatyzowaniu klisz zawdzięczamy dodawaniu substancyj podatnych na działanie mniejszych kwantów, t. j. promieni czerwonych lub nawet podczerwonych (niewidzialnych), które odgrywają rolę pośredników, zamieniających drobny pieniądz światła długofalowego „na większe monety“ potrzebne do rozkładu bromku srebra. Istnieją dzisiaj emulsje, pozwalające fotografować w świetle podczerwonym, t. j. po ciemku.



Załączone zdjęcia przedstawiają podobiznę tej samej osoby fotografowanej w zwykłym świetle (z lewej strony) i pociemku (z prawej strony) <sup>1</sup>. Zresztą nawet zwyczajna klisza fotograficzna, choć mniej czuła od oka, ma jednak olbrzymią wyższość reagowania na promienie niewidzialne. W szczególności fotografia oddaje nieocenione usługi w badaniu promieni Röntgena i ciał promieniotwórczych. Ta ostatnia własność interesuje mnie najbardziej, ponieważ odkrycie promieniotwórczości zawdzięczamy spostrzeżeniu, dokonanemu przez Becquerela, który w roku 1896 zauważył, że klisza fotograficzna zostaje wyświetlona, gdy ją umieścimy w pobliżu uranu. Tym razem obraz utajony miał znaczenie symboliczne: ukrywały się w nim zarysy nowej nauki.

---

<sup>1</sup> Ścisłej biorąc do aparatu fotograficznego musi wpadać znaczna ilość promieni podczerwonych. To też przedmiot, jeżeli ma być fotografowany w ciemności, musi być „naświetlony” promieniowaniem silnego źródła promieni podczerwonych np. „gorącego pieca”.

## ŁOWCY ATOMÓW

Niedawno wyszła zajmująca książka o sławnych bakterjologach, zatytułowana „Łowcy mikrobów”. Gdybyśmy chcieli krótko scharakteryzować, czym zajmuje się w chwili obecnej większość fizyków, wypadaloby nazwać ich podobnie „łowcami atomów”. Atomistyka przeniknęła całą dzisiejszą fizykę zarówno doświadczalną, jak i teoretyczną. Atom wydaje się czemś tak samo nieuchwytnym w swej małości, jak ciała niebieskie w swej wielkości i oddaleniu, a jednak fizycy rozprawiają dzisiaj o budowie atomu w najdrobniejszych jej szczegółach, jak inżynierowie o budowie jakiejś maszyny, skonstruowanej przez nieznanego wynalazcę, którego tajemnicę usiłują podchwycić. Przypominam sobie, że zaprowadziłem raz znajomego na wykład fizyki teoretycznej. Przyglądał się on ze zdumieniem tablicy, na której w zawrotnym tempie pojawiały się i znikwały znaki całek, różniczek, operatorów, liczby, litery alfabetów łacińskiego, greckiego, gotyckiego. Gdy mu powiedziałem, że ta olśniewająca rakietą kunsztu matematycznego teoria zjawisk zachodzących w atomie, wyraził przypuszczenie, że fizycy są chyba zupełnymi fantastami, skoro tyle czasu i wysiłków poświęcają sprawom, o których prawdziwości nigdy nie będą mogli się przekonać.

Podobnie jak ów mój znajomy, rozumowało wie-

lu wybitnych uczonych w końcu zeszłego stulecia. Między innymi niedawno zmarły Wilhelm Ostwald był zdania, że atomy są tylko fikcją, przydatną w niektórych przypadkach, ale bez której moglibyśmy się ostatecznie obejść. Od tego jednak czasu technika badań uczyniła tak olbrzymie postępy, że nie tylko nikt nie wątpi o istnieniu atomów, ale nawet z całą swobodą możemy przeprowadzać studia nad wnętrzem atomu, jak lekarz bada pacjenta. Nic innego, jeno wyniki tych właśnie studjów dostarczają danych, których opracowanie i ujęcie w ścisłe prawa stanowi wdzięczne pole dla fantazji i talentu matematyka.

Cóż czyni dzisiaj atomy tak realnymi dla fizyka, że wydają mu się one bardziej rzeczywistymi od świata, który go otacza, który bezpośrednio działa na jego zmysły.

Atom... Słowo to powtarzają wszyscy, ale mało kto uświadamia sobie, czym jest atom. Zapomocą najpotężniejszego mikroskopu możemy dojrzeć małe okruszyny materji, np. kropelkę rtęci o średnicy  $1/2.000$  mm.; kropelka taka zawiera trzy miljardy atomów. Atomu pojedynczego nie możemy dojrzeć; zapewne nigdy się to nam nie uda. Spoglądamy na materję, jak wędrowiec patrzy z oddalenia na las: wie, że składa się z oddzielnych drzew, ale widzi tylko jednolitą ciemną masę. Weźmy inny przykład: w wielkich teleskopach obserwatorów amerykańskich dostrzegamy mgławice, w postaci małych świecących obłoków; wiemy, że skła-



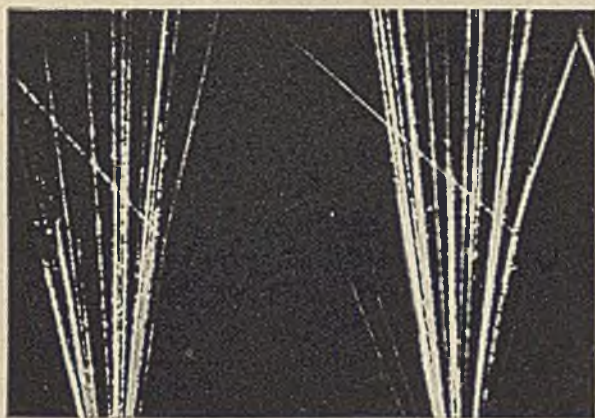
dają się z miliardów gwiazd, ale nie jesteśmy w stanie ich rozróżnić.

A jednak choć niewidzialne, atomy składają tysiączne dowody swego istnienia. Są małe, nieprawdopodobnie małe, ale są czynne, ruchliwe; aktywnością okupują swą małość; — poznajemy je po skutkach. W ciemną noc fal nie widać, ale kołysanie się okrętu świadczy o ich istnieniu, czasem w sposób aż nadto dotkliwy. Drobne ciała, w rodzaju wspomnianej kropelki rtęci, są takimi okrętami, wstrząsanemi nieustannie w oceanie materji falami, których rolę grają atomy. Oddawna już wiemy, że widziane w mikroskopie zawiesiny drobnych ciałek, np. pyłków, kropelek, kuleczek w cieczach lub gazach, nie są nieruchome, lecz drgają nieustannie, przesuając się bezplanowo, chaotycznie z miejsca na miejsce. Te ruchy, zwane Brownowskimi, pochodzą od uderzeń tysięcy atomów, są widzialnym, przekonującym dowodem istnienia atomów.

Żyjemy w epoce cudów techniki. Czytelnikowi, który „słyszy“ Londyn lub „widzi“ match bokserki w Madrycie, nie imponuje to, że dostępne jest działanie tysięcy atomów. Lecz skoro znamy już zasadę, łatwo ją zastosować do pojedynczego atomu. Spróbujmy wyjaśnić to porównaniem. W oddaleniu historii przeciętna jednostka ludzka jest atomem szarego tłumu, o jej istnieniu wiemy na podstawie działań zbiorowych. Indywidualnie znamy tylko jednostki o wyjątkowej aktywności lub talencie. Z atomami dzieje się podobnie.

W jednym z poprzednich artykułów mówiliśmy o cząstkach alfa, czyli atomach helu, wysyłanych przez ciała promieniotwórcze, o atomach wodoru, rozpędzanych siłami elektrycznymi. W myśl naszego porównania, pierwsze są genjuszami samorodnymi, drugie — wyhodowanymi wolą człowieka — wyrastającymi wysoko ponad głowy pospolitej braci atomowej. W istocie jedne i drugie zdolne są do wywierania skutków niezmiernej doniosłości: bowiem uderzając w inne atomy, rozbijają je, dokonywują dzieła transmutacji materji. Toteż dzięki swej olbrzymiej aktywności dostępują zaszczytu indywidualnego rozpoznania przez człowieka. Gdy takie cząstki padają na niektóre ciała fosforyzujące, każda z nich wytwarza błysk oddzielny. Kto w ciemności oglądał przez lupę te błyski, t. zw. scyntylacje, ten nazawsze uwierzy w istnienie atomów.

Są jeszcze inne sposoby, bardziej bliskie sercu dziecka naszej doby, wielbiącego nadewszystko technikę. Każda z takich cząstek wytwarza drobnutki prąd elektryczny; umiemy go tak wzmocnić zapomocą przyrządów, podobnych do odbiorników radjowych, że powoduje wyraźny dźwięk w głośniku. Doprawdy, ktoby dzisiaj zaprzeczał istnieniu atomów, możnaby o nim powiedzieć — oczy mają, a nie widzą, uszy mają, a nie słyszą.



Wiązka cząstek  $\alpha$ : jedna cząstka trafia w jądro wodoru (protonu) i nadaje mu znaczną prędkość



Cząstki  $\alpha$



Cząstki  $\beta$



## SZTUCZNE MGŁY

Mgły sztuczne bywają stosowane w nowoczesnej sztuce wojskowej przez napastnika, który pragnie być niewidzialny. Mgły sztuczne używane w wojnie z atomami mają własność wprost odwrotną: demaskują przeciwnika niewidzialnego. Tajemnice atomowe pisane są pismem chemicznem, mgła sztuczna jest pismem wywołanem.

Słowa powyższe są „mgliste“. Spróbujmy wyjaśnić ich znaczenie. Mgła składa się z mateńkich kropelek wody, jest wynikiem skroplenia się pary. Para skrapla się, gdy jest przesycona, t. j. gdy jest jej w danej objętości zbyt wiele. „Zbyt wiele“ jest naturalnie pojęciem względnem; ta sama ilość pary może być lub nie być przesycona, zależnie od temperatury. Im temperatura jest wyższa, tem więcej pary musi się zgromadzić, aby ją można było uważać za przesyconą. Stan pary przesyconej jest w pewnym stopniu nienormalny, może istnieć tylko chwilowo, para przesycona dąży niejako do tego, by się skroplić. Kropelki mgły, powstającej ze skroplonej pary, czynią niewidzialnemi „spowite w mgły“ przedmioty. Ale mgła zdradza istnienie innych rzeczy niewidzialnych, mianowicie tak zwanych centrów lub zarodków skraplania się. Kropelka rośnie stopniowo od niedostrzegalnej do widocznej, ale wzrost ten musi mieć początek. Po-

czątkiem jest najczęściej mikroskopijny pyłek, dookoła którego para się skrapla. Mgła ukrywa przedmioty, ukazuje pyłki.

Ta własność mgły, jak dotąd, nie jest zbyt ciekawa. Zamiast liczenia pyłków, wolę widzieć jasno przed sobą. Ale wśród rzeczy niewidocznych zdarzają się rzeczy bezporównania ciekawsze od pyłków. Rolę zarodków skraplania się mogą odegrać jony, t. j. naelektryzowane cząsteczki powietrza. Miejsca, w których powstają jony są wysoce godne uwagi, gdyż sprawcami jonów są niemal zawsze promienie alfa, beta i gamma ciał promieniotwórczych lub promienie kosmiczne. A przecież wiemy, że promieniowania tego typu są przedmiotem najusilniejszego badania, gdyż mamy nadzieję, że pozwolą wyjaśnić zagadkę jądra atomowego, którego rozpadowi towarzyszy ich emisja. Tak więc każda kropelka wyrosła dookoła jonu zdradza jakiś fakt wielkiego znaczenia. Widząc ją w danym miejscu stwierdzamy, że tędy przebiegał właśnie jeden z owych tajemniczych promieni. Jony powstają wzdłuż całej drogi danego promienia, są niewidocznym narazie śladem dramatu, jaki zaszedł w przestrzeni, jak odciski palców są niewidocznym narazie śladem zbrodni. Jeszcze lepiej możemy porównać rozsiane wzdłuż promienia jony do naświetlonej lecz niewywołanej kliszy fotograficznej. W jednym i drugim przypadku potrzeba tylko wywoływacza, by wyczarować z „niczego“ wyraźny obraz. Wywoływaczem jonów jest przesycona para; gdy oblepi

kropelkami jony, otrzymamy wyraźny ślad promienia, który nas tak interesuje.

Te spostrzeżenia wykorzystał fizyk angielski Wilson w celu zbudowania przyrządu do wytwarzania „sztucznej mgły“, który oddaje nieocenione usługi w fizyce atomu. Przyrząd ten nosi nazwę komory Wilsona. Komora Wilsona jest poprostu przezroczystym cylindrem, w którym dzięki specjalnemu urządzeniu może nagle opadać szczelnie dopasowany tłok. Gdy to nastąpi, powietrze zawierające nasyconą parę wodną, oziębi się wskutek raptownego rozprężenia; ilość pary, która przedtem była nasycona, stanie się przesycona i będzie „chciała się“ skraplać na jonach lub pyłkach. Ale powietrze komory Wilsona jest czyste, wolne od pyłków, kropelki w niej powstające mogą osiadać tylko na jonach, zarysy mgiełek nie są pozbawione treści złudami, są prawdziwymi dokumentami natury. Ścisłe biorąc stają się takimi dokumentami, gdy je sfotografujemy. W wielu laboratorjach świata dokonywane są obecnie liczne zdjęcia sztucznych mgiełek w komorze Wilsona. Te t. zw. Wilsonowskie fotografie są skrzętnie badane i kolekcjonowane, tworząc całe archiwa wiedzy o atomach. Wybór tematu, jak zawsze, zależy od fotografa, wystarcza jednak wykonywać rozprężenia i zdjęcia na chybił trafił, by ujrzeć coś interesującego. Promienie kosmiczne nieustannie przebiegają atmosferę tak, iż co pewien czas zdarzyć się musi, że jakiś promień kosmiczny, gość z nieznie-



rzonych przestworzy wpadnie do komory w chwili, gdy eksperymentator próbuje swego „snapshotu“<sup>1</sup>. Zdjęcia takie są bardzo interesujące, można jednak zgóry zrealizować takie warunki, by zaobserwować coś określonego. Można w komorze lub obok niej ustawić źdźbło radu, w ten sposób otrzymuje się zdjęcia wysyłanych przez rad promieni alfa, beta lub gamma. Każdemu z tych promieni odpowiada określony typ „śladu“; fizyk rozpoznaje sprawcę jonów, jak eksperci daktyloskopji przestępcę po odciskach palców. Rys. 1. przedstawia ślady grupy promieni alfa. Widzimy, że są to ślady prostolinijne, zatem cząstki alfa biegną po prostych linjach. Liczba jonów wytwarzanych przez cząstki alfa jest tak wielka, kropelki powstające wzdłuż toru rozsiane są tak gęsto, że nie można odróżnić poszczególnych kropelek; ślad ma wygląd ciągły, nieprzerywany. Na końcu torów zauważa się niekiedy nagłe załamania, powstają one wtedy, gdy cząstka alfa natrafi na jądro atomowe i uderzywszy o nie gwałtownie, ulega odbiciu. Aby zilustrować znaczenie zdjęć Wilsona, dodam, że właśnie badaniu tych załamań zawdzięczamy odkrycie faktu, iż atom posiada jądro, ukryte w jego głębi, malutkie „ciałeczko“, które musi być siedliskiem niezwykle potężnych sił, skoro może spowodować zboczenie z drogi cząstki alfa, pędzącej z prędkością 20.000 km/sek.

---

<sup>1</sup> Tak Angliki nazywają zdjęcia migawkowe, niespodziewane dla danej osoby lub grupy osób.

Zupełnie inaczej wyglądają tory cząstek beta, t. j. elektronów wyrzucanych również przez ciała promieniotwórcze. Na rys. 2 widzimy, że ślady cząstek beta są zakrzywione nieregularnie; kropelki rozsiane są zrzadka wzdłuż ich drogi, tak, iż możemy oglądać każdą oddzielnie. Zakrzywienia tłumaczą się tem, że elektron jako cząstka znacznie lżejsza od cząstki alfa, łatwiej zmienia kierunek swego ruchu. Jeszcze inny wygląd mają ślady promieni kosmicznych. Są podobne do śladów promieni beta rzadkością rozmieszczenia kropelek; są jednak prostolinijne, jak ślady cząstek alfa; pochodzi to stąd, że promienie kosmiczne — przynajmniej znaczna ich część — składają się również z elektronów, jednak pędzących z prędkością tak olbrzymią, że mimo małej masy elektronów, nadaje im to większą trwałość pędu.

W ostatnich czasach zdjęcia Wilsona bywają stosowane najczęściej do fotografowania „na gorącym uczynku“ rozpadów atomowych. Gdy cząstka alfa uderza jądro tak gwałtownie, że je rozbija, wówczas zachodzi cały szereg interesujących zjawisk, które wszystkie mogą być utrwalone na kliszy. Mianowicie cząstka alfa zostaje pochłonięta przez uderzone jądro; jądro to ulega transmutacji, wyrzucając jeden ze swych składników — protonów. Jądra pomimo swej małości są utworami złożonymi z cząstek jeszcze mniejszych: protonów i neutronów. Wreszcie samo jądro nie pozostaje w spoczynku, uderzenie wprawia je w ruch, dzie-

ki czemu zdolne jest przebyć pewną drogę w powietrzu.

Wszystko to widać dobrze na rys. 3. Przedstawia on, podobnie jak rys. 1 grupę cząstek alfa. Jedna z nich, jak widzimy, urywa bieg w połowie drogi, ale na jej miejsce pojawiają się dwie w innych kierunkach, tworząc jakgdyby widły. Jedno z ramion wideł, długie i cienkie, to ślad protonu, drugie — grube i krótkie — ślad wyrzuczonego jądra.

Tych kilka przykładów wystarczy do zilustrowania nadzwyczajnej użyteczności metody Wilsona. Dodajemy, że w ten sam sposób możemy fotografować rozpady wywołane przez nowoczesne maszyny do rozbijania atomów, w których narzędziem zniszczenia są protony rozpędzane wielkimi siłami elektrycznymi.

Poza protonami, elektronami, cząstkami alfa istnieją cząstki „nowe“ świeżo odkryte składniki jądra: neutrony — o których wspominam w tym feljetonie oraz elektrony dodatnie, o których opowiem przy innej sposobności. Wszystkie te cząstki zostały odkryte w komorze Wilsona; istnienie ich zdradzone zostało przez „sztuczne mgły“. Nic dziwnego, że wynalazca tak cudownie zorganizowanego „wywiadu“ w walce z atomami został zaszczycony najwyższem odznaczeniem naukowem: nagrodą Nobla.



## ELEKTRON

Łacińskie przysłowie mówi: *habent sua fata libelli*. Trawestując je, możemy w zastosowaniu do elektronu powiedzieć: *habent sua fata nomina*. Elektron jest słowem greckiem, oznaczającym bursztyn. Dzieje tego słowa mogą być w pewnej mierze uważane za symbol ewolucji naszych pojęć o elektryczności. Bursztyn był za czasów greckich jedynym reprezentantem nauki o elektryczności; grecy nie wiedzieli bowiem nawet, że pioruny mają źródło w tej samej „sile przyrody“, która ujawnia się w przyciąganiu przez bursztyn drobnych pyłków. Dzisiaj elektryczność jest duszą techniki; jest główną treścią fizyki; urozmaica, umila, ułatwia życie każdego z nas; jest przedmiotem niezliczonych dzieł naukowych. A jednak elektron pozostał wierny swemu symbolicznemu charakterowi; jak 2000 lat temu, tak obecnie — w zmienionem swem znaczeniu jest alfą i omegą elektryczności.

Nad naturą elektryczności zaczęto zastanawiać się dopiero w XVII wieku. Wtedy poznano, że ma oblicze dwoiste: że bywa „dodatnia“ i „ujemna“. A ponieważ plus i minus w równych porcjach dają zero — przeto rychło nasunęła się myśl, że elektryczność niekoniecznie jest zjawiskiem wyjątkowym. Brak efektów elektrycznych nie jest dowodem nieobecności elektryczności, lecz może być również wynikiem zubożenia się obu przeciw-

nych elektryczności. Stąd krok tylko do koncepcji fluidów elektrycznych, przenikających całą materję. Ciało zawierające oba fluidy, w równej ilości jest elektrycznie obojętne; nadmiar jednego z fluidów, np. dodatniego, nadaje ciału elektryczność dodatnią.

Ten pogląd dawnych fizyków zachował się do dziś dnia, ale z bardzo istotną modyfikacją. W miarę, jak przybywało wiedzy o zjawiskach elektrycznych, uczonych coraz bardziej zadziwiała ich powszechność. Elektryczność okazała się nie rzadkim, odświętnym gościem, lecz codziennym kompanem: zajęła poczesne miejsce w chemji, skoro okazało się, że jedną z najskuteczniejszych form dokonywania rozkładu chemicznego jest elektroliza, czyli rozkładanie roztworów prądem elektrycznym. Gdy rozkładamy elektrolitycznie sól kuchenną, czyli chlorek sodu, chlor występuje z ładunkiem ujemnym, sód z ładunkiem dodatnim. Fluidy elektryczne okazują się w ten sposób głęboko związane z elementarnymi formami materji. Ta uwaga była punktem wyjścia radykalnej zmiany poglądów na elektryczność. Zamiast mówić: materja zawiera, między innymi, fluidy elektryczne, mówimy materja składa się z elektryczności dodatniej i ujemnej. Czytelnik zauważył zapewne, że w zdaniu poprawionem brak słowa „fluid“. Opuszczenie to jest nakazane przez modernizację pojęć. „Fluid“ nasuwa wyobraźni obraz ośrodka ciągłego bez struktury. Ale nauka wieku XIX zapełniła świat atomami; z atomów składać się miała materja; atomistyczną bu-

dowę posiadać musi również elektryczność, skoro ona jest „materją“ materji. Przez pewien czas sądzono, że ta atomizacja elektryczności polega po prostu na tem, iż jedne atomy (np. chloru) są stale ujemne, inne (np. soda) stale dodatnie. Wszystkie atomy chloru, czy sodu, zawierać miały tę samą ilość elektryczności. Elementowi elektrycznemu dano nazwę elektronu, niezależnie od znaku ładunku. Ale elektron pozostał wierny swej roli symbolicznej i powyższe znaczenie zachował tylko dopóty, dopóki odpowiadające mu pojęcie miało sens w nauce.

Nauczyliśmy się później, że wszystkie atomy są z natury obojętne: zatem w każdym z nich muszą być obie elektryczności. Ujawniła się przytem uderzająca dysymetria między elektrycznościami obu znaków. Elektryczność dodatnia okazała się ciężka, ujemna — niezmiernie lekka. Cały ładunek dodatni atomu zebrany jest w jego części środkowej, czyli jądrze, które waży niemal dokładnie tyle, co cały atom. Ujemny stanowi leciutką powłokę atomową.

Ale masa nie jest wszystkim, elektryczność ujemna, choć w słabym tylko stopniu obdarzona tym atrybutem, nietylko gra w naturze rolę nie mniejszą od roli elektryczności dodatniej, ale nawet dominuje nad nią w zjawiskach, które nas otaczają, z którymi nieustannie mamy do czynienia. Mówiąc, że elektrony są alfą i omegą elektryczności, miałem na myśli tę przemożną żywotność elektryczności ujemnej. Elektrony bowiem —



w dzisiejszem znaczeniu tego słowa — to właśnie elementy elektryczności ujemnej. Każdy atom zawiera ich tyle, ile potrzeba do zubożenia ładunku całości. Główną ich cechą jest ruchliwość. W atomie krążą dokoła jądra; ich rozmieszczenie, tory ich obiegu stanowią o tem, co nazywamy budową atomu. Nie są na stałe związane z atomem, lecz mogą go opuszczać, przechodzić do innych atomów. Ta ruchliwość jest źródłem niezliczonych zjawisk elektrycznych, chemicznych, świetlnych. W druciku rozżarzonej żarówki biegną chmary elektronów; elektrony, rozpędzone wysokiem napięciem, powodują świecenie neonówek. Wszystkie syntezy i rozkłady chemiczne zaczynają się od rozluźnienia związku między elektronami i atomem.

O elektryczności dodatniej pomówimy przy innej sposobności. Dziś chcę tylko zaznaczyć, że epitet „ciężka“ jest już w świetle najnowszych badań niezupełnie sprawiedliwy. Okazało się bowiem, że w pewnych wyjątkowych przypadkach również elektryczność dodatnia występować może w postaci cząstek niezmiernie lekkich. Niektórzy uczeni nazwali je elektronami dodatnimi. Zawczasem jeszcze na to, by orzec, czy cząstki te mają istotnie tę samą masę, co „prawdziwy“ elektron i czy zatem słowo „elektron“ przeżyć ma nowe fatum, a raczej odzyskać znaczenie elementu obu elektryczności.

## JĄDRO ATOMU

Niema teraz chyba artykułu z fizyki, w którym nie byłoby wzmianki o jądrze, a przecież jest to pojęcie, które istnieje w nauce dopiero od r. 1910. Zapewne niejeden z wielkich twórców fizyki: Faraday, Maxwell, Helmholtz zdziwiłby się niepomiernie, gdyby mu powiedziano, że atom posiada jądro. Napewno wyobrażali sobie atom — zgodnie z jego etymologją — jako nieprzenikliwą, twardą kuleczkę, w której nie można odróżnić żadnej części.

Trawestując znane powiedzenie możnaby powiedzieć, że każda epoka ma takie atomy, jakie są jej potrzebne. Mówimy „potrzebne“, gdyż fizycy, jakkolwiek nie wyrzekają się tego cennego daru umysłu, jakim jest wyobraźnia, posługują się nim ściśle w miarę potrzeby i atomom przypisują te tylko własności, jakie są konieczne dla wytłumaczenia znanych zjawisk.

W pewnym znaczeniu zatem atomy w XIX wieku „nie miały jąder“, t. j. nie znano żadnych faktów któreby zmuszały do „dzielenia niepodzielnego“, do dalszej atomizacji atomu, a w szczególności do wyszukiwania jego jądra. W umyśle fizyka nazwa ta budzi całkiem określone wyobrażenie, jest jednak bardzo ciekawe, jakie wrażenie robi na niefizykach — myślę, że nasuwa pewne skojarzenia biologiczne.

Każdy wie o jądrze komórki, najistotniejszej, najbardziej „żywej“ jej części; wiadomo, że uszkodzenie jądra to znacznie poważniejsza dla komórki sprawa, niż uszkodzenie części peryferycznych; dlatego też jądro ukryte jest bezpiecznie w jej wnętrzu, jak stolica wewnątrz państwa. Słyszając, że atom ma jądro, skłonni bylibyśmy przez analogję przypisywać jądru atomowemu najważniejszą przynajmniej funkcję jądra komórki — mianowicie przechowywania jej indywidualności, jej żywej treści.

Jeżeli powiedziałem przed chwilą, że atomy XIX wieku nie miały jądra, to chciałem dać do zrozumienia, że w tych czasach nie miało żadnego sensu mówić o indywidualności, o żywej treści atomu. Atom wydawał się niezmienny, wieczny, a zatem miał posiadać cechy, które nie uprawniały do najlżejszej analogji z komórką.

Dopiero koniec wieku XIX-go przyniósł rewelację zmienności atomu. Było nią odkrycie promieniotwórczości. W jednym z poprzednich feljetonów zaznaczałem, że R u t h e r f o r d wytłumaczył promieniotwórczość, zakładając, że atomy rozpadają się samorzutnie. Uderzył go jednak fakt, że te nietrwałe, na progu katastrofy stojące atomy zachowują się bardzo opornie, gdy chcemy rozpad ich przyspieszyć sztucznymi sposobami: ot, rozpadają się, gdy im się tak podoba, a człowiekowi nic do tego.

R u t h e r f o r d wyobraził sobie, że przemiany atomowe dokonywają się w jakiejś niedostęp-



nej, dobrze ukrytej części atomu. — Wkrótce potem doświadczenia, o których nie możemy tu mówić przekonały go, że ta okolica atomu musi mieć położenie mniej więcej centralne i być bardzo małą w porównaniu z całym atomem. Mówiąc o jądrze komórki, porównywaliśmy je ze stolicą państwa; ale to porównanie chybia w zastosowaniu do atomu, chyba, że z państwa uczynimy całą powierzchnię globu, a ze stolicy — niewielką wioszczyne, jakąś Wólkę.

A jednak to małe jądro ma być siedliskiem indywidualności atomu; naruszając je, unicestwiamy atom, a raczej zamieniamy go na atom innego pierwiastka. W jądrze zawarta jest niemal cała masa atomu; to tak jakby wszystkie bogactwa ziemi skupione były w owej Wólcie. Czyż wobec tego reszta atomu jest pustynią? Łatwo odgadnąć, że tak nie jest, że gdyby poza jądrem nic się nie działo nie możnaby mówić o atomie jako o całości.

Prostu stwierdzić należy, że część atomu otaczająca jądro, t. zw. powłoka elektronowa ma inne własne funkcje. Przypominam, że atomom przypisujemy te własności, jakie są nam potrzebne do wytłumaczenia zjawisk. Otóż pod tym względem powłoka jest może ważniejsza od jądra, bo liczba zjawisk, za które każemy jej brać odpowiedzialność jest o wiele większa, niż liczba zjawisk jądrowych.

Powłoka elektronowa składa się z leciutkich ujemnych elektronów, krążących dokoła jądra, które je przyciąga elektrycznie, gdyż posiada ła-

dunek dodatni. Liczba elektronów różna jest w każdym atomie; wzrasta od 1 w atomie najbliższego pierwiastka, wodoru, do 92 w atomie najcięższego, uranu.

Jak już powiedzieliśmy, elektrony te znaczą bardzo mało pod względem masy, ale zato wykonywują liczne funkcje. Np., gdy pierwiastek wysła światło, przyczyną tego są zaburzenia w powłoce elektronów; elektrony przeskakują z miejsca na miejsce. Magnetyzm spowodowany jest przez to, że elektrony niektórych atomów krążą po regularnie rozmieszczonych orbitach, tworząc jakby rodzaj cewki prądowej, utworzonej ze zwojów w skali atomowej, a przecież wiemy, że cewka wytwarza pole magnetyczne.

Przykłady te możnaby mnożyć; poprzestane jeszcze tylko na jednym: powłoka elektronowa wytwarza naturalną granicę atomu. Nie możemy ścisnąć żadnego pierwiastka bardziej, niż do wzajemnego zetknięcia powłok elektronowych. Dlatego, jak wiemy, ciała stałe i ciecze tak mało są ściśliwe. Widzimy zatem jak jednostronny i niesłuszny byłby pogląd, zmniejszający znaczenie powłoki elektronowej w atomie. Możnaby powiedzieć, że powłoka bierze na siebie sprawy codzienne atomu.

Ale jądro jest organem władzy, jest zasadą organizacyjną. Ono funkcjonuje tylko dwa razy: w chwili utworzenia i unicestwienia atomu. Czyż ta uwaga nie przypomina nam raz jeszcze podobieństwa — zresztą tylko formalnego — atomu

z komórką żywą. W usiłowaniach naszych zgłębnienia zagadki materji ataki nasze kierujemy nie na powłokę, która jest organem wykonawczym, lecz na jądro. Dlatego próby rozbijania atomu są tak trudne, dlatego musimy uciekać się do „bombardowania materji“ cząstkami o bardzo wielkiej energii.

Atom, jak każde państwo ma urządzenia obronne, które strzegą jego stolicy. Współczesna fizyka jądrowa, to w znacznej mierze sztuka sporządzania i użytkowania artylerji odpowiedniej do walki z temi urządzeniami obronnemi.



## NAJMNIEJSZE CZĄSTKI MATERJI

W jednym z feljetonów swoich napisałem, że zadaniem popularyzacji jest przedstawienie zagadnień naukowych w języku potocznym, zrozumiałym dla wszystkich. Ten program, jak wszystkie programy, nie daje się zrealizować w zupełności. Przeglądając swoje feljetony, dostrzegam, że jest w nich wiele, zbyt wiele terminów naukowych. Często jest w nich mowa o „jonach“, cząsteczkach, atomach, protonach, elektronach, neutronach i t. d. Niektórzy Czytelnicy mówią mi, że właśnie te terminy utrudniają im zrozumienie treści. Ubolewam nad tem, ale nie mogę zaradzić złemu. Mógłbym każde z tych słów zastąpić szeregiem innych, powszechnie używanych, ale wówczas feljetony byłyby zbyt długie. Ponieważ i w przyszłości wypadnie mi nieraz posługiwać się tą „terminologią“ (jakie to brzydkie słowo), przyszło mi na myśl, by podać rodzaj słownika fizyczno-polskiego, coś w rodzaju „wyjaśnienia skrótów“, jakie spotykamy, np. w rozkładzie jazdy. Słownik nie będzie alfabetyczny, lecz rozumowany i będzie obejmował tylko terminy dotyczące najmniejszych cząstek materji.

W XIX stuleciu słownik taki byłby niepotrzebny, gdyż wtedy znano tylko cząsteczki, atomy i jony elektrolityczne. Zapewne każdy wie że cząsteczka jest kresem podzielności danej sub-

stancji chemicznej, t. zn. nie najmniejszą cząstką wogóle, lecz najmniejszą cząstką, której przysługuje jeszcze nazwa substancji. Cząsteczki składają się z atomów pierwiastków, na które dana substancja da się rozłożyć. Np. cząsteczka wody oznaczona symbolem chemicznym  $H_2O$  składa się z 2 atomów wodoru i 1 — tlenu. Jaki jest stosunek cząsteczki do atomu wtedy, gdy dana substancja jest pierwiastkiem? Nie przesadzajmy zbyt w ścisłości definicji; zauważmy tylko, że cząsteczki niektórych pierwiastków, np. tlenu są dwuatomowe, t. j. składające się z 2 atomów tlenu; inne np. — gazów szlachetnych są jednoatomowe.

Pojęcie jonu elektrolitycznego powstało, gdy zaczęto badać prąd elektryczny w wodzie, w której rozpuszczono elektrolity, t. j. sole, kwasy lub zasady. Stwierdzono, że cząsteczka elektrolitu w wodzie rozpada się na dwa jony, t. j. dwie mniejsze: jedną naładowaną dodatnio, czyli katjon i naładowaną ujemnie, czyli anjon. Np. cząsteczka  $NaCl$  chlorku sodu (soli kuchennej) rozpada się na katjon sodu oznaczony symbolem  $Na^+$  i anjon chloru, oznaczony  $Cl^-$ . Czasami jednemu anjonowi towarzyszy kilka katjonów lub odwrotnie, np. chlorek glinu  $AlCl_3$  tworzy katjon  $Al^{+++}$  i 3 anjony  $Cl^-$  kwas siarkowy  $H_2SO_4$  — dwa katjony  $H^+$  i anjon  $SO_4^{--}$ . Zauważono dalej, że ładunek elektryczny katjonu lub anjonu bądź równa się pewnej jednostce, którą nazwano ładunkiem elementarnym, bądź jest od niej 2 lub 3 lub 4 razy większy

(liczba przecinków lub kropek w powyższych przykładach oznacza właśnie ten stosunek).

Ten fakt naprowadził uczonych na myśl, że elektryczność, podobnie jak materja, składa się z najmniejszych cząstek. Najpierw sądzono, że cząstki te nie mogą „chodzić same“, to znaczy, że towarzyszą tylko atomom materji, jak jonom w elektrolizie. Później, w końcu zeszłego stulecia nastąpiło odkrycie elektronu, cząstki „czystej“, t. j. wolnej od materji elektryczności ujemnej. Chociaż elektrony nie są materjalne w zwykłym znaczeniu, mają jednak masę, co prawda bardzo małą: 1840 razy mniejszą od masy atomu wodoru. Jak łatwo odgadnąć, ładunek elektronu równa się ładunkowi elementarnemu. To odkrycie postawiło na porządku sprawę budowy atomu. Skoro istnieją cząsteczki mniejsze od atomu, to atom nie może być niepodzielny. W pomysłach dotyczących wyjaśnienia tej budowy decydującą rolę odgrywała różnica między elektrycznością ujemną i dodatnią. Oczywiście w atomie muszą istnieć obie, w równych ilościach, są jednak reprezentowane w zupełnie inny sposób. Według przyjętego dziś poglądu elektryczność dodatnia skupiona jest w jądrze, cząstce centralnej, dokoła której krążą ujemne elektrony. Liczba elektronów w atomie jest zarazem liczbą kolejną danego pierwiastka w t. zw. układzie perjodycznym, uporządkowanym w przybliżeniu według ciężarów atomowych. Atom najlżejszy wodoru posiada 1, najcięższy uranu — 92 elektrony. Liczba elektronów jest zatem niewielka



## NAJMNIEJSZE CZĄSTKI MATERJI

i ich masa nie odgrywa wielkiej roli. Cała masa atomu skupiona jest w jądrze. Pomimo to jądro jest maleńkie, jego średnica jest jedną stutysięczną średnicy atomu. Atom jest „pusty“. Ładunek jądra równa się tylu ładunkom elementarnym ile jest elektronów. Jądro atomu wodoru zwane protonem ma ładunek pojedynczy; jądro atomu helu zwane heljoniem — podwójny. To ostatnie jądro nazywa się także cząstką alfa, ponieważ t. zw. promienie alfa wyrzucane podczas rozpadu jąder promieniotwórczych są heljonami pędzącymi z wielką prędkością (około 20000 km/sek.).

Jądro przechowuje indywidualność atomu. Przemiany pierwiastków, sztuczne lub naturalne, zawsze polegają na przekształceniu jądra. Zatem jądro jest pomimo swej maleńkości cząstką złożoną. Z czego składają się jądra? Oczywiście nasuwa się myśl, że z jąder najlżejszych, t. j. protonów. Ale same protony nie wystarczają. Weźmy np. tlen, który zajmuje 8-me miejsce w układzie pierwiastków. Jego jądro ma 8 ładunków; możnaby myśleć, że zawiera 8 protonów, ale w takim razie ciężar atomowy tlenu musiałby wynosić 8 (ciężar atomowy wodoru jest 1) gdy tymczasem naprawdę wynosi 16.

Przez długi czas nie wiedziano jak sobie poradzić z tym faktem i czyniono różne hipotezy. Hipotezy te upadły wobec odkrycia nowej cząstki, neutronu, która ma niemal dokładnie tę samą masę co proton, ale nie ma ładunku; w budownictwie atomowym odgrywa rolę balastu, który po-

większą masę atomową nie zmieniając ładunku jądra. W dzisiejszym stanie wiedzy jesteśmy skłonni do uważania neutronu za elementarną cząstkę samej materji, podobnie jak elektron jest elementarną cząstką samej elektryczności ujemnej. Jak jednak rozumieć budowę elektryczności dodatniej? Jeżeli proton ma być poszukiwaną najmniejszą cząstką dodatnią, to dlaczego jest ona tyle razy cięższa od ujemnego elektronu, i dlaczego ma niemal dokładnie tę samą masę co neutron?

I ta zagadkowa sprawa zaczyna się teraz wyjaśniać dzięki świeżo dokonanemu odkryciu elektronu dodatniego, zwanego również positronem, który jest doskonałym „pendant“ do ujemnego. W pewnym znaczeniu można powiedzieć, że neutron to proton, który utracił elektron dodatni. Ale trzeba być ostrożnym w tego rodzaju sądach, gdyż elektrony dodatnie ujawniają się tylko w bardzo rzadkich okolicznościach i nie wiemy nic pewnego o ich roli.

Neutron, proton, elektron, positron..... Czy nie zawiele tych najmniejszych cząstek? Nadmiar złego nie mogę zaręczyć, że na tem koniec.

## PLUS I MINUS

Gdy zawierałem znajomość z liczbami ujemnymi, wydawały mi się czemś tajemniczym, dziwacznym i... niepotrzebnym.  $4 - 7 = -3$ . Cóż to za „mniej trzy”? Dziecko przyzwyczajone do konkretnego myślenia zapytuje natarczywie, jaka treść kryje się pod tym symbolem? Matematyk odpowiada, że jest to ogniwo rachunku matematycznego, stworzone w tym celu, aby czynność odejmowania była zawsze, przynajmniej formalnie, możliwa, — niezależnie od tego, czy odjemnik jest mniejszy czy większy od odjemnej. Matematyk nie dba o to, czy liczbie ujemnej odpowiada treść konkretna, dla niego jest ona najprostszem uogólnieniem pojęcia liczby. W miarę, jak zagłębiając się coraz bardziej w nurty matematyki, poznawaliśmy coraz to nowe uogólnienia tego pojęcia: liczby niewymierne, zespolone i t. d., ujemne liczby, które przez ten czas stały się już naszymi dobrymi znajomymi, wydawały się nam, przez kontrast, coraz bardziej sympatyczne, zwłaszcza, że i w geometrii i w fizyce — i w życiu praktycznym — zaznajamialiśmy się z wielkościami, dla których liczby ujemne były wprost jak stworzone.

W niektórych działach geometrii przyjęte jest obrać pewien punkt jako początek i odległość od niego wzdłuż prostej linii uważać za wielkość dodatnią lub ujemną, zależnie od tego, czy jest odło-



żona dajmy na to na prawo, czy na lewo.  $4 - 7 = -3$  ma wówczas sens oczywisty: cztery na prawo oraz siedem na lewo — to trzy na lewo. Należy jednak zaznaczyć, że moglibyśmy w tym przypadku obejść się bez liczb ujemnych, choć byłoby to znacznie mniej wygodne, gdybyśmy przesunęli nasz „początek“ dostatecznie daleko, np. o 100 na lewo. Wówczas punkt „4 na prawo“ stałby się punktem „104 na prawo“;  $104 - 7 = 97$ ; mielibyśmy zatem same liczby dodatnie.

W fizyce spotykamy się po raz pierwszy z liczbami ujemnymi, gdy dowiadujemy się o temperaturach dodatnich, czyli powyżej zera, i ujemnych, czyli poniżej zera. I w tym przypadku jednak możemy „przesunąć“ zero temperatur w dostatecznym stopniu wdół, aby wszystkie temperatury były dodatnie. Takim zerem jest t. zw. zero bezwzględne, najniższa temperatura, jaką sobie możemy wyobrazić. Zwykłemu zeru, t. j. temperaturze zamarzania wody odpowiada w tej skali wartość 273 stopni.

W życiu praktycznym, w handlowości i bankowości znaczenie liczb dodatnich i ujemnych jest oczywiste. Dodatnie są wszystkie posiadane przez nas zasoby i obce zobowiązania, ujemne nasze zobowiązania, czyli, wyrażając się poprostu, długi. Niewątpliwie racjonalna gospodarka wymagałaby, aby i w tym przypadku nie istniały liczby „naprawdę“ ujemne, t. j., aby aktywa przewyższały pasywa, ale nawet taka niepraktyczna istota, jak fizyk, wie, że na świecie bywa różnie pod tym

względem, i że istnieją finansiści, widocznie obdarczeni wyobraźnią matematyczną, mający szczególne upodobanie do abstrakcyjnego „minusa“.

Najciekawszą ilustracją fizyczną pojęcia liczb dodatnich i ujemnych jest elektryczność. Ciała naelektryzowane, a raczej ładunki na nich zgromadzone są — przynajmniej napozór — konkretnymi przykładami obu rodzajów liczb i przytem uczą nas, że między plusem i minusem niema istotnej różnicy — w tym sensie, że jest rzeczą czystej umowy, który z obu rodzajów elektryczności nazwiemy dodatnim, który zaś — ujemnym. Ważne jest tylko to, że po złączeniu dwóch ładunków przeciwnego znaku powstaje nowy, którego wielkość oblicza się dokładnie według reguły dodawania liczb dodatnich i ujemnych.

Powiedziałem: „przynajmniej napozór“. Chciałem wyrazić myśl, że sprawa nie jest bynajmniej tak prosta, że dzieje nauki o ładunku elektrycznym są w znacznej mierze wypełnione roztrząsaniem zagadnienia, czy dwa rodzaje elektryczności, to naprawdę plus i minus, przemienione ze świata symbolów w dziedzinę rzeczywistości, czy może sprawy mają się raczej jak w geometrii lub nauce o cieple, t. j. istnienie różnych znaków zależne jest tylko od wyboru pewnego zera, czy pewnego początku.

Istnieli zwolennicy zarówno pierwszego, dualistycznego, jak i drugiego, t. zw. unitarnego poglądu. Pierwsi sądzili, że elektryczność dodatnia i ujemna, to dwie różne rzeczy; drudzy, do których należał

między innemi słynny Benjamin Franklin, uznawali istnienie jednej tylko elektryczności, na przykład dodatniej (możnaby równie dobrze uważać tę jedyną elektryczność za ujemną). Należało tylko przyjąć, że elektryczność jest w ciałach zawsze, wywiera jednak działanie wtedy, kiedy znajduje się w ilości większej lub mniejszej od ilości normalnej. Ta ilość normalna odpowiadałaby zatem „zeru temperatur“, „początkowi“ w geometrii; elektryzacja dodatnia, czyli nadmiar elektryczności — temperaturze powyżej zera lub przesunięciu na prawo. Jednej i drugiej koncepcji wspólne było to, że nie znały one żadnych głębszych różnic pomiędzy własnościami obu elektryczności, z wyjątkiem banalnego faktu, że ciała elektryzujące się w ten, czy inny sposób są różnej natury. Stąd nazwy: elektryczność „szklana“, czyli dodatnia, oraz „żywiczna“, czyli ujemna.

Dopiero w wieku XIX poznano te różnice w całej rozciągłości, w związku z postępami wiedzy o atomistycznej budowie materji. Okazało się mianowicie, że również i elektryczność ma budowę atomistyczną, t. j., że istnieje najmniejsza, niepodzielna jednostka elektryczności, t. zw. ładunek elementarny. Najbardziej uderzające było, że tylko elektryczność ujemna posiada własne atomy zwane elektronami, które można uważać za cząstki samej elektryczności, pozbawione materji, natomiast nawet najmniejszy ładunek dodatni musi mieć, jako podłoże cząstkę materjalną o masie conajmniej atomu wodoru. Cząstkę tę nazwano protonem.



Ten pogląd można było uważać za doskonały wyraz koncepcji dualistycznej. „Dodatnie“ i „ujemne“ zostało niejako ucieleśnione, pierwsze w postaci ciężkich cząstek: protonów, drugie w postaci 1840 razy lżejszych elektronów. Oczywiście, w protonach niema nic specjalnie „dodatniego“, jak w elektronach nic „ujemnego“, możnaby z powodzeniem zamienić obie nazwy. Ważne jest tylko to, że przysługiwały one, jak sądzono, dwóm rzeczom zasadniczo odmiennym.

Pogląd ten uległ zmianie dopiero w roku ubiegłym, wskutek odkrycia elektronu dodatniego, nazywanego positronem, braciszka, a może raczej odbicia lustrzanego elektronu ujemnego.

Z rozmysłem użyłem słowa „odbicia lustrzanego“, gdyż elektron dodatni nie jest li tylko, jak możnaby przypuszczać, nieznanem dotąd „pendant“ elektronu ujemnego. Chodzi o to, że byt positronu jest efemeryczny: powołany do życia nowoczesną formułą zakłęcia, eksperymentem fizycznym, błąka się przez chwilę, jak upiór; pilno mu zapaść się w nicość, rozpląnąć w promieniowaniu. Znany fizyk angielski, laureat Nobla, wprowadzający w podziw świat naukowy zarówno genialnością swych pomysłów, jak swą młodością, Dirac nazywa positron „dziurą“, czemś pozostałem po wyjęciu z danego miejsca elektronu ujemnego. Teoria Diraca jest wybitnie unitarna; przyjmuje „prawdziwe“ istnienie tylko elektronów ujemnych. Wyobraża on sobie, że oprócz elektronów, które poznajemy w zwykłych doświadczeniach, istnieje

wiele elektronów ujemnych, niejako zamaskowanych, schowanych w „mysich dziurach“, nie działających nazewnątrz. Pod wpływem jednak niektórych czynników nader gwałtownych, np. promieni kosmicznych, te elektrony mogą być wyrwane ze swych mysich dziur. Powstaje wtedy jednocześnie dostępny doświadczeniu oswobodzony elektron oraz pusta „dziura“, „brak elektronu“, czyli positron. Wskutek tego elektron wychodzi z ukrycia, rodzi się niejako w świecie rzeczywistości, staje się dostępny doświadczeniu. Jednocześnie jednak — jest to najciekawsze w teorii Diraca — ujawnia się „ureczywistnia“, miejsce po elektronie, „dziura“, której istnienie było w sferze nierealnej, dopóki znajdował się w niej elektron. Podobnie i o istnieniu mysich dziur dowiadujemy się dopiero wtedy, gdy wylażą z nich myszy. Dirac dowiódł, że taka dziura musi posiadać wszystkie własności dodatniego elektronu, t. j. positronu.

Widzimy, że w tem ujęciu positron nie może być uważany za ucieleśnienie jednego z dwóch rodzajów liczby algebraicznej; za mało sam ma ciała, nadto jest abstrakcyjny i efemeryczny. Nie wiadomo jednak, czy teoria Diraca ostanie się, zwłaszcza w świetle najnowszych faktów, o których napiszę innym razem.

## PROMIENIE KOSMICZNE

Oceniając rolę ziemi i człowieka we wszechświecie wahamy się między dwoma odmiennymi punktami widzenia, spoglądamy na nią z dwu przeciwległych sobie biegunów kuli filozoficznej. Pogląd pierwszy, przekazany nam dziedzicznie przez tradycję antropomorfizmu, ziemię i człowieka umieszcza we środku stworzenia, wzloty i upadki ducha ludzkiego, ludzkie grzechy i cnoty czyni najważniejszymi sprawami wszechświata. Pogląd drugi jest naukowy, wie, że swój początek od Kopernika, według niego ziemia jest drobnym znikomym pyłkiem w wieczności trwania i nieskończoności przestrzeni. Nieświadomie wyznajemy oba poglądy jednocześnie; nie znając umiaru, przerzucamy się od zbytnej pychy do nadmiernej pokory.

Fizyk jest w tych sprawach wyznawcą „złotego środka“. Jego stosunek jest nie uczuciowy, lecz obiektywny; nie zaślepia go odmęt spraw ziemskich, ani nie przeraża ogrom wszechświata. Fizyk wie, że oprócz niezmierzonej wielkości istnieje również niezmierna małość; człowiek jest mniej więcej tak samo olbrzymi w stosunku do atomu, jak znikomo mały w stosunku do gwiazdy. Świat atomów, który jest pod ręką, jest mu równie niedostępny, jak przestworza gwiazdne oddalone o setki tysięcy lat świetlnych; człowiek nieomal równie



mało wpływać może na atomy, jak na ciała niebieskie. Do jednych i drugich wiedzie jedna tylko droga, droga cierpliwego, niezmordowanego badania naukowego.

Koncepcja ziemi, jako pyłku zawieszzonego w okalającej go nicości nie odpowiada fizykowi również i z tego powodu, że ów pyłek nie jest izolowany od reszty wszechświata, lecz jest w nieustannym z nią kontakcie. Nie jesteśmy li tylko cząstką wszechświata. Wszechświat jest w nas; nietylko jesteśmy ogarnięci, lecz zarazem i ogarniamy. Wszystko działa na wszystko; wszechświat udziela się nam, nieustannie do nas przemawia. Mrugnięcia gwiazd, często ledwie dostrzegalne gołym okiem są mową pełną treści, którą umiemy odczytać z pomocą przyrządów astronomicznych. Czytaliśmy niedawno, że promień gwiazdy Arkturus wzmocniony przez przekaźniki elektromagnetyczne rozpałił światła, które były sygnałem otwarcia wystawy w Chicago, ale nierównie potężniejsze jest światło, które czyni się w naszej świadomości wskutek badań astrofizycznych. Światło pojedynczej gwiazdy skierowujemy poprzez teleskop do spektroskopu, do komórki fotoelektrycznej, na kliszę fotograficzną, odnajdujemy w niem mnóstwo szczegółów, rozszczepiamy je na oddzielne barwy, mierzymy jego natężenie. Badania te pouczają nas o składzie chemicznym, o temperaturze, o budowie wewnętrznej, nawet o ruchach gwiazd, które są tak odległe, że każdy inny sposób obserwacji ukazuje nam je, jako nieruchome.

W tych wszystkich badaniach posługujemy się wzrokiem, bądź własnym, przyrodzonym, bądź wyolbrzymionym przez ogromne źrenice teleskopu. Ale istnieje inny rodzaj sygnałów nadsyłanych nam poprzez przestrzeń, które ze zmysłem wzroku nie mają nic wspólnego. Promienie kosmiczne poznajemy i badamy z pomocą oka elektrycznego.

Naelektryzujemy kawałek metalu, zawieśmy go w suchym powietrzu na doskonale izolującej nici. Po pewnym czasie stan elektryczny metalu zniknie, rozproszy się. Zatem powietrze, choć w słabym stopniu, przewodzi elektryczność. Nie jest to jednak jego naturalną, samorzutną własnością, czyni to pod przymusem, pod działaniem promieni jonizujących, t. j. wstrząsających jego cząsteczki, tak, iż stają się jonami, cząsteczkami dodatnio lub ujemnie naelektryzowanymi. Fakt ten znano od dawna, przypisywano go jednak promieniom radu i innych ciał promieniotwórczych, które, jakkolwiek w niezmiernie małej ilości, rozsiane są w całej skorupie ziemskiej. Kilku śmiałym badaczom przyszło na myśl wznieść się wysoko balonem, dotrzeć do warstw oddalonych od promieniotwórczej skorupy, w nadziei, że znajdą powietrze naturalne, pozbawione zdolności rozpraszania elektryczności. I oto przekonali się, że bardziej od ziemi „promieniotwórcze“ są niebiosa, ku którym pragnęli się zbliżyć. Jonizacja powietrza wzrasta wraz z wysokością. Jasne się zatem stało, że to przestrzeń okalająca ziemię śle nam pro-

mienie jonizujące. Promienie te nazwano kosmicznymi.

Słowa „promieniotwórcze“ użyłem w cudzysłowie, ponieważ promienie kosmiczne są zupełnie innej natury, niż promienie radu. Mają bez porównania większą moc przenikania; wszak przechodzą z łatwością przez całą atmosferę. Nie przesłania ich nawet płyta ołowiana grubości kilku metrów, gdy tymczasem promienie radu zatrzymywane są całkowicie przez płyty kilkunastocentymetrowe.

Nic dziwnego, że promieniowanie o tak szczególnej naturze wzbudziło w najwyższym stopniu ciekawość fizyków. Badania nad nimi prowadzone są we wszystkich krajach na wielką skalę, chciałoby się rzec kosmiczną. Może żadne zjawisko nie skłoniło do zużytkowania tak rozległych środków technicznych, współdziałania tak rozległych organizacji, wydatkowania tak wielkich sum pieniężnych. Wszak są to promienie kosmiczne, nie wytwarzamy ich w pracowni, rolę laboratorium przejmują cała natura: powietrze, ziemia i woda. Promienie kosmiczne badane były zapomocą elektroskopów zanurzanych w głębinie wód, często trudno dostępnych jezior górskich; działanie ich nie ustaje nawet w głębokości dwustu metrów pod poziomem wody. Bardzo wielkie znaczenie ma badanie jonizacji, wytworzonej przez promienie kosmiczne na wielkich wysokościach. Najprostszym sposobem wiodącym do tego celu jest wypuszczanie balonów-sond, unoszących elektroskopy zaopa-



trzone w przyrządy samopiszące. To jednak nie wystarcza. Niekiedy z przyrządem wzlecieć musi sam obserwator. Ale zadanie jest trudne: chcemy się zbliżyć możliwie najbardziej do „kosmosu“, wznieść się możliwie wysoko do owej tajemniczej warstwy powietrza, zwanej stratosferą, w której niema już obłoków, niema wahań temperatury, będących udziałem „naszego“ powietrza. Stąd owe loty stratosferyczne, z których pierwszy dokonany przez Piccarda osiągnął wysokość 16 kilometrów, drugi dokonany świeżo przez uczonych sowieckich, przekroczył 19 kilometrów. Niewątpliwie loty te będą miały naśladowców.

Nie mniej ważne jest badanie natężenia promieni kosmicznych w różnych punktach globu ziemskiego. Uczony amerykański Compton zorganizował wielkie zbiorowe badania promieni kosmicznych, wysyłając w różne strony świata kilkudziesięciu pracowników zaopatrzonych w przyrządy identyczne celem łatwiejszego porównania wyników. Okazało się, że natężenie tych promieni jest największe w pobliżu biegunów magnetycznych ziemi, co ma świadczyć o tem, że są one utworzone, przynajmniej częściowo z szybko pędzących cząstek elektrycznych, odchylanych, jak tego uczy fizyka, przez działanie olbrzymiego magnesu, jakim jest ziemia.

Najtęższe głowy pracują nad wyjaśnieniem istoty i powstawania promieni kosmicznych. Jakkolwiek liczba ich jest stosunkowo niewielka, to energia pojedynczych cząstek, jak tego łatwo się

domyśleć na podstawie ich zdolności przenikania, jest naprawdę „kosmiczna“. Aby taką energję zdobyć, cząstka elektryczna, np. elektron, musiałaby być popędzana napięciem kilku miliardów woltów. Oczywiście nie możemy nawet marzyć o sztucznem wytwarzaniu takich cząstek. Ponieważ wiemy, że już znacznie słabsze promienie radu są objawem towarzyszącym przemianie atomów promieniotwórczych, domyślamy się, że źródłem promieni kosmicznych są nierównie potężniejsze procesy atomowe. Niektórzy uczeni przypuszczają, że to rodzące się w odległych przestworzach atomy materji dają w ten sposób znać o sobie, inni są zdania, że promień kosmiczny jest krzykiem zgonu, że powstaje w chwili unicestwiania się atomu. Pewne jest, że słońce nie odgrywa uprzywilowanej roli w ich wytwarzaniu, gdyż dniem i nocą promieniowanie kosmiczne jest jednakowe. Mnożą się oznaki, że niedługie lata przyniosą nam rozwiązanie tego zagadnienia.



CURIE-SKŁODOWSKA



## PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ

Gdy napisałem w „Kurjerze Porannym“ kilka pierwszych feljetonów, przyjaciele ostrzegali mnie, że jest to przedsięwzięcie na krótką metę, gdyż liczba tematów naukowych, które można poruszać w sposób przystępny, jest bardzo ograniczona. Tembardziej — dodawali — z zakresu fizyki, która jest nauką wymagającą wprawy w myśleniu matematycznym i wogóle abstrakcyjnym.

Przyznaję, że sam miałem pod tym względem pewne wątpliwości, chociaż z usposobienia jestem optymistą. Tak się jednak dziwnie składa, że im bardziej pęcznieje teczka, w której składam kopje swych rękopisów, tem bardziej wydaje mi się pojemna, tem obficiej nasuwają mi się zagadnienia, o których „wartoby napisać“. Jest to poniekąd naturalne, gdyż artykuły popularne, zwłaszcza krótkie, są jak wycieczki w kraju ciekawym i urozmaiconym do poszczególnych miejsc godnych widzenia. Miejsca te nie są odosobnione, leżą w okolicy, do której warto powrócić. Po drodze mija się niejedną miejscowość równie interesującą, jak cel podróży; kierownik wycieczki musi zadowolić się krótkim powiedzeniem: „Wyberzemy się tam innym razem“.

W wielu feljetonach z konieczności szafuję obietnicami tego rodzaju; w większości przypadków dotąd ich nie dotrzymałem. Nęci mnie urok

nowości i staram się pokryć cały kraj tą turystyką naukową. Jeżeli jednak dzisiaj prowadzę Was, mili Czytelnicy, do tego samego „powiatu“ promieniotwórczości, który zwiedzaliśmy w ubiegłym tygodniu,<sup>1</sup> to zawinił temu „chochlik“ drukarski. W poprzednim feljtonie są<sup>2</sup> dwa błędy. Najcięższymi pierwiastkami są nie uran i rad, lecz uran i tor; uran rozpada się do połowy nie w 5 milionów, lecz w 5 miliardów lat. Różnica jest istotna, gdyż milion lat, to krótka chwilka wobec ziemi i uran, gdyby żył tak „krótko“, nie mógłby spełniać swej roli zegara ziemi.

Dziwnym trafem to sprostowanie nadaje się dobrze, jako punkt wyjścia dzisiejszej pogawędki: „Uran żyje“. Cóż to za pierwiastki, które żyją?

Samoistny rozpad pierwiastków promieniotwórczych jest faktem powszechnie znanym i nawet w moich artykułach była niejednokrotnie o tem mowa. Obawiam się jednak, że dla większości Czytelników „rozpad pierwiastków“ jest pojęciem abstrakcyjnym, pozbawionem konkretnej treści, nie daje wyobrażenia o bogactwie zjawisk promieniotwórczych i o roli, jaką nauka o promieniotwórczości odegrała w naszym poglądzie na świat. Zastanówmy się przeto nad tem, co to jest np. rozpad radu. Mam przed sobą nieco soli radowej; ona stale promieniuje, wyświetla klisze fotograficzne, jonizuje, t. j. czyni przewodnikiem elektryczności powietrze, rozświeca substancje fosforyzujące,

<sup>1</sup> p. „Wiek Ziemi“. <sup>2</sup> Błędy te zostały poprawione w niniejszej książce.

## PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ

ogrzewa otoczenie, słowem śle w przestrzeń energję, a jednak nic w niej, przynajmniej napozór, nie zmienia się. Teorja rozpadu promieniotwórczego odkrywa jednak pod tą maską trwałości, przebieg destrukcyjny, jak baczne oko lekarza odkrywa postępy choroby pod pozorami zdrowia. Ogłasza niewzruszone prawo rozpadu: z każdej ilości radu ubywa połowa co każde 1660 lat. Inaczej mówiąc 1 gram radu traci co roku ok. 0,5 miligrama. Jest to ubytek, który choć niełatwo, możnaby jednak stwierdzić doświadczalnie; o ile mi jednak wiadomo, nikt nie dokonał dotąd takiego pomiaru, głównie dlatego, że w niewielu tylko laboratorjach są do rozporządzania tak wielkie ilości radu (1 g. kosztuje 500.000 złotych).

Możemy zatem powiedzieć, że długowieczność radu tłumaczy nam dobrze, dlaczego rad wydaje się zupełnie niezmienny. Gdyby jednak do tego sprowadzały się zalety teorji rozpadu, musielibyśmy ją uznać za mało interesującą. Zapewne, od teorji wymagamy przede wszystkim, by nie była sprzeczna z doświadczeniem; ale oprócz tej cnoty biernej musi posiadać cnotę aktywną — musi być pożyteczna, tłumaczyć fakty, do których się stosuje. Otóż mogłoby się wydawać, że taki powolny rozpad, którego istnienie założyliśmy, w żaden sposób nie może być uważany za dostateczną przyczynę energii, wydzielanej przez ciała promieniotwórcze. Zróbmy rachunek w inny sposób. W ciągu 1 godziny 1 g. radu wydziela 130 kaloryj, zgodnie zaś z teorją rozpadu, traci w ciągu tego czasu ok.



5 stutysiącznych części miligrama. Porównajmy ten rozpad radu np. ze spalaniem się węgla: spalenie 5 stutysiącznych miligrama węgla daje prawie milion razy mniej ciepła niż rad. Wydaje się zatem, że nawet gdyby rad płacił swem istnieniem za koszty swej świetności, mógłby opędzić tylko znikomą część swych wydatków energetycznych. Chyba, że rozpad radu jest procesem nie tylko zupełnie innego rodzaju — o czym wiemy — jak spalanie się węgla, ale ponadto bezporównania wydajniejszym energetycznie.

Otóż w tem właśnie leży sedno sprawy. Łączenie się atomów węgla z atomami tlenu jest wynikiem dość żywego ich ku sobie popędu; możnaby rzec, że padają sobie w objęcia z pewnym impetem, wskutek czego nabierają dość znacznej energii ruchu, która uzewnętrznia się w postaci ciepła. Energja ta jest, okrągło biorąc, 200 razy większa od tej, jaką posiadają cząsteczki chemiczne w temperaturze normalnej, ale jest wprost znikomo mała wobec tej, z jaką mamy do czynienia w promieniotwórczości. Rozpad atomu jest gwałtowną eksplozją, w której od atomu radu odrywa się jądro atomu helu, czyli cząstka alfa z energją kilkaset milionów razy większą od tej, jaką cząsteczki gazu posiadają w zwykłych warunkach. Nic przeto dziwnego, że pomimo małej ilości paliwa, rad „grzeje“ tak dobrze. Jak widzimy paliwo to jest już nie pierwszej, lecz wprost niedoścignionej klasy.

Ta „wysoka klasa“ nadaje pierwiastkom promieniotwórczym wyjątkowe, uprzywilejowane stano-

wisko w całym królestwie materji. I podobnie jak nieliczne jednostki wybitne bardziej narzucają się uwadze, niż wielka liczba ludzi przeciętnych, tak pierwiastki promieniotwórcze możemy wykryć nawet w ilościach tak małych, że każdy zwykły pierwiastek byłby w tych warunkach zupełnie nieodróżnialny. Rad istnieje w minerałach w proporcji conajwyżej 1 na 10 milionów i został odkryty, jedynie dlatego, że jest promieniotwórczy.

Nie jest to jednak przykład najbardziej uderzający. Zanik radu jest, bądź co bądź, powolny — przynajmniej w skali naszego życia; jego atomy rozdają bogactwa drzemiącej w nich energii oszczędnie, jakgdyby w trosce, by ich starczyło na dłużej. Są jednak pierwiastki znacznie bardziej rozrzutne, wyladowujące swe skarby w ciągu znacznie krótszego czasu. Np. polon zanika do połowy w 5 miesięcy, emanacja radu w 4 dni, a są i takie, które, niepomne już nietylko jutra, lecz najbliższej nawet chwili, wyżywiają się w ciągu kilku minut, a nawet drobnego ułamka sekundy. Jeden z tych efemerycznych pierwiastków nazywa się radem C. Złożony na blaszce metalowej, jest zupełnie niewidoczny. Jego ilość może wynosić zaledwie 2 tysiące atomów, a jednak daje on o sobie znać, gdyż co sekunda wybucha w nim jeden atom, wysyłając cząstkę alfa, którą możemy — pośrednio — zobaczyć, gdy trafia na ekran fosforyzujący, wykrzeszając z niego malutką iskierkę. Dla porównania zaznaczamy, że najczulsze sposoby wykrywania zwykłych pierwiastków są zupełnie bez-

silne, gdy liczba atomów jest mniejsza od miljar-  
da. Jeżeli dziś mówimy swobodnie o atomach, jako  
o cząstkach, których istnienie nie ulega żadnej wą-  
pliwości, zawdzięczamy to promieniotwórczości,  
która dała nam poznać najszlachetniejszą odmianę  
atomów: atomy aktywne, atomy *żywe*, godne tej  
nazwy choćby dlatego, że umierają.

Nie należy oczywiście rozumieć dosłownie wy-  
rażeń: „żywe“ i „umierają“. Jednakże własności  
ciał promieniotwórczych wprost narzucają umy-  
słowi analogję z własnościami materji żywej. Naj-  
lepszym tego dowodem jest terminologja naszej  
nauki. Poszczególne pierwiastki charakteryzujemy  
ich okresem rozpadu; mówimy o ich okresie *życia*.  
Przemiany promieniotwórcze przeobrażają jeden  
pierwiastek w inny, ten znowu w inny i t. d. Mówi-  
my, że pierwiastki takie są związane *genetycznie*, że  
tworzą *ród* lub *rodzinę*. W rodach spotykamy nie-  
kiedy *rozgałęzienia*: przypadki, gdy z jednego pier-  
wiastka powstają dwa inne odrazu, t. j. nie drogą  
przemian kolejnych, lecz w ten sposób, że jego ato-  
my mogą ulegać przemianom dwóch różnych typów.

Wreszcie promieniotwórczość podobna jest do  
życia również i z tego względu, że tajemnica roz-  
padu pierwiastków, podobnie, jak tajemnica życia  
i śmierci, jest głęboka i niezbadana. I my uprawia-  
my wiwisekcję; usiłujemy dotrzeć do dna zagadki,  
wywołując sztuczne rozpady, uśmiercając atomy.  
Mamy jednak tę wyższość nad biologami, że, uni-  
cestawiając atomy, zawsze powołujemy do istnie-  
nia atomy innego pierwiastka.



## NEUTRONY I PROTONY

„Materja składa się z neutronów, protonów, elektronów dodatnich i ujemnych. Człowiek składa się z kości, nerwów, mięśni i t. d. Roślina składa się...” Jacyż ci uczeni są nudni!

Postępowanie naukowe jest wrzucaniem do kotła barw, kształtów, zapachów i ekstrahowaniem z nich esencji tak subtelnej, że można ją ogarnąć tylko oczyma ducha. Takie postępowanie nazywa się abstrakcją i jest bardziej uciążliwe, niż rozkoszowanie się pięknem młodego lata. Czyż to nie okrucieństwo pisać w czerwcową niedzielę o neutronach i protonach? Pocieszam się, że istnieją jeszcze większe udręki, np. egzaminy maturalne.

Z czterech wymienionych elementów zajmę się głównie dwoma pierwszymi, ponieważ chcę mówić o budowie jądra. Neutron i proton to cząstki „ciężkie”, prawie 2000 razy cięższe od elektronu i pozytronu (elektronu ujemnego i dodatniego). Obrały sobie za siedlisko jądra atomowe, elektrony ujemne uwijają się dokoła jąder. W zjawiskach, które obserwujemy nieustannie, czynne są niemal wyłącznie elektrony, natomiast jądra, ze swemi protonami i neutronami reprezentują całą niemal masę świata. Zastanawiające jest, że pomimo to są tak malutkie; gdyby wszystkie neutrony i protony ziemi „zbić do kupy” utworzyłyby kulę o promieniu zaledwie kilkuset metrów. Gęstość tej kuli byłaby

przerażająca, jeden centymetr sześcienny posiadałby masę rzędu tysiąca tonn. Z tego wynika, że materia urządziła się w przestrzeni nader wygodnie, nie może skarżyć się na głód mieszkaniowy. Każde jądro otacza się olbrzymią w stosunku do jego rozmiarów posiadłością, po której spacerują, której strzegą od obcych elektrony. Istnieją jednak we wszechświecie okolice, gdzie materji nie jest tak dobrze. We wnętrzu gwiazd ciśnienie i temperatura są olbrzymie; przeludnienie doprowadziło tam do odprawienia służby, która została wypuszczona na wolność; innemi słowy jądra są stłoczone, co-prawda niezupełnie tak, jak w opisanej kuli, ale bądźco-bądź w bardzo znacznym stopniu. Wspomnieliśmy o czterech elementach materji. Są to cegiełki, z których każda odgrywa odrębną rolę w architekturze świata. Elektrony to ruchliwy tłum, pachołki spełniające wszystkie codzienne funkcje natury. Neutrony i protony — to dumni władcy, ukryci w swych małych zameczkach-jądrami, sprawujący rządy w rozległych włościach — obszarach atomu.

Przypominam, że ta uprzywilejowana rola przysługuje mieszkańcom jąder tylko w warunkach podobnych tym, które panują na ziemi i które można by nazwać arystokratyczną konstrukcją materji. Nie wyjaśniłem jednak dotąd różnicy między neutronami i protonami.

Otóż w naszym porównaniu protony są elementem władcym *par excellence*. Każdy z nich posiada ten sam ładunek elektryczny dodatni, skutek cze-

## NEUTRONY I PROTONY

go protony jądra wywierają przyciąganie na elektrony.

Ponieważ liczba elektronów równa się liczbie protonów, moglibyśmy powiedzieć, że każdy szlachetny proton posiada przydzielonego sobie pospolitaka w postaci elektronu. Porównanie to szwankuje o tyle, że w atomie określony jest jedynie stosunek elektronów do jądra jako do całości, nie zaś do poszczególnych protonów. Neutrony mają tę samą masę co protony, nie mają jednak naboju elektrycznego. Ich rola polega na spajaniu protonów w jądrze. W istocie, jak wszyscy wiemy, naboje jednoimiennie odpychają się; protony, to swarliwi, zachłanni baronowie, z których każdy wyrzuciłby swego brata, czy kuzyna z wspólnego domu, jądra, gdyby nie obecność dyskretnych neutronów, które do spraw elektronów zupełnie się nie wtrącają, nie działają na nie powodu braku ładunku, natomiast posiadają zdolność wywierania w jądrze potężnej atrakcji na protony. W mojem porównaniu politycznem brak mi klasy społecznej, której mógłbym upodobnić neutrony, natomiast w analogji architektonicznej porównałbym je do wapna, spajającego cegły-protony.

Nie mówiłem dotąd nic o roli ostatniego składnika, elektronu dodatniego czyli positronu. Poznaliśmy go niedawno i niewiele dotąd o nim wiemy. W jednym z poprzednich feljetonów mówiłem o teorii Diraca, która tłumaczy, dlaczego positron jest rzadkością, zjawia się jedynie w warunkach wyjątkowych i posiada dążność do samounice-



stwiania, a raczej do podwójnego samobójstwa. W istocie positron natychmiast po urodzeniu się wyszukuje siłą przyciągania elektron, z którym stapia się bez innego śladu, jak rozbiegające się z miejsca katastrofy promieniowanie. Najciekawsze jest, że ta forma zgonu jest analogiczna do formy urodzin, gdyż positron nie powstaje nigdy sam, natomiast zawsze w towarzystwie elektronu (oczywiście nie tego samego, z którym później przyjdzie mu umierać).

Te dziwne dzieje życia positronu nie tłumaczą nam jeszcze jego roli w jądrze. Zdaniem wielu uczonych rola ta polega na — przekształcaniu neutronu w proton. Wyobraźmy sobie, że neutron pochwycił świeżo urodzony positron. Masa jego się nie zmieni, gdyż positron jest arcylekki, natomiast neutron nabędzie tę cechę, której brak odróżniał go dotąd od protonu, mianowicie nabój dodatni. Z tego wynika, że w arystokratycznej sferze materji funkcje neutronu i protonu nie są wieczne i niezienne, lecz że obaj arystokraci mogą przedzierzgnąć się jeden w drugiego. Zjawiska tego rodzaju nie zachodzą w jądrach zwykłych pierwiastków, w których zapanowała stabilizacja stosunków wewnętrznych. Natomiast niektóre pierwiastki promieniotwórcze są niezadowolone z rozdziału funkcyj w swych jądrach i mają skłonność do zastąpienia w każdym z nich jednego neutronu protonem. Czynią to w sposób wyżej opisany. W okolicy jądra rodzi się para bliźniąt elektrycznych odwrotnego znaku: positron zostaje schwytyany przez jeden z neutronów, czyniąc

z niego proton, natomiast elektron wybiega w świat. W istocie wiemy, że niektóre pierwiastki promieniotwórcze wysyłają szybkie elektrony, znane pod nazwą cząstek  $\beta$  (beta).

Gdyby wśród jąder jakiegoś pierwiastka panowały stosunki odwrotne, t. j. gdyby te jądra zawierały nadmiar protonów, wówczas „rewolucja pałacowa“ odbyłaby się w inny sposób, mianowicie drogą wyrzucenia positronu, co przekształciłoby jeden z protonów w neutron. Zjawiska tego rodzaju nie zachodzą samorzutnie, gdyż pierwiastki naturalne zdążyły już uporządkować swoje wewnętrzne stosunki w dawno minionych epokach historii wszechświata. Umiemy dziś jednak sztucznie wywoływać zamieszanie w jądrach niektórych lekkich pierwiastków, wytwarzając w nich przejściowo nadmiar protonów. Zdarza się to, gdy do jądra wpadnie cząstka naładowana dodatnio, np. cząstka  $\alpha$  lub jądro ciężkiego wodoru zwane diplo-nem. Po ostrzeliwaniu niektórych lekkich pierwiastków cząstkami wspomnianego typu, widzimy fakt niezwykle ciekawy, mianowicie pierwiastki te zaprowadzają ład w swoich wytraconych z równowagi jądrach, wysyłając positrony, które wybiegają z tak wielką prędkością, że możemy je liczyć zapomocą odpowiednich aparatów. Zjawisko to odkryte w Paryżu przez małżonków Joliot zostało słusznie nazwane sztuczną promieniotwórczością. Odkrycie to zbliża nas do zrozumienia genezy materji, która jest historją związków i metamorfoz protonów i neutronów.

## ŚRODEK NA BEZSENNOŚĆ

Wiadomo, że niezawodnym, a w każdym razie najtańszym środkiem na bezsenność jest liczenie— bądź poprostu od jednego do dziesięciu tysięcy — bądź według recepty Krukowskiego abstrakcyjnych owiec, przechodzących przez abstrakcyjną furtkę: jedna owca, druga owca... sto piętnaście owiec i t. d. Wiadomo, że liczenie jest skądinąd rzeczą pożyteczną i że należy np. liczyć się z groszem. Można liczyć przez rozsądek, pod dyktandem konieczności życiowej lub z amatorstwa, jeżeli się jest statystykiem, fizykiem lub astronomem. Można liczyć fabrykowane w kraju szpilki, gwiazdy w niebiosach, atomy w ciałach materjalnych. Wszystkie te odmiany liczenia tem są podobne, że liczone przedmioty są konkretne, z wyjątkiem może owiec hipnotycznych. Chcę jednak pomówić dzisiaj o liczeniu zupełnie innego rodzaju: o liczeniu „rzeczy“, znajdujących się wewnątrz atomu.

Dobrze się składa, że słowo atom jest greckiego pochodzenia; inaczej zdanie powyższe byłoby równie pozbawione sensu, jak krajanie powietrza lub monolog niemowy. Cóż kiedy fizycy, choć nieustannie robią rewolucję w swej nauce, są bardzo konserwatywni i nie chcą, czy nie mają czasu na przemianowanie atomu, choć dawno przestał być atomem. I my nie traćmy czasu na subtelności języko-



we i zastanówmy się nad tem, co w atomie może nadawać się do liczenia.

Najpierw zauważymy, że każdy pierwiastek posiada atomy jemu właściwe, tak, iż pierwszy sposób liczenia, jaki się nam nasuwa polega na zliczeniu wszystkich pierwiastków. Ten sposób nie wymaga wielkiej biegłości w rachunkach, wystarczy „rachować do stu“, gdyż pierwiastków jest tylko 92. Napozór możnaby sądzić, że taka sama jest liczba różnych rodzajów atomów. W rzeczywistości jednak większość pierwiastków składa się z dwóch lub kilku odmian o własności nieuchwytnie tylko różnych, tak, iż przez długi czas nie podejrzewano nawet ich istnienia. Odmiany te nazywają się izotopami, każdej z nich odpowiada osobny rodzaj atomu. Gdybyśmy chcieli zliczyć wszystkie te rodzaje, otrzymalibyśmy zgórą dwie setki. Ale dokładna liczba izotopów nie jest interesująca, zwłaszcza, iż zapowiedziałem, że będziemy liczyli nie atomy, lecz w atomach. Obie te czynności są zresztą związane z sobą bardzo ściśle, gdyż to, co nazwałem liczeniem w atomach, w nauce nosi nazwę teorii budowy atomu, której jednym z głównych zadań jest wyjaśnienie czem różnią się od siebie atomy różnych pierwiastków. W istocie atomy nie mogą różnić się ani barwą, ani zapachem, ani żadnymi własnościami, któremi charakteryzujemy ciała „duże“, dostępne zmysłom. Jeden atom może różnić się od innego jedynie cechami, które możemy wyrazić zapomocą liczby.

Zdanie to brzmi, jak proste przypomnienie faktu, że fizyka nie zna innych różnic między ciałami, jak

te, które można wyrazić liczbą. W przypadku ciał dużych liczby te nie powstają jednak wskutek liczenia (wyjątek stanowi fizyka kryształów), lecz wskutek mierzenia i dlatego naogół nie są całkowite, lecz zupełnie dowolne, np. długość deski może wynosić 2.453 metra. Inaczej w atomie. Wprawdzie przed niezbyt dawnym czasem sądzono, że do badania atomów służą te same metody, co do badania ciał, i w tem ujęciu nie byłoby istotnie nic ciekawego do powiedzenia o roli liczby w atomie. Obecnie jednak głównie dzięki pracom genialnego fizyka duńskiego Nielsa Bohra, wiemy, że atom stoi pod znakiem liczby całkowitej, czyli innymi słowy, liczby służące do charakterystyki atomów tworzymy na podstawie liczenia.

Aby tę myśl bliżej wyjaśnić zaczniemy od przypomnienia, że według Bohra, który rozwinął w tem zagadnieniu pomysł Rutherforda, atom składa się ze środkowego jądra, które skupia w sobie jego całą masę, oraz uwijających się dookoła jądra elektronów, których ruchy i układ są źródłem wszystkich niemal własności ciał. Przypomnijmy sobie, że już charakteryzowaliśmy różne rodzaje atomów liczbą na podstawie wyliczania odrębnych indywidualów chemicznych, czyli pierwiastków, np. atomy wodoru oznaczamy liczbą 1, węgla — 6, tlenu — 8, żelaza — 26, srebra — 47, złota — 79, najcięższego uranu — 92. Ale te liczby są dla nas narazie, jak numery na bramach domów, nie mówią o właściwościach danego atomu. Powiedzmy przeto, że w rzeczywi-

stości liczby te zwane „atomowemi“ zdradzają wiele tajemnic, a przede wszystkim „liczbę mieszkańców domu“, t. j. liczbę elektronów w atomie. Oczywiście, aby wiedzieć ile jest tych elektronów, należy je zliczyć; nie należy sobie wyobrażać, że czynimy to, jak delegat komisji spisu jednodniowego; służą do tego celu inne sposoby, ale to nie jest dla nas najważniejsze. Istotne jest, że poznaliśmy pierwszy przypadek stosowania liczby całkowitej w atomie. Drugi związany jest z nim bezpośrednio. Ponieważ elektrony są naładowane ujemnie i wszystkie posiadają jednakowy nabój (zwany elementarnym), atom zaś jako całość jest elektrycznie obojętny, przeto ta sama liczba oznaczać musi nabój dodatni jądra wyrażony w nabojach elementarnych.

Mówiłem, że atomy różnych pierwiastków są niepodobne, atomy izotopów nadzwyczajnie podobne do siebie. To podobieństwo tłumaczy się tem, że izotopy posiadają tę samą liczbę atomową, ich atomy zatem tę samą liczbę (i układ) elektronów. Na następne skolei pytanie, czem różnią się izotopy, odpowiadamy, że również liczbą, innego rodzaju, zwaną masą atomową.

W tem miejscu Czytelnik, obeznany z chemją, gotów zaprotestować ponieważ zapowiadałem panowanie liczby całkowitej, masy atomowe zaś nie są liczbami całkowitemi, np. chloru —35.46. Zanim odpowiem, przypomnę, że masa atomu to niemal to samo co masa jądra, gdyby zatem oponent mój miał rację, znaczyłoby to, że w jądrze liczba całkowita



jest bez znaczenia, czyli, że jądro nie składa się z części — niema w niem nic do liczenia.

Otóż fizyk angielski Aston odkrył, że masy atomowe izotopów są — ze znacznym stopniem przybliżenia — liczbami całkowitemi. Liczby te dają nam inny sposób charakteryzowania atomów, tym razem pozwalający odróżnić izotopy; np. wspomniany chlor składa się z dwóch rodzajów atomów, o masach 35 i 37 (35.46 to masa przeciętna — wynik mieszaniny). Ten nowy układ liczb całkowitych interpretujemy w ten sposób, że w atomie oprócz elektronów istnieją inne elementy, dające się liczyć: mianowicie najmniejsze cząstki, z których składa się jądro. Zakładamy, że wszystkie te cząstki posiadają w przybliżeniu tę samą masę. Oczywiście jądro zwykłego wodoru jest tylko jedną cząstką; nazywamy ją protonem.

Ale jądra innych atomów nie składają się z samych protonów, gdyż inaczej liczba atomowa musiałaby równać się masie atomowej. Proton posiada nabój równy jedności, t. j. naboju elementarnemu. Oprócz protonu istnieje cząstka o tej samej masie, lecz pozbawiona naboju, t. zw. neutron. Ponieważ nabój neutronu wyraża się liczbą zero, widzimy, że liczenie w atomie jest natury szczególnej i obejmuje nie tylko liczby dodatnie i ujemne (dodatni i ujemny nabój protonu i elektronu), ale również i zero. Zakładamy, że liczba *samych protonów* równa się liczbie atomowej, np. w jądrze chloru o liczbie atomowej 17, masie atomowej 35 istnieje 17 protonów. Różnica obu liczb, mianowicie 18, to liczba neutro-



BOHR

nów. Najprostszy przykład tej kombinacji protonu i neutronu, to jądro niedawno odkrytego izotopu wodoru, składnika ciężkiej wody, t. zw. diplonu: składa się ono z jednego protonu i jednego neutronu.

W poprzednim feljetonie mówiłem jeszcze o innej cząstce: elektronie dodatnim, ale jego rola w jądrze nie jest dotąd wyjaśniona.

Na tem nie kończy się rola liczby całkowitej w atomie. Dzięki pracom Bohra znamy jeszcze t. zw. *liczby kwantowe*, służące do numerowania różnych *stanów* tego samego atomu. Chodzi o to, że samo wyszczególnienie części atomu — co czynimy zapomocą liczby i masy atomowej — daje bardzo niezupełny obraz atomu. Jest to obraz martwy, nie ilustruje zmian, które w atomie zachodzić mogą, zachodzić muszą, gdyż inaczej nieby się w naturze nie działo. Genjalnym pomysłem Bohra było, iż wszystkie te zmiany dają się przedstawić, jako zmiany stanu, lub jak mówimy w fizyce atomowej, przejścia od jednego stanu do drugiego. Największą zagadką atomu jest, że stany dają się numerować, oznaczać liczbami całkowitemi, czyli liczbami kwantowymi. Jeżeli w dodatku założymy, że stan charakteryzuje się nie jednym, lecz kilkoma rodzajami liczb kwantowych, otrzymujemy schemat niezwykle urozmaicony i giętki, zdolny do odtworzenia większości, a może wszystkich objawów otaczającego nas świata na podstawie liczenia stanów i części atomu.

Obawiam się, że Czytelnik nie będzie uważał tego warjantu liczenia za dobry środek na bezsenność.



## NOWA PROMIENIOTWÓRCZOŚĆ

Będę dziś mówił o odkryciach ostatnich miesięcy, a nawet ostatnich tygodni. Nie czynię tego zazwyczaj, wolę, żeby tematy „odleżały się“, wówczas łatwiej o perspektywę, o ujęcie syntetyczne. Ponadto odkrycia te należą do dziedziny, nad którą sam pracuję, ta okoliczność również utrudnia przedstawienie ich w ten sposób, jaki najbardziej odpowiada charakterowi moich pogadanek. Jeżeli tym razem odstępuję od zasady, czynię to dlatego, że odkrycia te są głośne, wieść o nich do prasy codziennej przedostała się w formie tak bardzo zniekształconej, że wydaje mi się konieczne poinformować Czytelników o prawdziwym stanie rzeczy.

Przypomnijmy sobie najpierw główne fakty z dziedziny promieniotwórczości. Promieniotwórczość jest własnością niektórych pierwiastków; polega na tem, że jądra atomowe tych pierwiastków ulegają samorzutnie rozpadowi. Znamy dwie formy tego rozpadu; odpowiednio do tego możemy podzielić pierwiastki promieniotwórcze na dwie klasy. Pierwsza klasa charakteryzuje się przemianą  $\alpha$ , czyli przemianą, w której jądro atomowe traci i wyrzuca z siebie z wielką prędkością cząstkę  $\alpha$ , która jest prosto jądrem atomu helu. Druga klasa doznaje przemiany  $\beta$ , w której jądra wysyłają — z jeszcze większą prędkością cząstki  $\beta$  — czyli elektrony.

Z wyjątkiem trzech pierwiastków o ciężarze ato-

mowym niezbyt wysokim: potasu, rubidu i samaru, wszystkie pierwiastki promieniotwórcze należą do najcięższych pierwiastków chemicznych. Nauka dzisiejsza przyjęła pogląd, że pierwiastki nie są formami wiecznymi, które „były, są i będą“ lecz, iż powstały — w nieznanym nam dotąd okolicznościach — w ten sposób, że ich jądra utworzyły się z elementów prostszych o charakterze uniwersalnym. W jednym z poprzednich artykułów mówiłem, że istnieją dwa rodzaje takich elementów: protony, inaczej jądra wodoru (najlżejszego z pierwiastków, który jako taki odgrywa rolę pramaterji, lub ściślej mówiąc, jednej z pramateryj), oraz neutrony, różniące się od protonów tem tylko, że nie mają ładunku elektrycznego. Cząstka alfa — jądro helu składa się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Wobec powyższego łatwo zrozumieć możliwość przemiany alfa, ponieważ w każdym ciężkim jądrze jest aż nadto dosyć materiału — protonów i neutronów — do utworzenia cząstek alfa. Natomiast znacznie trudniej zrozumieć istotę przemiany beta, ponieważ wiele faktów prowadzi do wniosku, że w jądrze niema elektronów.

Odpowiedź na to pytanie zarówno, jak na wiele innych dotyczących budowy jądra i genezy materji, utrudnia fakt, iż promieniotwórczość spotykamy tylko w ograniczonej grupie pierwiastków, oraz że nie znamy dotąd żadnego sposobu oddziaływania na nią czynnikami zależnymi od naszej woli. Dlatego cenną pomocą w badaniu jąder atomowych oka-

zały się próby t.zw. rozbijania pierwiastków, w których wywołujemy rozpad jąder niektórych pierwiastków lekkich, bombardując je cząstkami o bardzo wielkiej energii, np. cząstkami alfa lub protonami, pędzonymi wielkim polem elektrycznym. Jednakże we wszystkich tych próbach jądra utworzone w katastrofie uderzonego jądra są trwałe, należą zatem do nowego pierwiastka, który wprawdzie powstaje w bardzo małej ilości, ale nie ulega dalszemu rozpadowi, t. j. nie jest promieniotwórczy.

Otóż doniosłe odkrycie uczynione przed trzema miesiącami przez Fryderyka Joliotę i jego żonę Irenę, córkę Marji Curie - Skłodowskiej, polega na tem, że jądra niektórych pierwiastków bombardowane cząstkami alfa zamieniają się na jądra nietrwałe, promieniotwórcze. Nowe jądro powstaje z dawnego w sposób, który możnaby nazwać reakcją alchemiczną, gdyż po pierwsze — łączy się z cząstką alfa (synteza jądrowa), powtóre wyrzuca z siebie wskutek nadmiaru uzyskanej energii — jeden neutron (rozkład jądrowy). W ten sposób powstaje np. z jądra glinu (14 neutronów, 13 protonów) po dodaniu cząstki alfa (2 protony, 2 neutrony), oraz utracie neutrony — jądro *izotopu fosforu* (15 neutronów, 15 protonów). Ten izotop fosforu jest promieniotwórczy, rozpad jego możemy obserwować w kilka lub kilkanaście minut po bombardowaniu wskutek promieniowania, jakie wysyła. Najbardziej uderzający jest jednak fakt, że nie jest to ani promieniowanie



alfa, ani beta: rozpadowi „typu Joliotów“ towarzyszy emisja elektronów dodatnich.

Tak to bywa w nauce. Niemałą trudność sprawiały znane już dawniej przemiany beta. Ale przynajmniej elektrony ujawniające się w tych przemianach są naszymi dobrymi znajomymi. W odkryciu Joliotów sprawa komplikuje się przez to, że elektrony dodatnie znamy dopiero od niedawna i nie znamy dobrze ich natury. Wiemy, że zjawiają się w stanie swobodnym jedynie w okolicznościach wyjątkowych i że ich istnienie jest efemeryczne, gdyż każdy elektron dodatni prędzej, czy później wynajduje sobie towarzysza zgonu, jakiś elektron ujemny, z którym stapia się, unicestwia i odradza się — w promieniowaniu. Ten nowy tajemniczy przybysz w świecie fizyki, ujawnia się nam teraz w zupełnie nowy sposób, mianowicie w akcie przemiany *pozytonowej* (pozytron — nazwa elektronu dodatniego) analogicznej do przemiany elektronowej, czyli beta, z tą jednak różnicą, że pierwsza występuje w pierwiastkach lekkich i najlżejszych — druga dotyczy pierwiastków ciężkich i najcięższych.

Mamy zatem zamiast jednej, dwie trudności. Taki właśnie stan rzeczy lubią fizycy; historia naszej nauki wskazuje, że dopiero wtedy powstaje możliwość wyjaśnienia jakiejś sprzeczności, gdy wykrywamy inną analogiczną, tak, iż w sprzecznościach tych możemy odnaleźć system i z wyjątków uczynić zasadę.

Przedwcześnie byłoby mówić już dzisiaj o takiej syntezie. To sprawa teorii. Narazie w laboratorjach

całego świata wre praca nad „zjawiskiem Joliotów“. Joliotowie odkryli nową promieniotwórczość wskutek sztucznej przemiany glinu, boru, fosforu; kilka tygodni temu w Anglii współpracownicy lorda Rutherforda zauważyli tego samego typu transmutację węgla (pod wpływem bombardowania przez protony). Wreszcie przed dwoma tygodniami moi uczniowie i współpracownicy pp. Danysz i Żyw, bombardując promieniami alfa azot, odkryli, że powstaje z niego również pierwiastek promieniotwórczy.

Warto przy tej sposobności przypomnieć, że azot jest pierwszym pierwiastkiem, który został rozbitý przez lorda Rutherforda w r. 1919.

## PUSTE I PEŁNE

Pytanie, co jest rzeczywistością, a co urojeniem, nie należy do fizyków. Zgłaszających się po odpowiedź na to pytanie odsyłam do filozofów. Czynie to z uczciwości, zmieszanej z drobną szczyptą złośliwości; mój mały paluszek powiedział mi bowiem, że i filozofja niewiele tu pomoże.

Chcę mówić, jako fizyk, o rzeczywistości najrzeczywistszej, mianowicie o materji.

Gdy słyszymy słowo „materjalny“, natychmiast przychodzi nam na myśl coś co można wziąć do ręki, czego można dotknąć, co stawia opór ruchowi, co może uderzyć. Stąd wniosek, że źródłem pojęcia materji są przedewszystkiem ciała stałe. Oczywiście i płyny posiadają tak pojętą materjalność, niewątpliwie jednak w słabszym stopniu; uogólnianie zaś pojęcia materji również i na gazy wymaga już pewnego wysiłku abstrakcji, czego najlepszym dowodem jest konieczność przekonywania dziecka lub prostaczka, że powietrze jest „prawdziwem“ ciałem podobnie, jak woda i żelazo. Bądź co bądź jednak w sprawie materjalności powietrza możemy powołać się na świadectwo zmysłów i wyniki eksperymentów; nie będzie o niej wątpił nikt, kogo przewrócił silny podmuch wiatru; żeglarz zaś i lotnik nietylko doskonale wiedzą, że powietrze jest materją, ale znają na wylot jego cechy materjalne.

Idźmy jednak za głosem wiedzy nieuczonej i nie



odbierając bynajmniej cieczom i gazom atrybutu materjalności, zatrzymajmy uwagę na ciałach stałych, ponieważ są materją najmaterjalniejszą i w dotknięciu mają najmocniejszy smak rzeczywistości. Czy nie wyciągamy ręki w kierunku zjawy ujrzanej w niezwykłych okolicznościach, chcąc się upewnić dotykiem, że to nie mara, nie widmo, nie halucynacja? Czyż nie mówimy i nie czytamy często o „twardej rzeczywistości“, którą przeciwstawiamy złudzeniom? Ponieważ zrobiłem ustępstwo naiwnemu, bezpośredniemu odczuciu rzeczywistości, mam prawo skolei zażądać udzielenia głosu wiedzy oderwanej. A chociaż nie lubię cytować, przytoczę ich kilka, gdyż wyrażają moją myśl lepiej, niżbym sam umiał to uczynić. Źródłem ich jest przepiękna książka A. S. E d d i n g t o n a „Nature of the Physical World“ mająca w polskim — bardzo dobrym zresztą przekładzie — niezupełnie odpowiadający intencjom autora tytuł „Nowe Oblicze Natury“ (Wyd. „Mathesis Polska“).

„Zasiadam do spisania tych wykładów i przysuwam krzesło do swych *dwóch stołów*“ (zwykłego i „naukowego“). Jest to dowcip: autor przygotowuje czytelnika do zrozumienia różnicy między popolitem a naukowym ujęciem jakiegokolwiek przedmiotu materjalnego: stół jest tylko przykładem, ponieważ „każdy wierzy, że pojmuje istotę zwykłego stołu“.

Może zmieni jednak zdanie, gdy usłyszy wykład naukowy o zwyczajnym stole. „Mój stół, to przeważnie próżnia. W próżni tej są skąpo rozproszone

liczne ładunki elektryczne, mknące z wielką prędkością; ale całkowita ich objętość nie sięga nawet jednej biljonowej objętości samego stołu“.

Ten wstęp do książki Eddingtona jest w swoim rodzaju arcydziełem; czytałem go wiele razy i niewątpliwie najlepiej byłoby, gdybym się umówił z czytelnikiem, że on przeczyta książkę Eddingtona lub przynajmniej pierwszy jej rozdział, ja zaś zrezygnuję z dalszego ciągu tego feljtonu i również będę ją czytał. Ale książka nam nie ucieknie, godzi się zaś doprowadzić do końca, to co się zaczęło. Chcę nawiązać do tej „próżni“, o której mówi E d d i n g t o n, ponieważ jest naprawdę trudna do pojęcia. Jakże stół ma być pusty, skoro my odczuwamy najwyraźniej, że jest pełny. Łokieć, który na nim opieramy, spotyka nieprzekraczalną przeszkodę.

Ale dla fizyka łokieć nie jest łokciem, podobnie jak stół nie jest stołem, a raczej „łokieć-widmo spoczywa na stole - widmie“ (proszę mi wybaczyć tę ostatnią już cytate). Doświadczenie poucza nas tylko, że zbiór atomów zwany łokciem nie może wsunąć się w inny zbiór atomów zwany stołem, jakkolwiek w jednym i w drugim jest więcej pustego niż pełnego. Hamowanie ruchu niekoniecznie wymaga pełnej materjalnej przeszkody. Żaden rozsądny człowiek nie posunie się poza obręb terenu pilnowanego przez wartę, gdy usłyszy groźne „stój“. Atomy nie znają perswazji, ani groźby, niemniej swobodę ich ruchów ograniczają wpływy, których natura nie jest materjalna. Wpływy te nazywają się siłami.

Przestrzeń między atomami (ściślej biorąc składnikami atomów: elektronami i jądrami) jest pusta w tym znaczeniu, że jest wolna od cząstek materialnych, ale tem niemniej jest „wypełniona“ czemś innym, co fizycy nazywają polem sił. To pole sił, sfera wpływów stanowi najistotniejszą treść codziennego pojęcia materji; możemy powiedzieć, jeśli nie obawiamy się gry słów, że materja tylko w drobnej części składa się z materji, w daleko większej zaś z pola sił.

„Zgoda“ powie Czytelnik „wiem już, że „prawdziwą materją“ są tylko cząstki materialne, cała reszta zaś świata to sfera ich wpływów. Widzę, że materja nie jest jedyną rzeczywistością, istnieje poza nią inna rzeczywistość, którą najtrafniej byłoby nazwać energją. Moznaby zatem antynomję: puste i pełne zamienić inną: materja i energja. Nie jest to antynomja zupełnie ścisła, wszak wiemy, że materja sama „posiadać“ może energję, mianowicie energję kinetyczną, t. j. energję ruchu; jeżeli jednak pomineć ten rodzaj energii, każdy inny mogę przypisać „pustej przestrzeni“ i zająć się zgłębieniem różnicy między materją cząstek materialnych i energją pustej przestrzeni“.

Napozór zdawałoby się, że różnica ta jest łatwa do wykrycia. Cząstki materialne posiadają masę, a zatem i wagę — energja zaś wydaje się nam nieważnikiem. Powtóre cząstka znajduje się w określonym miejscu, energja zaś jest rozlewna; przecież, jak mówiliśmy, wypełnia próżnię.

Fizyka jednak i w tej sprawie płata figla intuicyj-



nemu poglądowi na rzeczywistość. Dwie wielkie teorie: kwantów oraz względności nauczyły nas po pierwsze, że energii należy przypisać masę, podobnie jak cząstkom materialnym, powtóre, że energia w licznych przypadkach zachowuje się zupełnie tak, jakgdyby była złożona z oddzielnych cząstek, zajmujących określone miejsca; po trzecie, że cząstki materialne mają oblicze falowe, czyli, że w wielu doświadczeniach zatracają zupełnie swą materialność, zachowują się jakgdyby były falami wypełniającymi przestrzeń bez przerw.

Widzimy zatem, że wcale nie jest łatwo odróżnić w sposób zupełnie ścisły energję od materji, pole sił od ich źródła. Te dwie formy rzeczywistości, na pozór tak odmienne, posiadają wiele cech wspólnych. Może najistotniejsza różnica między niemi polega na tem, że „czysta“, t. j. wolna od materji energia rozchodzi się zawsze z prędkością światła, prędkość zaś materji może być mała lub wielka, we wszystkich jednak przypadkach jest mniejsza od prędkości światła. Energia — to sfera wpływów, to zdolność oddziaływania jednych części materji na inne. Działania materji rozchodzą się zatem szybciej, niż sama materja.

Analiza nasza doprowadziła do wniosku, że słowa „puste“ i „pełne“ nie mają tego bezwzględego znaczenia, jakie skłonni bylibyśmy im przypisywać, gdyż zarówno materja, jak i energia, zalecznie od okoliczności mogą być rozumiane, jako puste lub pełne. Jeżeliby kto ubolewał nad tem, że wskutek postępu badań naukowych zatarły się granice, któ-

re dawniej wydawały się zupełnie wyraźne, to na pocieszenie powiem, że ten stan rzeczy jest zwiastunem wielkich wydarzeń w fizyce. Jesteśmy bowiem niewątpliwie w przededniu rozwiązania największej zagadki: genezy materji. Mnożą się oznaki, że energja może zamieniać się w materję i odwrotnie. Nic przeto dziwnego, że istnieją między niemi głębokie analogje.

## EPOKA BOHATERSKA

Są epoki bohaterskie w życiu narodów, ale nauka zna także, niekiedy po długich okresach zastoju, lata bujnego, żywiołowego rozkwitu, lata, które świecą potem w dziejach nazwiskami twórców i ich dziełami. Fizyka przeżywa obecnie epokę bohaterską, trzecią już za czasów mego życia. Gdy rozpoczynałem pracę naukową, dogasała pierwsza z nich, epoka promieni Röntgena, elektronu i promieniotwórczości. W pamięci naszej jest ona symbolicznie związana z nazwiskami Röntgena, J. J. Thomsona, małżonków Curie, Rutherforda oraz szeregu bohaterów mniejszego kalibru. Z pośród tych wszystkich nazwisk tylko jedno — choć zmieniało się kolejno z Rutherforda na Sir Ernesta i później na lorda Rutherforda — zachowało blask niezmienny, jest imieniem wiecznie młodego Tytana, który wyciska swe piętno na już blisko półwieczu dziejów nauki.

Następna wielka epoka doszła do szczytu przed samą Wojną Światową. Zrodzona z twórczego natchnienia tego samego Rutherforda stanęła pod znakiem budowy atomu i odcyfrowania podwójnej ich mowy: chemicznej i świetlnej, a raczej pisanych w tej mowie dokumentów: tablicy perjodycznej Mendelejewa, o której pisałem w innym artykule oraz widm światła wysyłanego przez



pierwiastki. Bohaterami tej epoki — nie będę powtarzał imienia Rutherforda — są Soddy, Fajans, twórcy nowego poglądu na układ pierwiastków, Niels Bohr, który zbudował atom z jądra i elektronów, Laue, który nauczył nas, że promienie Röntgena są w swej istocie identyczne ze światłem i wielu, wielu innych. Z pośród nich wymienię tylko zabitego w Dardanelach Moseley'a, któremu zawdzięczamy znaczną część wiadomości podanych we wspomnianym feljetonie i którego śmierć pozostanie na zawsze tragicznym symbolem ciosów zadawanych kulturze przez wojnę.

Zanim przejdę do dzisiejszej epoki bohaterskiej, która trwa od trzech lub czterech lat, chcę zaznaczyć, że tym razem nie nastąpiła po latach zastoju, gdyż rozkwit nowoczesnej fizyki trwa niemal bez przerwy od r. 1919, t. j. od chwili, gdy Rutherford — zawsze Rutherford — rozbił azot i marnieniem o sztucznej przemianie pierwiastków zaszczerpił ledwie jeszcze wyczuwalny posmak rzeczywistości. Chciałbym jeszcze wspomnieć o innych wielkich czynach tego piętnastolecia, o wykryciu falowej natury materji, ale pilno mi do dzisiejszego tematu pogawędki.

W r. 1931 w Paryżu i w Cambridge odkryty został nowy składnik materji, neutron, cząstka dziwna, która przez długie lata uchodziła uwadze badaczy, ponieważ jest elektrycznie obojętna, olbrzymia zaś większość sposobów, jakimi jedna cząstka działa na inne, a zatem jakimi może być wy-

kryta, jest natury elektrycznej. Neutron jest jak roślina bez barwy i zapachu, może raczej jak kamyk, gdyż daje znać o sobie wtedy tylko, gdy brutalnie uderzy inną cząstkę.

Zaledwie neutron został odkryty, posypały się o nim prace ze wszystkich większych ośrodków pracy badawczej w Europie i w Ameryce. Ale to był dopiero początek. Niebawem przyszło zdumiewające odkrycie uczniów Rutherforda, którzy środkami technicznymi, działaniem takich samych transformatorów, jakie służą do przenoszenia energii elektrycznej, rozbili lit i szereg innych pierwiastków.

I to odkrycie, które zostało nazwane wskrzeszeniem alchemji, rychło znalazło naśladowców i kontynuatorów w wielu punktach obu kontynentów. Zagadnienie genezy pierwiastków zjawilo się na porządku dziennym. Już dziś systematycznie badamy w jaki to sposób najlżejsze cząstki: neutrony i protony (czyli jądra wodoru) skupiają się, tworząc cięższe jądra. W ten sposób zdołamy może wyjaśnić istotę ewolucji, która odbyła się zapewne we wnętrzu gwiazd i doprowadziła do powstania 92 znanych pierwiastków.

Po tem odkryciu zdawało się, że już chyba jesteśmy u szczytu. Ale gdzie tam! Coraz większe dziwy, coraz nowe cuda, o których się filozofom nie śniło! W r. 1933 okazało się, że materja ukrywa w swem wnętrzu inną jeszcze, tajemniczą cząstkę: dodatni elektron. Jeżeli neutron wymykał się obserwacji przez swoją bierność, dodatni elektron pozostawał

stawał niepostrzeżony, ponieważ jest efemerycznym gościem w świecie rzeczywistym, upiorem wywołanym magicznymi zaklęciami fizyki, któremu natychmiast po dokonanych „seansie“ pilno pograć się w niedostępnej nam krainie — nazywanej przez fizyków dziedziną ujemnej energii.

Rok ubiegły przyniósł inne jeszcze wielkie odkrycie: nowej odmiany, czyli izotopu wodoru, dwa razy cięższego od zwykłego wodoru, który z tego powodu otrzymał nazwę diplogenu. Dzisiaj w wielu laboratorjach świata, a między innymi w Warszawie wydzielamy przez elektrolizę wody jej ciężki składnik, stanowiący w normalnych warunkach 1/5000 jej zawartości. Atomy diplogenu zostały natychmiast zaprzęgnięte do pracy „alchemicznej“ w charakterze pocisków służących do rozbijania innych atomów. Diplogenem zajęli się również lekarze; możliwe jest, że „ciężka woda“ odegra wielką rolę w medycynie.

O innym „prosto z pieca“ wielkim odkryciu, pisałem w artykule „Nowa promieniotwórczość“. W próbach sztucznego przetwarzania atomów powstają naogół atomy pierwiastków znanych; niekiedy jednak wytwarzają się odmiany efemeryczne, niezdolne do istnienia w zwykłych warunkach. Te krótkotrwałe pierwiastki szybko zanikają, znacząc swój przelotny żywot jedynie promieniotwórczością, t. j. wysyłaniem promieni. Możliwe jest, że budując pierwiastki natura postępowała w ten sam sposób, t. j. robiła próby nieudolne, zanim udało się



jej zrealizować formy trwałe, t. j. pierwiastki, z których składa się otaczająca nas materja.

Ten krótki i bynajmniej niewyczerpujący przegląd wystarcza do scharakteryzowania bohater-skiej epoki, jaką przeżywa dzisiaj fizyka. Wszystkie narody cywilizowane rywalizują z sobą w szlachetnej walce o wydarcie materji jej tajemnic. Znamienne są pod tym względem słowa redakcji angielskiego pisma „Nature“ koncentrującego relacje o odkryciach z całego świata: „Komunikaty dziś wydrukowane — oprócz komunikatów uczonych angielskich — pochodzą z miejsc daleko od siebie położonych: Kopenhagi, Leningradu, Moskwy i Warszawy w Europie, Boulder, Chicago, Harvard i Montreal w Ameryce Północnej, Sendai w Japonji, z Kairu i Kyancutta (Australja). Świadczy to o wielkiej intensywności, z jaką zagadnienia naukowe są podejmowane w wielu częściach świata“.

## ZAGADNIENIE STOSUNKU CZĘŚCI DO CAŁOŚCI <sup>1</sup>

### Dialog

**Biolog.** Co się stało, że jesteś taki rozpromieniony?

**Fizyk.** Czytam właśnie pewną pracę fizyczną i zaczynam nareszcie rozumieć, czym jest jądro.

**Biolog.** Co za jądro?

**Fizyk.** Nie jądro komórki, dobierzemy się jeszcze do niego. Tymczasem idzie o jądro atomowe.

**Biolog.** Wciąż jądro i atomy, atomy i jądro... Czy nie macie już wcale innych tematów? Mam wrażenie, że ciągle tylko tem się zajmujecie.

**Fizyk.** Chcemy pojąć, dlaczego materja jest zarazem jedyna i różnoraka. W atomie, jak ci wiadomo, rozróżniamy część istotną, czyli jądro, i mniej istotną powłokę elektronową. Jeżeli jądra wszystkich atomów mają mieć wspólne pochodzenie, a tak właśnie przypuszczamy, musimy jądro rozbić na pewne elementy uniwersalne.

**Biolog.** Rozkładacie materję na coraz drobniejsze elementy poto tylko, aby z nich spowrotem zbudować tę samą materję. Można zgóry zaręczyć, iż otrzymacie tylko mniej lub więcej udatną podobiznę i że zgubicie coś istotnego po drodze. Gdyby

---

<sup>1</sup> Drukowane ze zgodą współautora prof. Dr. J. Dembowskiego.

ktoś zaczął analizować np. Florencję i zrobił doniosłe odkrycie, że wszystkie domy składają się dokładnie z takich samych cegieł, czy odkrycie to dopomogłoby mu do zrozumienia architektury Florencji?

Fizyk. Florencja została wzniesiona z cegieł przez człowieka. Materja jest wynikiem działalności bezosobowych sił twórczych natury. Gdzież ich szukać, jeśli nie w działaniach, zachodzących między najmniejszymi elementami struktury świata?

Biolog. Być może przykład mój jest źle dobrany. Jednak nie idzie w nim o osobowość, lecz o prawidłowość. Jakkolwiek cegły są identyczne i każda z nich mogłaby znaleźć się na miejscu każdej innej, ich układ w postaci domu jest prawidłowy, kierunkowy. A czyż wszechświat jest jakimś bezładnym zbiorowiskiem identycznych elementów? Posiada on także swoją architekturę, i to nie byle jaką. Jej „elementaryzowanie“ kryje w sobie zdradliwe zasadzki. W naszej nauce wiele już razy czyniono próby wyróżnienia w ustroju żywym pewnych elementarnych jednostek, których współdziałanie miało tłumaczyć zjawiska organiczne. W praktyce jednak okazało się, że w gruncie rzeczy jednostki te nie były mniej skomplikowane od całości organizmu. Musieliśmy im przypisać w gotowej postaci wszystkie podstawowe czynności ustroju. Element taki był jednostką żywą, posiadał zdolność pobierania i trawienia pokarmu, wzrostu, rozmnażania się; nieobce mu nawet były pierwociny psychiki. Nic dziwnego, jak



to trafnie zauważył Oskar Hertwig, że bilans się zgadza, że możemy z naszych jednostek wydobyc spowrotem wszystko to, cośmy sami w nie włożyli. Niema w tem jednak prawdziwego postępu. Z elementarnych jednostek, ściśle identycznych, nigdy nie wynikną prawa, rządzące całością organizmu. Ciekaw jestem, czy twoja dziedzina jest całkowicie wolna od podobnych przykładów.

F i z y k. Zapewne, i my mamy do czynienia z całościami, lub, jak się wyrażamy, z układami, których własności usiłujemy zrozumieć drogą dzielenia układu na części najmniejsze. Ale własności części mogą być prostsze od cech całości. Klasycznym przykładem rozumowania, które stwarza niejako nowe cechy ze współdziałania elementów, jest teoria kinetyczna gazów. Gazy posiadają ciśnienie i temperaturę, pojedyncza cząsteczka — w przypadku najprostszym gazu jednoatomowego — posiada tylko masę i prędkość. Nowe cechy powstają w zadziwiający sposób wskutek tego, że liczba cząsteczek jest niezmiernie wielka. Podobnie człowiek pojedynczy umiera na tyfus, ale epidemia tyfusu istnieje tylko w społeczności ludzkiej. Istnieje czynnik konstrukcyjny, który pozwala nam przejść od atomów do układu, od części do całości. Brzmi zgoła nieprawdopodobnie, że czynnikiem tym jest bezład, przypadkowość. Prędkości cząsteczek nie są jednakowe, w ich zbiorowisku ruchy zachodzą we wszystkich możliwych kierunkach, od najpowolniejszych do najszybszych. To, że dana cząsteczka posiada pewną określoną prędkość

kość, jest dziełem czystego przypadku, lub, co na jedno wychodzi, jest faktem, którego nigdy nie potrafimy „wytłumaczyć“. A jednak sam bezład nie wystarcza. W tem „szaleństwie jest metoda“, jak mówi Polonjusz. Istnieją prawa przypadku, nazywamy je prawami statystycznymi. Prędkości rozdzielone są chaotycznie pomiędzy różnymi cząsteczkami, ale jeżeli układ ma posiadać jakąś stateczność, musi istnieć coś, czem jeden chaos różni się od innego. Takim czemś jest np. temperatura. Nie chcę mówić zbyt fachowo, bo znudzisz się i pozbawisz mnie swego towarzystwa. Pominę zatem prawo statystyczne, które musi być spełnione, by wolno było mówić o temperaturze i powiem krótko, że miarą temperatury jest *przeciętna* energia kinetyczna cząsteczek. Jest to zatem własność, której nie może posiadać ani cząsteczka indywidualna, ani żadna z twoich „całości“, tylko właśnie układ, złożony z wielkiej liczby cząsteczek.

\* \* \*

B i o l o g. Przyznam się, że nie rozumiem, w jaki sposób bezład i przypadkowość mogą przyczynić się do stworzenia jakiegoś układu. Pojęciem przypadkowości operujemy w biologji na każdym kroku, zawsze jednak spotykamy się z czynnikami, które czegoś chcą, do czegoś dążą. Więc np. w społeczeństwie ludzkim pewien mniej więcej stały odsetek umiera corocznie na gruźlicę. Osią tego „stanu statecznego“ jest człowiek, żywy organizm,

który dąży do zachowania swego życia i oparcia się czynnikom destrukcyjnym, co jest uwarunkowane całą jego fizjologją. Poza nim istnieje szereg warunków niszczących i szereg czynników sprzyjających. Stały odsetek śmierci jest wyrazem równowagi pomiędzy antagonistycznymi czynnikami, z których każdy posiada swój kierunek działania w odniesieniu do istoty ludzkiej. Tych składników układu daremnie poszukuję w twoim przykładzie. Nie widzę w nim, ani celu, ani dążenia. Jeśli każda cząstka jest nieobliczalna w swoim zachowaniu się, suma tych cząsteczek może wytworzyć tylko coś przypadkowego i nieobliczalnego. Skoro jednak wiesz zawczasu, jaki układ powstanie, w tym twoim bezładzie musi tkwić jakaś prawidłowość.

Fizyk. Jesteś, jak bezlitosny sędzia śledczy, który sięga nietylko do celów świadomych, ale usiłuje również wyciągnąć na światło dzienne podłoże nieświadome. Zwróć uwagę, że ja, jako zręczny podsądny, uczyniłem *reservatio mentalis*, mówiąc: „jeżeli układ ma posiadać jakąś stateczność“, a później wspomniałem o prawie statystycznym, „które musi być spełnione, by...“ Będziesz niewątpliwie dążył do udowodnienia mi, że w tych zastrzeżeniach leży całkowite przyznanie się do winy. Inne mi słowy, że sam fakt stateczności lub możność spełnienia pewnego prawa statystycznego są cechami, że użyję takiego barbaryzmu, całościowemi, które nie mogą zjawić się, jak *deus ex machina* tylko wskutek tego, że łączymy w jeden układ wielką liczbę niezależnych od siebie, nic o sobie nie wie-



dzących i, jak powiadasz, niczego nie chcących cząsteczek. Był jednak taki wielki mędrzec, imieniem Ludwik B o l t z m a n n, który zagadnienie to prze-myślał do głębi i rezultat swoich badań ogłosił w dziełach, które uważane są za ewangelję atomistyki. Nazywa się to statystycznym ugruntowaniem termodynamiki, a polega na tem, że własności t. zw. makroskopowe, t. j. dotyczące ciał dostępnych zmysłom, własności takie, jak ciśnienie lub temperatura, dają się wywnioskować drogą czysto logiczną z elementarnych własności cząsteczek, bez wprowadzania jakichkolwiek dodatkowych założeń o zachowaniu się zbiorowości. Stawiasz mnie w trudnem położeniu. Według powszechnego mniemania fizyków poglądy B o l t z m a n n a uważane są za słuszne, ich treść traktujemy jako pewniki, jego metodą, pomimo olbrzymich zmian, jakie powstały w teorjach atomistycznych naszych czasów, posługujemy się nieustannie w niezliczonych próbach objaśnienia zjawisk fizycznych. Ty żądasz rewizji procesu dawno już osądzzonego. Spróbujmy zajrzeć do jego aktów.

Boltzmann nie postuluje *a priori* stateczności układów, lecz udowadnia, że układy ustateczniają się wskutek ślepej gry przypadkowych wzajemnych zdarzeń międzycząsteczkowych. Ja przyznaję, że jest to dla umysłu niezadowalające, że to pojawianie się własności, których nie było, że tak powiem, na początku, jest logiczną niespodzianką. Należałoby poddać rozumowanie Boltzmann'a jak naj-surowszej analizie. Może okazałoby się, że twórca

jego wydobywa z subtelnego i skomplikowanego mechanizmu dialektycznego cenny przedmiot, który kiedyś w pewnym miejscu wrzucił do niego, sam o tem nie wiedząc. Ale jest to zadanie ponad moje siły. Dajmy temu spokój. Zgódźmy się, przynajmniej narazie, że pewne najogólniejsze własności materji są poniekąd darem wielkich liczb, że przysługują układowi, nie przysługując elementom, w myśl przysłowia łacińskiego *senatores boni viri, senatus mala bestia*.

Biolog. Widzę, że sprawa ta jeszcze nie dojrzała do dyskusji. Muszę jednak zadać ci inne pytanie. Prawa gazowe, które przytoczyłeś na poparcie znaczenia atomistyki, mają jedną cechę: oto gaz we wszystkich kierunkach posiada te same własności, niema w nim żadnego „spolaryzowania“. Być może tego rodzaju układ daje się skonstruować na podstawie statystycznej. Ale cóż poczęlibyśmy z podobnemi prawami w biologji indywidualnej, gdzie mamy do czynienia z osobnikiem, nie ze zbiorowością? Tu wszystko jest kierunkowe, bowiem organizm zawsze jest układem anizotropowym. Przypuszczam, że i w fizyce istnieje szereg praw, których nie można wywnioskować z prostego chaosu? Uprzedzam cię jednak, że będę się czuł urażony, jeśli przypiszesz atomom własności magnesów elementarnych.

Fizyk. Teraz cię spotka miła niespodzianka. Chodzi o to, że atomy istotnie są magnesami elementarnymi, a jednak w tym przypadku nie zrobię nic takiego, coby mogło urazić biologa. Jest

## ZAGADNIENIE STOSUNKU CZĘŚCI DO CAŁOŚCI

rzeczą zrozumiała, iż magnetyczne atomy żelaza ustawiają się w polu magnetycznym w ten sposób, że bryłka żelazna nabiera własności kierunkowych, staje się magnesem. To jest przypadek, w którym całość nie zdobywa nowych własności, lecz w większej naturalnie skali wykazuje cechy swoich części składowych. Nową własnością jest tylko kierunek namagnesowania, ale ten jest narzucony przez zewnętrzne pole magnetyczne. Mamy tu zatem interpretację atomistyczną, zgodną z twojemi upodobaniami. Daleko bardziej zadziwiające jest, że bryły niektórych gatunków żelaza lub stali nabierają własności magnesów trwałych, co znaczy, że pozostają magnesami, chociaż pole magnetyczne zewnętrzne przestaje działać. Mamy więc do czynienia z anizotropją całości, której nie tłumaczy dostatecznym stopniu kierunkowość części. W istocie należałoby oczekiwać, że magnesy elementarne pod nieobecność pola zewnętrznego „zatrąca busolę“, ustawiają się we wszelkich możliwych kierunkach, czyniąc z bryły całość, pozbawioną polaryzacji magnetycznej. To też istnienie magnesów trwałych oddawna sprawiało niemalą trudność teoretykom i dopiero w ostatnich czasach Heisenberg — ten sam, który obalił determinizm — wytłumaczył, dlaczego magnesy elementarne lubią ustawiać się równolegle. Z rozmysłem użyłem tu słowa „lubią“, aby okazać, jak dalece cenię twoje biologiczne serce. Zresztą w nowoczesnej mechanice falowej istnieją pewne momenty, które niewąt-



pliwie zbliżają się do twego punktu widzenia. Ale to już twoja rzecz wydobyć je na światło dzienne.

Biolog. Jedno mnie w tem zastanawia. Jak widzę, mimo wszystko nie potraficie wytłumaczyć atomistycznie zjawisk magnetycznych. Powiedzia-łeś, że twoje magnesy elementarne mogą ustawić się w określonym porządku tylko pod działaniem pewnej siły zewnętrznej, od nich niezależnej i nieatomistycznej. Żadna statystyka atomowa zjawiska nie wytłumaczy. Wogóle z tą statystyką coś jest nie w porządku. Była ona kiedyś bardzo modna w biologji. Każdy, kto żyw, zajmował się skrupulatnem wymierzaniem ząbków, włosków, odcieni barwy, wagi, wysokości i t. p. na tysiącach osobników roślinnych i zwierzęcych. W zebranych w ten sposób olbrzymim materjale faktów odnaleziono pewne prawidłowości matematyczne. Wykreślano krzywe zmienności, obliczano wielkości średnie, wskaźniki, współczynniki, błędy prawdopodobne. W wyniku okazało się, iż zmienność organiczna ulega ściśle prawom statystyki, w szczególności t. zw. prawu błędów. Sądzono oczywiście, że znaleziono w ten sposób podstawowe prawo biologiczne, że organizmy oscylują dokoła pewnej wielkości, uważanej za normę biologiczną. Tymczasem, gdybyśmy poddali takiemu samemu badaniu np. wymiary kamieni brukowych, otrzymalibyśmy dokładnie te same zależności. Moznaby sądzić, że cała przyroda jest nastawiona statystycznie, że obiektywne zjawiska, niezależne w swym przebiegu od człowieka, pomimo ich pozornej chaotyczności

są ujęte w karby jakiegoś prawa. Nie wolno, aby ludzi najwyższych było najwięcej, musi ich być właśnie najmniej. Dlaczego musi? Niema żadnego prawa fizjologicznego, któreby dało na to odpowiedź, podobnie, jak i fizyka nie jest w stanie wytłumaczyć, dlaczego w bruku ulicznym najmniej jest kamieni najcięższych, najwięcej zaś średniego ciężaru. Czy prawo błędów jest istotnie prawem natury, dzięki któremu chaoty przekształcają się w układy? Mam co do tego poważne wątpliwości. Wydaje mi się raczej, iż przyczyna tej sprzeczności pomiędzy prawem statystycznym, a biologią lub fizyką, które w żaden sposób nie potrafią go uzasadnić, jest natury poznawczej. Bowiem statystyka bada nie fakty i nie zjawiska, bada ona pewne fikcje teoretyczne, nigdzie w przyrodzie nieurzeczywistnione. Statystyka nic nie chce wiedzieć ani o organizmie, ani o kamieniu brukowym, ma ona do czynienia wyłącznie z ich oderwanymi cechami, co jest oczywistą abstrakcją. Bo i cóż to jest cecha? Przecież nic innego, jak określony punkt widzenia na przedmiot. Ulegając panującej dziś modzie, powiem, że cecha jest czemś względnem. W miarę postępu naszych wiadomości zauważamy w przedmiotach coraz nowe szczegóły, wyróżniamy w nich coraz to nowe cechy i niema żadnego powodu przypuszczać, aby ten tak naturalny proces miał jakiś kres. Wynika zaś stąd, że właściwie każdy przedmiot posiada potencjalnie nieskończenie wielką liczbę cech, a z nich jedną, dowolnie wybraną, badamy metodami statystyki. To nie jest

rzeczywistość. Każde zjawisko konkretne jest jakąś całością, w której liczba cech jest bezgraniczna. Otóż jest rzeczą ciekawą i dającą do myślenia, że prawo statystyczne nie daje się zastosować do całości, albowiem niema na świecie dwu całości identycznych! Wobec mnogości cech każdego przedmiotu staje się zupełnie nieprawdopodobne, aby wszystkie cechy jakichkolwiek dwóch przedmiotów okazały się identyczne. I dlatego twierdzę raz jeszcze, że żadne zjawisko, posiadające jakiś kierunek, nie może być wydedukowane z elementów, atomów, magnetonów, czy komórek, nawet gdyby każdy z nich posiadał cechy kierunkowe. Musi ponadto istnieć pewna realna zasada organizująca, jakiś czynnik „całościowy“, któryby te kierunki zebrał w jedną uporządkowaną całość. Taką zasadą nie może być prawo statystyczne, może nią być tylko jakieś prawo fizyczne lub biologiczne.

F i z y k. Ta sprawa anizotropji jest niesłychanie ciekawa i słusznie podkreślasz jej znaczenie, bo przecież świat bezkierunkowy mógłby być tylko bezkształtną masą. Zapewne też tkwi w niej jądro zagadnienia stosunku elementów do całości. Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że twoje zastrzeżenie: „musi ponadto istnieć pewna zasada organizująca“ jest bezprzedmiotowe, że kierunkowość elementów powinna automatycznie spowodować kierunkowość całości, gdyż kierunkowość atomu oznacza przede wszystkim kierunkowość działania na inne atomy i wskutek tego kierunek



powinien być cechą, że się tak wyrażę, zaraźliwą, która się udziela od jednego atomu do jego sąsiada i t. d., aż do całego układu. Jednak biorąc rzeczy głębiej, widzę, że masz słusność, że anizotropja jest cechą, która w żadnym razie nie da się zatomizować. Widzę dwie przyczyny, dla których tak jest. Zacznę od mniej istotnej. Powiedziałem, że atomy „lubią“ ustawiać się równolegle. Ale cóż po samych dobrych chęciach. Świat jest siedliskiem zmagania się dwóch wrogich tendencji: zasady organizującej i dezorganizującej, chaosu i kosmosu. Jeżeli nawet w atomach tkwi tęsknota za ładem, unicestwia ją zamęt powszechny, burza elementarnego nieuporządkowania, w której atom, miotany ślepymi siłami przypadku, nic nie chce wiedzieć o sąsiedzie, a raczej w dosłownem znaczeniu tego wyrazu nie ma chwili spokoju, w której jego wrodzone poczucie ładu mogłoby znaleźć wyraz. Porzucając analogje poetyckie, powiem, że bezładne ruchy termiczne atomów przeciwstawiają się uporządkowaniu. To też do otrzymania kierunkowego układu anizotropowego nie wystarcza anizotropja elementarna, potrzebny jest pewien kierunkowy czynnik zewnętrzny, to, co w fizyce nazywamy ogólnie „polem“. Powiedziałem, że ta przyczyna nie jest istotna. W rzeczywistości burza, o której mówiłem, może się uciszyć, temperatura układu spaść może do zera bezwzględnego, wówczas ustają ruchy termiczne i głos mają tylko własności poszczególnych atomów. Ale rozumując tak, zapominamy o tem, że kierunek jest pojęciem względnem,

że może być określony tylko względem innego kierunku, kierunku, dostępnego bezpośrednio ludzkiemu postrzeganiu, a zatem kierunku, którego w żaden sposób nie możemy zdefiniować atomistycznie lub mikroskopowo.

**B i o l o g.** Więc jednak musicie tłumaczyć świat czynnikami ponadatomowymi?

**F i z y k.** Tego nie powiem. Sądzę jednak, że sama atomistyka nie wystarcza do jednolitego poglądu na świat, nie mówiąc już o tem, że nie jest pewne, czy taki pogląd jest wogóle możliwy. Oddawna już takie zasady, obce atomistyce, należały do fundamentów naszej nauki, a w fizyce nowoczesnej, pomimo olbrzymich postępów atomistyki, a może właśnie dzięki nim, odgrywają one rolę większą, niż kiedykolwiek. Z tych zasad dawnych wymienię zasadę symetrii. Ty mówisz o organizmie i chcesz jego właściwości, niezależne od sposobu rozkawałkowania go na części, uważać za coś elementarnego, niedającego się zredukować do własności części składowych. Ale czy my nie mamy na każdym kroku tych samych przykładów? Ile razy podziwiam regularność kryształu, uporczywe upodobanie, z jakim natura realizuje z najdrobiazgowszą wiernością pewien plan, pewien ideał formy, przychodzi mi na myśl, że jest zarówno beznadziejne, jak i bezcelowe objaśniać budowę kryształu metodą, którą Niemcy nazywają „wegerklären“, czyli udowadnianiem, że to, co widzimy, jest tylko pozorem, a treść istotna wygląda zupełnie inaczej. Pocóż nam ta treść istotna? Czy mo-

że być coś piękniejszego, prostszego, bardziej zharmonizowanego ze strukturą naszego umysłu, niż zasada symetrii? A przecież jest to zasada czysto matematyczna, zasada, charakteryzująca pewne postaci, która nic nie zyskuje przez to, że powiemy: dana postać jest symetryczna, ponieważ symetryczne są jej elementy. Masa części może być mniejsza od masy układu, ale symetria nie może być mniejsza. Masę możemy *zbudować*, symetrii nie.

Biolog. Jest naprawdę podziwu godne, że jakkolwiek mamy do czynienia z zupełnie różnymi faktami, dochodzimy obaj do tych samych wniosków. Jesteśmy w nieco lepszym położeniu, niż wy, gdyż posiadając to samo zagadnienie stosunku części do całości, możemy bezpośrednio obserwować i część i całość. Niech częścią będzie komórka, całością — organizm wielokomórkowy. W tak zwanej biologji komórkowej, która stanowiła całą epokę w naszej nauce, komórkę uważano za jednostkę elementarną, organizm zaś za pewnego rodzaju sumę elementów. Pogląd ten nie mógł się utrzymać. Przedewszystkiem rozwój techniki mikroskopowej doprowadził do głębszego i bardziej wielostronnego poznania komórki. I tu zetknęliśmy się z faktem, napozór paradoksalnym. Im głębiej badano, tem więcej wyłoniło się nierozstrzygniętych zagadnień specyficznie komórkowych, niewłaściwych całości ustroju. Jeśli porównać współczesny podręcznik anatomji człowieka z podręcznikiem cytologii, okaże się, że ten drugi jest obszerniejszy i zawiera



o wiele więcej problemów. Jak słusznie powiedział Gurwitsch, teoria komórkowa przyniosła z sobą cały świat nowych zagadnień, nie tłumacząc dostatecznie zagadnień dawnych. Krótko mówiąc, komórka, ów rzekomy „element“, nie jest bynajmniej prostsza od całości! W istocie próby wytłumaczenia właściwości organizmu zapomocą elementarnych cech komórki zawodzą zupełnie. We wczesnych fazach rozwoju zwierzęcia pojawiają się w ciele zarodka mało zróżnicowane grupy niemal identycznych komórek. Tak wygląda np. zawiązek kończyny. Pod względem zdolności rozwojowych wszystkie elementy są w nim jednakowe. Ale w miarę postępu rozwoju pojawia się w takim kompleksie pewna anizotropja, początkowo nawet niewidzialna, a jednak dająca się wykryć na drodze eksperymentu. Pojawia się stopniowo oś kończyny, strony prawa i lewa, grzbietowa i brzuszna. Skąd bierze się ta symetria, skoro zawiązek kończyny składa się z elementów identycznych? Odpowiedź na to pytanie daje następujące doświadczenie. Jeśli taki młody zawiązek wyciąć i umieścić go w sztucznym środowisku odżywczym, komórki będą się rozmnażały, objętość zawiązka zwiększy się wielokrotnie, ale nie dostrzeżemy w nim żadnych śladów organizacji. Ten sam zawiązek w całości ustroju wytworzyłby jednak normalną kończynę. Jest jasne, że czynnik organizujący zawiązku leży poza nim. przychodzi doń z zewnątrz. Jeśli jednak istnieją już w zawiązku pierwsze oznaki symetrii, jeśli został rozpoczęty kierunkowy proces różnicowania,

nie daje się on cofnąć i zawiązek może wytworzyć normalną kończynę nawet w otoczeniu sobie obcem, np. przesadzony w dowolny punkt ciała. Innymi słowy, czynnik pozakomórkowy tchnął anizotropję w grupę identycznych elementów i odtąd grupa ta pozyskała samodzielny kierunek rozwoju. Masz w tem biologiczną analogję pojęcia pola. Niektórzy autorzy używają nawet terminu pola embrjonalnego. Można jednak postawić pytanie, jakie jest źródło tych organizujących wpływów pozakomórkowych. Oczywiście one muszą wychodzić z jakiejś innej grupy komórek nazwanej w tym przypadku ośrodkiem organizacyjnym. Ale skąd bierze się organizator? W tym okresie, okresie, gdy zaczyna się rozwój kończyn, zarodek już jest utworem bardzo zróżnicowanym, posiadającym swoją symetrię i swoją osiowość. Ponieważ wszystko to powstaje z komórki jajowej, w niej musimy dopatrywać się źródła wszelkiej anizotropji. I tu zaczyna się tragedia biologiczna, bowiem samo jajo jest anizotropowe i ta jego anizotropja nie jest bynajmniej wynikiem współdziałania jakichś elementów. Jest ona właściwością *odziedziczoną*, utworzoną przez pole organizacyjne, tkwiące w organizmie poprzedniego pokolenia. Nie umiemy sobie wytłumaczyć genezy anizotropji, musimy uważać ją za fakt dokonany, za swojego rodzaju aksjomat biologiczny. W jednorodnym układzie anizotropja może powstać tylko pod wpływem zewnętrznego pola organizacyjnego. Wciąż mieliśmy nadzieję, że nam dopomóżecie w zrozumieniu genezy

kierunkowości. Ze słów twoich wynika jednak, że sami macie do zwalczenia dokładnie te same trudności.

Fizyk. Może należy wysnuć stąd wniosek, że przepaść pomiędzy światem żywym a martwym nie jest tak niezgłębiona, jak to sobie wyobrażali dawniej rozsądni przyrodnicy, z wyjątkiem, rzecz prosta, krańcowych materialistów. Ci ostatni mieli koncepcję naprawdę idealnie uproszczoną. Atomi-  
styczne objaśnienie procesów życiowych wydawało im się programem, jeśli nie łatwym w wykonaniu, to w każdym razie jedynym, zgodnym z wymaganiami metody naukowej. Gdy pomyślę, że nawet świadomość miała wynikać w ich ujęciu ze współdziałania atomów, uderza mnie, jak zmienne są koleje nauki. Jeżeli dziś mówimy o coraz to nowych analogjach między biologią a fizyką, to nie w sensie traktowania biologji, jako dopływu, topiącego swe wody w nurtach fizyki, lecz jako dziedziny niezależnej i równoległej, która dzieli z fizyką niektóre troski i zagadnienia nie dlatego, że materja żywa redukuje się do martwej lub odwrotnie, ale dlatego, że w jednej i drugiej tkwią te same zagadki natury. Zdziwiająca jest, iż postępy mechaniki falowej, tej najbardziej nowoczesnej doktryny fizycznej, doprowadziły do nowego i nieoczekiwanego równouprawnienia fizyki i biologji. Dotyczy to nietylko stosunku części do całości, o którym rozmawialiśmy dzisiaj, ale również i niektórych zagadnień bardziej jeszcze fundamentalnych. Pamiętasz naszą dyskusję o determinizmie? Tyś



broniał determinizmu, ja go atakowałem. Zapewne byłoby odwrotnie, gdyby ta dyskusja toczyła się sto lat temu, Ty byś mówił o *vis vitalis*, ja cytowałbym Laplace'a i jego słynne powiedzenie o istocie, posiadającej znajomość chwilowych położzeń i prędkości wszystkich cząstek elementarnych wszechświata, co oznaczało w jego ujęciu potencjalną, lecz dokładną wiedzę o przyszłości w najdrobniejszych szczegółach. Tak to dawniej myśmy stali na gruncie surowego, pedantycznego prawodawstwa natury. Wyście bronili swawoli, my byliśmy żandarmerją. To odwrócenie ról w naszej niedawnej rozmowie wymownie świadczy o tem, jak dobrze wychowaliśmy was, biologów. Powiem więcej, nawet ciebie. Mówię to ze specjalnym naciskiem, gdyż zawsze widziałem w tobie biologa czystej krwi. A dziś jakże mamy trzymać komórki w karbach ścisłej przyczynowości, jeżeli nie potrafimy tego uczynić z atomami. W innych jeszcze sprawach my, fizycy, zbliżamy się dzisiaj do biologji. Między innymi w zagadnieniu stosunku subjektu do obiektu, przedmiotu do podmiotu doświadczenia. Ale o tej sprawie pomówimy chyba jeszcze przy innej sposobności. Teraz chciałbym ci jeszcze powiedzieć, dlaczego specjalnie mechanika falowa wprowadza do atomistyki pewien czynnik organizujący, w którym odnajdziesz może echo swoich własnych poglądów. Chodzi o to, że w zbiorach identycznych cząstek elementarnych, elektronów czy atomów, wyrzekamy się traktowania każdego z nich indywidualnie.

uwazamy je za zasadniczo nierozróżnialne i dlatego stan układu opisujemy zapomocą funkcji falowej — mniejsza o to, jak ona się nazywa — symetrycznej względem wszystkich elementów. Nie da się zaprzeczyć, że taka funkcja jest postacią, jak mi się zdaje, w tem samym znaczeniu, w jakim wy używacie tego pojęcia. W konstrukcji takiej funkcji poszczególne elektrony zatracają znaczenie rzeczywiście istniejących elementów fizycznych, raczej stają się charakteryzującymi ją parametrami matematycznymi. Doprawdy uprawione staje się pytanie, czy elektrony indywidualne istnieją w rzeczywistości.

Biolog. Mój drogi, jest to zaiste rzadkie zjawisko, aby fizyk uznawał równorzędność biologji. Dotąd traktowaliście nas zawsze z lekkim odzieniem pobłażliwej wyższości. Może jest to pocieszające *signum temporis*. Powołałeś się przed chwilą na naszą poprzednią rozmowę o determinizmie. Dowiedziałem się niedawno, że rozmowie tej przysłuchiwała się gromadka osób i że padły przytem uwagi krytyczne. Powiedziano między innymi także (cytuję dosłownie): „jeden mówi, że to jest białe, drugi — że jest czarne, a jakie jest naprawdę, żaden nie wie“. Nie chciałbym, aby i dzisiejsza nasza pogawędka, dla mnie tak miła, a nie mająca przecież najmniejszej pretensji do wyczerpania jakiegokolwiek zagadnienia, uprawniła do uwag podobnych. Wiele rzeczy nas różni, to prawda najzupełniejsza. Ty masz do czynienia ze ścisłymi pomiarami, posługujesz się kilkopiętrowymi wzorami



## ZAGADNIENIE STOSUNKU CZĘŚCI DO CAŁOŚCI

matematycznymi, których sam widok napawa mnie przerażeniem, jesteś tak zżyty z symbolami, że go-tów jesteś zaręczyć słowem honoru za ich realność. Ja znowu wymienię ci na pamięć wszystkie 21 części, z jakich składają się narządy paszczowe ka-ralucha, albo nasypię wymoczkowi soli na ogon i powiem, czy go to boli. Różne są nasze zagadnie-nia i różne metody. Nic dziwnego, że czasem nie zdołamy się porozumieć. Ale jak się okazuje, w sprawach najistotniejszych jesteśmy jednomyśl-ni! Zupełnie różny rząd wielkości zjawisk, które obaj badamy, narzuca nam odmienność sposobów podejścia. Jednak zgadzamy się, że atomizowanie zjawisk życiowych nie przyniesie z sobą ich praw-dziwego wyjaśnienia, a to dlatego, że wraz z ato-mami wprowadzamy do biologji te same trudności i te same zagadnienia, które mieliśmy wytłuma-czyć przy pomocy tychże atomów. Jednego nau-czyłem się z naszej rozmowy. Skoro jesteśmy przedstawicielami dwóch równorzędnych dziedzin, posiadających ogrom wspólnych zagadnień, powin-niśmy poznać się bliżej, jak dwaj sprzymierzeńcy, walczący o tę samą sprawę: każdy z nas niech bacznie przygląda się temu, co robi drugi. Nie bę-dziemy atomizowali życia i nie będziemy uducho-wiali atomów. Ale będziemy pamiętali, że wszel-ka rzetelna i istotna zdobycz jednego z nas da się z pewnością zastosować w dziedzinie drugiego. Bo-wiem jakkolwiek różne są objekty badania, zaw-sze ten sam jest badający je umysł człowieka.





## SPIS RZECZY

Pochwała fizyki . . . . .	7
Rewja fizyki polskiej . . . . .	11
Izaak Newton . . . . .	15
Trzej laureaci Nobla . . . . .	20
Kartka z dziejów nauki . . . . .	26
Irving Langmuir . . . . .	31
Lord Rutherford . . . . .	41
Albert Einstein — obywatel wszechświata . . . . .	46
Cavendish Laboratory . . . . .	51
Fala . . . . .	56
Chemiczne oblicze życia . . . . .	61
Dialog o indeterminizmie . . . . .	67
Kryształy . . . . .	90
Rozmowa w kolejce . . . . .	96
Fizyka sportu . . . . .	102
Wizyta w pracowni . . . . .	109
Popularyzacja . . . . .	114
Kij o dwóch końcach . . . . .	119
Karjera naukowa . . . . .	124
Refleksje na temat przechodzenia przez ulicę . . . . .	129
Fantazja wiosenna . . . . .	134
Bridge i matematyka . . . . .	139
Zeus i Atene . . . . .	145
Trzęsienie ziemi . . . . .	150
Gwiazdy . . . . .	156
Śnieg . . . . .	162
Początek świata . . . . .	168
Potęga króla słońca . . . . .	173
Wiek ziemi . . . . .	179
Wzorce długości i masy . . . . .	185
Słupy i znaki czasu . . . . .	190
Drugie prawo Newtona . . . . .	198

Energja . . . . .	204
$S = k. \lg W$ . . . . .	210
Statystyka ludzi atomów . . . . .	215
Tajemnice próżni . . . . .	219
Temperatura najniższa . . . . .	224
Cieple powietrze . . . . .	229
Tablice Mendelejewa . . . . .	234
Figiel, który zaważył na losach ludzkości . . . . .	240
„Uspołecznioma elektryczność” . . . . .	247
Barwy i hierarchja odmian promieniowania . . . . .	252
Reklama świetlna . . . . .	258
Obraz utajony . . . . .	263
Łowcy atomów . . . . .	269
Sztuczne mgły . . . . .	273
Elektron . . . . .	279
Jądro atomu . . . . .	283
Najmniejsze cząstki materji . . . . .	288
Plus i minus . . . . .	293
Promienie kosmiczne . . . . .	299
Promieniotwórczość . . . . .	305
Neutrony i protony . . . . .	311
Środek na bezsenność . . . . .	316
Nowa promieniotwórczość . . . . .	322
Puste i pełne . . . . .	327
Epoka bohaterska . . . . .	333
Zagadnienie stosunku części do całości . . . . .	338

~~BIBLIOTEKA  
Państwowego Liceum Pedagogicznego  
w GLIWICACH  
Nr 1376~~



STUDIUM NAUCZYCIELSKIE  
w GLIWICACH

K  
sp

18538