









3797/43

Anatanson

OBLICZE NATURY



THE END

# OBLICZE NATURY

ODCZYTY, PRZEMÓWIENIA I SZKICE

PRZEZ

Dra WŁADYSŁAWA NATANSONA

PROFESORA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO

W KRAKOWIE 1924

NAKŁADEM KRAKOWSKIEJ SPÓŁKI WYDAWNICZEJ

M 1b

M 3a

329249

I

k. 73 / 3797

21.2. 30





*This booke is not for every rude and  
unconnyng man to see, but for clerkys  
and very gentylmen that understand gen-  
tylness and Scyence.*

*Caxton*



## I. NAUKA WOBEC ŚWIATA.

Przemówienie wygłoszone w dniu 7-ym października 1922 r., podczas uroczystości inauguracji roku akademickiego w Uniwersytecie Jagiellońskim.

### I

W ustroju publicznego nauczania Uniwersytety są najwyższymi szkołami, przeznaczonemi dla dojrzałej młodzieży. Kształcąca i kształtująca działalność tych szkół, niezmiernie ważna i nazewnątrz najbardziej widoczna, ściśle łączy się z inną, zazwyczaj mniej znaną ale nie mniej istotną ich pracą. Nauczając, Uniwersytety nieprzerwanie zarazem uczą się same. Uczą się pojmovać owe znaki tajemne, które na niebie i ziemi są wypisane. Usiłują czytać w trudnej, zawiłej księdze przeszłości a także, o ile podobna, w stokroć mniej jeszcze czytelnej księdze przyszłości. Wpatrują się w niezmeńczoną grę zjawisk w gmatwaninie Natury, szukają dróg jasnych w labiryncie ludzkich uczuć i myśli, w odmęcie naszych popędów i tęsknot. Duszę ludzką chcą uzbrajać w siły wielkie, przeczyste; doświadczają sposobów i dróg, ażeby rzeźbić powoli lepszego człowieka.

Nauka nie jest bynajmniej zbiorem przepisów i recept, ani też sumą wiadomości, potrzebnych w rozmaitych zawodach; nauka jest motorem umysłowego życia narodu. Tą prawdą oddychamy w Uniwersytecie; tą prawdą jesteśmy przejęci. Gdybyśmy zadawali się tutaj nauką



urobioną, gotową, spostrzeżlibyśmy wkrótce, że ona prze-  
radza się w bezpłodną i bezduszną uczoność. Poszuki-  
wanie, dostrzeganie, doświadczenie, badanie nie jest uzu-  
pełnieniem lub upiększeniem uniwersyteckiego nauczania;  
ono jest jego treścią żywotną, jego koniecznością naj-  
pierwszą. Gdy Uniwersytet jest czynnym warsztatem, w któ-  
rym wytwarza się narodowe jutro, gdy w nim kipi myśl  
twórcza, gdy zeń wybiegają śmiałe lecz mądre idee oraz  
dobroczynne odkrycia, wolno nam wówczas powiedzieć,  
że działa nietylko na szczupłą garstkę młodzieży, która  
w jego murach przebywa; wolno wówczas powiedzieć,  
że jest pochodnią, przed narodem płonąca, że jego pro-  
mieniowanie podąża w kraj cały a nieraz także i poza  
jego granice.

## II

Człowiek jest słabą istotą, fizycznie nieudolną i nie-  
mal bezbroną, na którą czyha tłum wrogów, ogromny  
zastęp niebezpieczeństw i klęsk. Wciąż znajdujemy się  
wszyscy w ogniu walki o byt i dobrobyt, o chleb i po-  
wietrze, o światło i ciepło, o zdrowie fizyczne i o czy-  
stość moralną, o teraźniejszość i przyszłość, o życie i śmierć;  
prowadzimy wciąż walkę, ponurą i groźną, do której zmu-  
sza nas nieubłagana Natura. Bronimy się nieprzerwanie,  
bronimy się rozpaczliwie. Bronimy się, pomagając i ufa-  
jąc sobie wzajemnie; bronimy się, sprzymierzając się  
w rodziny, społeczeństwa i państwa. Bronimy się, ucząc  
się i nauczając innych; bronimy się ręką i (o wiele sku-  
teczniej) bronimy się głową. Pracując, budując, oszczę-  
dzając, kochając i wierząc, bronimy się. Gdy podpatru-  
jemy zjawiska, gdy przenikamy ich prawidłowość i zwią-  
zek, gdy rozumujemy, uogólniamy i przewidujemy, bro-  
nimy się wówczas. Bronimy się doświadczeniem pokoleń  
i nagromadzoną przez nie mądrością; bronimy się rozu-  
mem, bronimy się cnotą.

Nauka zatem jest osłoną i tarczą, jest orężem w walce, jest narzędziem czynu; ale jest także opiekunką, jest wychowawczynią. Nauka wskazuje ustrój i ład w cudach stworzenia; poza tem, co dzisiaj odsłania, pozwala domyślać się niepomierne piękniejszego jutra. Nauka otwiera przed nami bezmiar przestrzennych otchłani; ich nieskończone milczenie uspakaja duszę. Gdy wpatrujemy się w odwieczny potok przeobrażeń i zdarzeń, czujemy się przemijającą ich falą, znikomą ich falą, drobiazgiem ginącym w oceanie wszechrzeczy. Nauka nam powiada, że Natura jest konieczna i jest niepojęta; przed splotem jej potęg, przed ogromem jej tchnienia kto potrafi pamiętać o niskich celach, o małostkowych zabiegach? kto w jej obliczu zechce oddawać się lichemu i zgubnemu podpatrywaniu i podsłuchiowaniu własnej swojej osoby? Kto nie zrozumie, że owa szczodra ale surowa mistrzyni żąda od nas bezstronności, spokoju, panowania nad grubym popędem; że nas prowadzi ku sądom beznamiętnym, dojrzałym, ku ścisłemu i prawemu myśleniu? Kto nie dostrzeże, że wymaga ofiar i wyrzeczeń bez liku, że każe kochać cel idealny stokroć bardziej aniżeli siebie samego? Zawilość każdego zjawiska, każdego szczegółu rzeczywistości napomina i uczy, że niepodobna wiedzieć wszystkiego, odrazu, natychmiast; zmuszając do stawiania istotnych zapytań (na które można wogóle otrzymać odpowiedź), czyni każdego z nas szeregowcem w armji badaczy, pokolenia zaś wplata, jak ogniwa, w niezmierny łańcuch ludzkości.

Tylko nieuk może być wrogiem nauki. Wydarza się nieraz, że zaślepienie i płytkość, nie rozumiawszy jej ducha, usiłują pogardzać nauką, próbują lub pragną ją obniżyć i zachwiać. Ale czują one wówczas tak dobrze niedorzeczność własnego swego dążenia, że, jak prorok Tomasz Moore'a, szukają zasłony, ażeby zakryć szpetne swoje oblicze.

Nauka wówczas przynosi najwięcej owoców, gdy ich nie szuka, gdy się o nie zgoła nie troszczy. Z jej istoty wynika, że nauka musi mieć wzrok zwrócony ku prawdzie; gdy spogląda w jakąbądź inną stronę, traci moc i przenikliwość spojrzenia, staje się wkrótce ślepą przewodniczką ślepych. Jak wyrzekł Lord Bacon: *lucifera, non fructifera, sunt quaerenda.*

Twórcze myślenie, samotne pasowanie się z nierozwiązaną, często z nieprzeczuwaną przez nikogo zagadką jest jedną z wielkich i czystych radości, które są duchowi ludzkiemu dostępne. Ale tę radość trzeba przyplacić. Okupić ją trzeba zmęczeniem dni pracowitych, niepokojem nocy bezsennych; trzeba ją zdobyć, brnąć przez zniechęcenie i gorycz, trzeba ją osiąść wytrwałością i hartem. Do naukowego badania powołani są tylko nieliczni, szczęśliwi i nieszczęśliwi zarazem, dla których ta praca jest koniecznością organizacji duchowej.

### III

Tutaj, w tej sali, w ognisku starodawnego naszego Uniwersytetu, nie trzeba tu mówić o wartości nauki, o dostojności myślenia. Cokolwiek zbudowano na ziemi, nie jestże przyobleczeniem czyjegoś pomysłu w szatę rzeczywistości? Ponad niemocą przemocy, ponad martwością obojętności, myśl unosi się i płynie swobodnie. Myśl draży świat, myśl go ubiera i znowu rozbiera, myśl go przedzie i pruje, myśl go dźwiga i myśl go wywraca. — Przed czterema wiekami, w sklepionej celi klasztornej, rozmyślał mąż cichy, samotny, skupiony, niemal nieznanym społecznym; to rozmyślanie, w naszym Uniwersytecie poczęte, przeważało powszechnie mniemania ludzkości; myśl Kopernika odwróciła nam świat. — W półtora wieku później, w drobnej wioszczynie angielskiej, stała skromna zagroda farmera pomiędzy obórką a stajnią;



na poddaszu, w ciasnej izdebce, przesiadywał za stołem 23-letni, smukły, zamysłony młodzieniec. Tam, w tem ubogiem domostwie, genjusz Newtona zerwał zasłonę z posągu Natury; tam wzniosła się myśl ludzka do niewyśnionej przedtem wyżyny. — Przed mniej więcej stu laty, w domu przy Albemarle Street, na ówczesnem przedmieściu Londynu, w niezasobnej pracowni, człowiek nieśmiały, lękliwy, syn ubogiego kowala, niedawno jeszcze uczeń introligatorski, samouk, który nie uczęszczał do szkół i żadnych nie posiadał dyplomów, zatrudniał się igłami, drutami, sznurkami, różnemi kawałkami szkła albo drewna; obojętny widz byłby może osądził, że ów pracownik traci czas na próżną zabawkę. Ale taki sąd byłby był mylny; Faradaya wówczas przenikał powoli sens jednej z najdziwniejszych zagadek w urządzeniu Natury. Dziś płoną wszędzie lampy elektryczne, telegraf i telefon roznosi po kuli ziemskiej mowę naszą i myśli, fale elektromagnetyczne przebiegają ocean, prądy elektryczne według naszego rozkazu przerabiają materję. Lecz to jeszcze bynajmniej nie wszystko. Dzięki Faradayowi, dzięki Maxwellowi i ich dalszym następcom, poznaliśmy coś, co *nie* jest materją, co jest może raczej kolebką materji; coś, do czego prawa mechaniki ani nawet, być może, prawa geometrji nie stosują się wcale; poznaliśmy próżnię, pierwotną osnowę wszechświata. ]

#### IV

Najważniejszym narzędziem nauki są jej oderwane pojęcia, na przykład pojęcia przestrzeni i czasu, pojęcia materji i siły, które zostały zdobyte po długim wysiłku i które i dzisiaj, w całych obszarach myślenia, oddają największe usługi. Ale i one, jak wszelkie wogóle pojęcia, są tylko utworem naszej wyobraźni. Jak Tezeusz w »Śnie nocy letniej«, możemy o nich powiedzieć: *the*

*best in this kind are but shadows*; najdogodniejsze, najmocniej w nas zakorzenione są jeno mirażem i złudą, której dosłownie nie odpowiada nic rzeczywistego. Opis wszechświata, jeśli ma być naukowy, powinien być niezależny od opisującego obserwatora; otóż w takim opisie wymienione przed chwilą pojęcia nie mogą być użyte bez przeobrażenia.

Przez kilka stuleci fizyka snuła obraz materialnego wszechświata z niezależnych, z obcych sobie pierwiastków: z pustej, nieskończonej rozległej, jednorodnej i bezwzględnej Euklidesowej przestrzeni; z zalegających otchłan bezmiarów powszechnego eteru; z rozsianych w żywiole bezwładnych ale grawitujących ku sobie fragmentów materji. Obraz ten ożywiały i urozmaicały dodatkowe pojęcia czasu i ruchu, sił oraz energii. Lecz te wielkie abstrakcje nie zespały się harmonijnie, nie tworzyły całości; fizycy rozumieli oddawna, że mają w swej konstrukcji zbyt wiele prymordjalnych abstrakcyj. Wiemy dziś, że ów nadmiar pojęć i niezupełna ich zgodność pochodziły z nieuświadomionych lub tylko mglisto uświadomianych założeń, które zakradły się, w zaraniu nauki, do budowy jej gmachu i zepsuły jej układ.

Dziś wizerunek świata zaczyna zmieniać się w naszych umysłach. Rozumiemy dzisiaj, że wielkości przestrzenne (np. długości), że okresy trwania, że ruchy i siły pozornie tylko tkwią w świecie zewnętrznym. Przestrzeń Euklidesowa i powszechny czas jednostajny znikają nam z oczu, jak mgła nocna zrana; wyrasta powoli głębsze i zapewne trwalsze pojęcie, z którego własności, jako objaw, wynika bezwładna a zatem i grawitująca materja. Wielu fizykom wydaje się dzisiaj, że tak zwana materja jest tylko subiektywną wskazówką pewnego obiektywnego zakłócenia, wydarzającego się w owym szerszym utworze, w tej »przestrzenno-czasowej rozmaiłości«. Według tego poglądu, materja tylko dlatego zwraca

na siebie naszą uwagę, że jej zawilość jest trwała, że skłonny do uprzedzeń umysł ludzki temu tylko, co potrafi wyróżnić, przypisuje obiektywne istnienie. Czy marzenie Kartezjusza: wyrugowanie z nauki wszystkich jakości, sprowadzenie świata do prostych ilości, zaczyna zatem się spełniać? Czy geometria stanie się fizyką, czy fizyka będzie dążyła do rozplynięcia się w geometrii? Granica tych nauk zaciera się szybko. Granice wszystkich nauk niewątpliwie są sztuczne; pozorne są ściany, które pomiędzy nimi wznosimy codziennie. Niewątpliwie cała nauka ludzka jest jedną, jedną nauką.

Najnowsza fizyka, której tu kilka tylko słów poświęciliśmy, zadziwia nas pięknem, pociąga polotem; przysłuchując się tej nauce, mówimy za biedną Ofelją: *twoja mowa brzmi tak słodko, że wzbogaca i wypełnia treść wszelką*. Ta ponętna doktryna nie jest-że jednak wynikiem zbyt pobieżnego spojrzenia na wszechświat? Powraca ona do mechanicznego, do uogólnionego wprowadzie, lecz apriorycznego sposobu myślenia; dążność do zmechanizowania zjawisk, prawda że w wysubtelnionej postaci, znów ją opanowała. A jednak spótzawodnictwo w Fizyce metod apriorycznych i aposteriorycznych nie jest ukończone; zagadnienie ostatecznej odwracalności lub nieodwracalności zjawisk nie jest rozstrzygnięte. Rozwój nauki zaskoczył nas nagle szybkim wzrostem, niemal rozkwitem założeń t. zw. *quantowych*, niemechanicznych a nawet antymechanicznych. O wszystkich tych ostrzeżeniach musimy pamiętać, jeśli dążymy do syntetycznego ujęcia świata. Ale poza granicami fizyki jakież niezmiernie bogactwo nowych i niepomiernych dla mechanicznego myślenia trudności. Przeciwno nauce, która znosi różnicę pomiędzy »wczoraj« a »jutrem«, biologja cała i psychologja podniosą się w buncie. Ogrom procesów organicznego w przyrodzie rozwoju, a także fakt fundamentalny pamięci (najgłębiej może sięga-



jący z pomiędzy wszystkich znanych nam faktów) — wszystko zdaje się za wnioskiem przemawiać, że całkowity opis Natury nie mieści się w ramach mechanicznej doktryny.

V

Newtonowska Mechanika jest otwarcie i ściśle deterministyczną nauką; na determinizmie polega jej siła i urok; Laplace wypowiedział tylko *explicite* założenie, na którym (jako na oczywistym pewniku) systemat Newtona był zbudowany. Fizyka relatywistyczna posuwa się o krok dalej; dla niej nie tylko przyszłość jest wynikiem przeszłości; dla niej, z równą słusnością, przeszłość zawiera się w przyszłości; całkowitość wydarzeń w Kosmosie jest według niej dana nieodwołalnie, jest dana *statycznie*. Przeciwno determinizmowi nurtuje jednak w fizyce głęboka wątpliwość. Od Maxwella rozpoczął się t. zw. *statystyczny* sposób myślenia w naszej nauce. Rozumiano go początkowo jako pogłębienie, jako idealizację starożytnego atomizmu, który wielu umysłem wydaje się dzisiaj zbyt naiwnie konkretny. Ale statystyczne myślenie wzmogło się, rozwieliło się obecnie w całym obszarze badania wszechświata; może ono pociągnąć za sobą przejmującą zmianę w stanowisku naszym względem procesów Natury. Nie przecząc determinizmowi, statystyczne rozumowanie obchodzi się bez jego założeń; zadaje mu tem samem cios, oczywiście śmiertelny. Nie wchodząc w konieczność wydarzeń, statystyczny rachunek z ich wielkiej mnogości wyprowadza przeciętne lub ogólne sumy; badając rozdział wydarzeń dokoła przeciętnej, znajduje ich *prawdopodobieństwo*. Statystyczne prawa nie są zatem równie bezwzględne jak klasyczne twierdzenia Newtona albo Laplace'a; jeśli tak wolno powiedzieć, nie żądają tak bezwarunkowego posłuszeństwa od zjawisk Natury. Jeżeli liczba elementarnych fak-

tów składowych jest (dla człowieka) ogromna, statystyczne prawa obowiązują praktycznie, ale wówczas nie wykluczają drobnych, przelotnych, coraz się powtarzających uchyień od norm swoich własnych; przeciwnie, przewidyują tę chwiejność i wskazują prawdopodobny jej zakres. Takie wahania, zwane *fluktuacjami*, poznano istotnie, pod kierunkiem teorii, w rozmaitych oddziałach zjawisk fizycznych; było to ulubione pole pracy nieodżałowanego naszego kolegi, ś. p. Marjana Smoluchowskiego.

Determinizm długo święcił tryumfy; każde przejście planety przez pole widzenia astronomicznego narzędzia, każda oscylacja wahadła potwierdzać się zdaje, że on obowiązuje w przyrodzie. Ale zdolność przewidywania Newtonowskiej Mechaniki ma pewne granice. Deterministyczna teoria wyprowadza stan następujący z poprzedzającego; tym sposobem przesuwając wstecz odpowiedź na każde pytanie, spycha niejako o piętro niżej naszą niewiedzę; jest to wielkie zwycięstwo, ale nie całkowite. Mechanika Niebieska zapożycza naprzykład z doświadczenia wiadomości, które wyrażają kształt, rozmiary i masy składających go brył, dalej ich rozkład i ruch w dowolnej chwili, zwanej »początkową«. Prawa deterministyczne wypowiadają się wogóle w różniczkowych równaniach; ażeby przejść do praw dotykanych, całkowitych, przybieramy do pomocy rozmaite dodatkowe wiadomości, t. zw. »kollokacyjne«; ogół tych wiadomości leży poza ramami praw rozrzuśanego zadania. Ażeby być doskonałym, zupełnym, determinizm musiałby objąć — wszystko.

Statystyczne teorie (przynajmniej w dotychczasowej postaci) mają ograniczenia jeszcze dotkliwsze. Gdy zmniejsza się liczba elementów, składających zjawisko lub układ, fluktuacje (o których przed chwilą mówiliśmy) wzmagają się; w bardzo prostych układach, w jednolitych zjawiskach, wahania stają się nadmierne, wykraczając poza

ramy statystycznego rozumowania. Ze stanowiska statystycznego ruch jednego, odosobnionego punktu materialnego albo pole jednego, odosobnionego elektronu, wydaje się fluktuacją potworną, która jest nie do pojęcia. Czy mamy powiedzieć, że w dostępnym nam świecie niema nic prostego, elementarnego, odosobnionego, jednolitego? Możliwość mniemać, że taki postulat powołujemy tylko na ratunek zagrożonej, niedoskonałej metody myślenia. A jednak ku takiemu założeniu zdaje się zmierzać rozwój niemal każdej nauki. Świadomość nasza, na przykład, na pierwszy rzut oka, wydaje się faktem prostym, elementarnym. Spostrzeżenia i zastanowienie się uczą, że jest ona, przeciwnie, niezmiernie zawiła. Często bywa w taki sposób zawiła jak zegar przedziwny, złożony z tysięcy ząbkujących się kółek; niekiedy bywa raczej podobna do roju pszczół, do mrowiska lub do tumanu pyłków, chaotycznie tańczących w promieniu słonecznym.

## VI

Ludzkość przeżyła odmet dzikości i okrucieństwa, długie wieki ohydnej tępienia się i niedorzecznej, bezmyślnej grabieży. Wychodzimy za ledwie, może raczej zaczynamy wychodzić, ze smutnego okresu prześladowania i unieszczęśliwiania ludzi przez ludzi. Przez trudy i walki, przez nieporozumienia i błędy, przez uprzedzenia i krzywdy, przez niedolę, cierpienia i rozpacz, przez potoki łez i okropny ocean krwi idziemy ku niewiadomej przyszłości. Czy nie przedziera się coś przez bolesny ów chaos? Przez wir prób nieskutecznych, przez zwaliska wiązań nietrwałych coś się przesącza, coś z zamętu wyrasta, co nie leżało w ludzkich zamiarach, coś, co przeżywa i obejmuje nas wszystkich, nad czym pracujemy mimo woli i wiedzy.

Młodzi spółobywatele Rzeczypospolitej naszej aka-



demickiej! towarzysze pracy, których sercem witamy! Tu, w tej Wszechnicy, którą Naród w ciągu stuleci wydzwignął, tu powinniście zrozumieć ów pochód; tu możecie poznać i pokochać ową mozolną pod górę wędrówkę; tu sami macie stanąć w szeregu. Czy wolno nam życie uważać za fantasmagorię wrażeń przyjemnych lub przykrych, którym pozwalamy świadomość naszą zabawiać? Nie; człowiek prawy nie pojmuje życia w ten sposób. Każdy czysty człowiek ślubuje, że pozostawi ludzkość choć nieco *lepszą* aniżeli ta, którą zastał. Każdy z nas jest spadkobiercą niezliczonych poprzedzających pokoleń; każdy jest odpowiedzialny za niezliczone następne. Każdy z nas jest częstką większej i wyższej całości, każdy jest aktem niepojętej Potęgi.

Do Was się zwracam, młodzi przyjaciele, którzy jesteście obietnicą naszej narodowej przyszłości. Głos mój jest słaby, sąd może być łatwo zawodny; lecz pragnę Wam to tylko powiedzieć, co wszyscy tu zgromadzeni jasno lub niejasno czujemy, co rozumieli najmędrsi, czem żyli najlepsi z pomiędzy najlepszych. Przedewszystkiem Wam przypominam, że każdy człowiek miał i ma w istocie *jednego* nauczyciela: *siebie samego*. Każdy tylko to umie, co posiadał pracą, co przeorał własnym wysiłkiem. Nasz Uniwersytet pragnie gorąco zapewnić Wam możliwość i łatwość trudu umysłowego, chce Wam służyć zachętą, pobudką, radą, wskazówką; ale uczyć musicie się sami, nie oczekując od nas szkolnego przymusu. Pracujcie z zapałem, pracujcie radośnie! Miejcie wiarę we własne siły, w przyszłość naszego Narodu, w godność życia ludzkiego, w przedziwną moc Prawdy. Bez entuzjazmu, bez wiary nic nie działoś; nie może być dzieła, niema nawet życia, bez nadziei. Gdybyście dziś byli chłodni, gdyby szlachetne dążenie pobudzało Was tylko do niedołęznego uśmiechu, kiedyż zaznalibyście szczęścia młodości? Nie bądźcie automatami; nie powtarzajcie bezdusznie, co usły-

szeliście; nie obawiajcie się rozumowania. W usiłowaniu intelektualnem błąd i pomyłka *nie* jest nieprzyjacielem; wrogiem jest tylko zamęt, niejasność i chaotyczność myślenia. Stwórzcie dokoła katedry atmosferę zainteresowania; myślom, które głosimy, dajcie dźwięczne echo. Przynoście nam śmiałość, chociażby nawet naiwną; przybywajcie z dojrzałymi lub niedojrzałymi, ale *własnymi* Waszemi myślami. Uniwersytet zaprasza Was do współpracy, do owego zmagania się, które jest jego powołaniem naczelnem; uczestnicząc w tej walce, nauczycie się nauki prawdziwej, żyjącej; nauczycie się czegoś, co trudno z książek wyczytać; nauczycie się sztuki myślenia.

Zwracałem się do Was, przyjaciele, którym niebawem pozostawimy do wykończenia Ojczyznę. Lecz jakżebym pragnął, ażeby słowa, które jeszcze chcę wypowiedzieć, wybiegły także i poza mury tego budynku. Ucząc się myśleć, musimy także i tego się uczyć, jak godzi się postępować. Chcąc wiele zrozumieć, winniśmy dbać także i o to, ażeby wiele odczuwać. Kamienne serce jest kruchą podstawą istnienia; i jest nietylko zawodne, jest (oprócz tego) godne pogardy. Musimy się zbroić; ale w walce posługujmy się szlachetnym orężem. Gotujmy się do obrony od groźby Natury, a niestety także od ludzkiej; ale nie zapominajmy wówczas o najgorszym z wrogów, w duszach usadowionym: o kłamstwie, o złości i niskiej zawiści, o chciwości i krótkowzrocznej prywacie, o niekarności i obmierzłej swawoli, która niewolą się kończy. Kto umie być mądrym, niechże będzie szlachetny, ma bowiem stokrotnie wzmożone obowiązki i względem Ojczyzny i względem bliźniego. *Science sans conscience est une erreur de l'âme*; o tej wielkiej prawdzie mamy wszyscy w życiu pamiętać. Największy cud na tej ziemi, ludzkie sumienie, jest także na niej najwyższą potęgą.

Otwieram, w imię Boże, nowy rok akademicki, od założenia Uniwersytetu naszego 559-ty.

## II. POGLĄD NA RODZAJE ZJAWISK W MATERJALNYM WSZECHŚWIECIE.

W naszych trudach, zabiegach, staraniach, oceniając je z pewnej strony, wyróżniamy to, co nazywamy *pracą*. Uczmy się wszędzie pracę dostrzegać; cały wszechświat niezmierny sam nad sobą nieustannie pracuje. Oceany pracy przewalają się po nim; z tych usiłujemy niekiedy, jeszcze bardzo nieśmieiele, drobne strumyki kierować w ludzkie nasze koryta.

### I

Tak patrząc na wszechświat, myślimy o nim »energetycznie«. Zważając bieg pracy w Naturze, spisując rachunki z jej wydatków i dochodów pracy, czujemy, że nowe pojęcie, *energja*, pojawiło się w naszym myśleniu. Jest-że to jednolite pojęcie, proste, jasne, którego treść zmieściłaby się w ścisłym określeniu? Może wypada raczej ją nazwać zbiorowiskiem i gmatwaniną pojęć, może trzeba ją przyrównać do tkaniny, której barwy świetne i wzór geometryczny zasnuwają się co chwila w mgłę niewiadomości.

Pierwszą jej stroną, rozumianą dotychczas najlepiej, jest praca; ta jest oznaczona w chaosie wydarzeń. Każda w świecie odbywająca się zmiana wymaga wykonania pewnej oznaczonej ilości pracy, danej przez samą istotę



tej zmiany; ilość ta może być zresztą dodatnia albo ujemna lub też równa zeru. Taka prawidłowość spełnia się, o ile wiemy dotychczas, ściśle i powszechnie; mamy ją właściwie na myśli, gdy wypowiadamy t. zw. *zasadę zachowania energii*, która, jak widzimy, mogłaby nazywać się, może stosownie, *zasadą oznaczoności pracy*.

## II

Ale praca jest tylko stroną, jest tylko pewnym widokiem pojęcia energii i jego treści nie wyczerpuje. Zasada *oznaczoności pracy* (lub zachowania energii) chwytą tylko jedną cechę z urządzenia Natury. Możliwy może powiedzieć, że obejmuje ją niejako za luźno, że ją wprawdzie dokoła otacza, ale zanadto zdaleka. Każde naukowe twierdzenie możnaby może przyrównać do sita, które rzeczy możliwe oddziela od niemożliwych; w takim razie zasadę zachowania energii należałoby w paraboli uznać za sito niedosyć gęste. Wprawdzie zjawiska, które ona odrzuca jako niemożliwe, nigdy i nigdzie nie dochodzą do skutku; lecz między temi, na które pozwala, znajdują się pospołu: zjawiska rzeczywiste, codzienne, jakoteż i takie, które się nie odbywają, o których wiemy, że są przeciwne porządkowi Natury. Możemy inaczej wyrazić myśl naszą. Wyobraźmy sobie świat, nad którym panowałaby jedynie tylko zasada zachowania energii; może w nim odbywałyby się wydarzenia urojone, które piętnuje i odpycha doświadczenie codzienne. Wystawiona na działanie płomienia, woda w tym świecie mogłaby zamarać na lód, byleby jednocześnie gazy płomienne rozgrzewały się jeszcze silniej. Swobodnie puszczony kamień mógłby tańczyć w powietrzu i zataczać w niem kręgi dowolne, byleby prędkość, którą w pewnej chwili osiąga, była ściśle ta, jaka wynika z zasady zachowania energii. Trące się nawzajem o siebie dwa kawałki drewna mogłyby



oziębiał się dzięki tarciu, gdyby zarazem względna prędkość ich ruchu wzmagala się, zamiast się zmniejszać. Gdy odkształcamy lub przesuwamy względem siebie wzajemnie dwa elektryczne obwody, płyną w nich prądy, posłuszne prawom dobrze znanym, prawom nieodmiennym; w świecie, który przestrzegałby jedynie zasad zachowania energii, owe prądy mogłyby być nieporównanie mocniejsze lub słabsze, byleby w stosownej mierze pracowały źródła elektrobodźcze obce, np. cieplne albo chemiczne. Podobne przykłady możemy mnożyć bez końca; lecz idzie nam tylko o wniosek, do którego one prowadzą: zasada zachowania energii jest prawdą, ale nie jest całą prawdą bynajmniej.

### III

Skoro zasada zachowania energii nie wystarcza, próbowano zatem, dla opanowania zjawisk, poszukiwać praw dalszych, które dopełniałyby ją, które obok niej byłyby ważne. Prawa takie zdołano istotnie poznać w rozmaitych oddziałach nauki, w stopniach ogólności bardzo rozmaitych. Znaleziono je przedewszystkiem w Termodynamice. Tu posiadamy, pod wiele mówiącą nazwą *dru-giej* zasady, wielkie uogólnienie, które dali nam *Car-not*, *Clausius* i *Kelvin*. Przenikliwość tych i innych jeszcze filozofów wytknęła drogę, po której biegnąc myśl ludzka zagłębia się dziwnie daleko pod zewnętrzny pozor Natury. Przez długi czas przypuszczano, że poza tą prawdą, przecież już bardzo wyniosłą, stoi niedaleko, o jeden zdawałoby się krok, myśl jakaś jeszcze szersza, prawda jeszcze bogatsza; dreszcz entuzjazmu poruszał umysły w nadziei, że jasność tę ujrzą wprost, w jej pełnym blasku.

Dojrzała rozwaga i wymowny głos niepowodzeń ucza, że droga, którą próbowano postępować w ten spo-

sób, była zawodna. Niema słusznego powodu, ażebyśmy mieli zaczynać budowę nauki koniecznie od zasady zachowania energii. Wiemy, że ta zasada nie daje naogół całkowitego rozwiązania zagadnień; może zatem utrudnia opanowanie zadania, przeszkadzając jednolitości umysłowego wysiłku. Wydarza się niekiedy, że przedmiot wydaje się zawily, gdy chcemy zdobywać go kolejnymi stadjami; niekiedy bywa łatwiej posiąść naraz tajemnicę zagadki, jednym rzutem intuicji ją uchwycić, podobnie jak łatwiej jest zrozumieć ideę całkowitego posągu aniżeli porąbanego na części.

Przypomnijmy sobie koleje rozwoju innego działu nauki, starodawnej, czcigodnej Dynamiki. W Dynamice, przez przeciąg z górą stulecia, nie troszczono się wcale, lub bardzo mało troszczono się o zasadę zachowania energii. Nikt w Dynamice nie poszukiwał twierdzeń, które dopełniałyby zasady zachowania energii, podobnie jak w Termodynamice poszukiwano ich długo; dążono w niej odrazu do całkowitego rozwiązania zagadnień; szukano w niej t. zw. *praw ruchu* i znaleziono te prawa. Galileusz przeczuwał je, niejako przez mgłę; Newton je dostrzegł, pochwycił i dał każdemu do ręki. D'Alembert i Lagrange, Hamilton, Kelvin i Maxwell, Helmholtz, Hertz, Gibbs i inni wyposażyli je w siłę i w polot ogólności, pnąc się coraz wyżej i wyżej po szczeblach oderwanego myślenia. Wyobraźmy sobie najprostszy dynamiczny przypadek; przypuśćmy, iż chcemy poznać ruch dwóch materjalnych punktów, swobodnych w przestrzeni. Nie przychodzi nam na myśl równanie, wyrażające zasadę zachowania energii; byłoby to budowaniem domu od górnego piętra; układamy odrazu sześć równań, według praw zasadniczych Newtona. Zadanie jest rozwiązane przez układ tych sześciu równań, albowiem sprowadza się ono do wyznaczenia sześciu wielkości w zależności od czasu; w tych sześciu równaniach



tkwi już zasada zachowania energii, jest w nich *implicite* zawarta.

Taki, nadzwyczaj elementarny przypadek jest pouczający. Dlaczego, w uogólnionej nauce o zmienności fizycznego świata, nie mielibyśmy równie bezpośrednio atakować zagadnień? Poszukujmy ogólnych praw, ogólnych równań wydarzeń fizycznych. A jeżeli tak rozumiane równania mają w różnorodnych przypadkach postać zbyt niejednostajną, poszukujmy raczej ogólnej *metody tworzenia ich* w każdym przypadku; poszukujmy pierwotnej macierzystej formuły, z której możnaby wywieść je zawsze. Jeśli ją posiadziemy, będziemy upewnieni, że równania zmienności, pomimo rozmaitych kształtów, głoszą jedną zasadę, wypowiadają treść w istocie tę samą. Taką drogą myślenia szedł po raz pierwszy w XVIII-em stuleciu *Maupertuis*, mąż śmiałego i płodnego, lecz fantastycznego umysłu. Taką drogą szedł później wielki *Hamilton*, *Helmholtz*, mnóstwo innych uczonych; idziemy nią dzisiaj w najtrudniejszych, w najdrażliwszych badaniach.

#### IV

Kołysząc się, wahadło naprzemian bądź wznosi się ku górze, bądź znowu opada. Obiegając słońce, planeta zbliża się ku niemu, oddala się, poczem znowu się zbliża i tak dalej bez końca. W niejednakowo wzniesionych, nagle połączonych zbiornikach woda może płynąć w jedną stronę i w drugą; podobnie może chwiać się powietrze między dwoma niejednakowo niem naładowanemi naczyniami. Pręty, sztaby, błony, nici, sprężyny mogą wyginać się i rozprostowywać, wyciągać się i znowu się kurczyć, mogą skrecać się albo rozkrecać. Płyny mogą zgęszczać się, ścisnąć, napływać, bądź również rzednieć, rozprężyć się i stosownie odpływać. Woda może parować i potem się skraplać, może krzepnąć, zamarzać

i znowu się topić. Sól albo cukier może rozpuszczać się, może przenikać do roztworu lub też napowrót wydzie-  
lać się i krystalizować. Para jodu, której cząsteczka jest  
zbudowana według wzoru  $J^2$ , może przeradzać się w parę  
o cząsteczce jednoatomowej  $J$ ; gaz  $N^2O^4$  może zamieniać  
się w gaz  $NO^2$ , czerwony jodek srebra w jodek srebra  
żółty, cyan w paracyan; wprost przeciwne przemiany  
mogą odbywać się również. Możemy magnesować kawa-  
łek żelaza lub stali; możemy go odmagnesowywać. Mo-  
żemy ładować kondensator elektryczny, możemy go roz-  
brajać. Ogrzewając jedno miejsce zetknięcia antymono-  
wej i bizmutowej sztabki (ponad temperaturę drugiego  
miejsca zetknięcia), możemy wytwarzać prąd elektryczny;  
przepuszczając prąd przez takie miejsce zetknięcia, mo-  
żemy je oziębiać. A zatem niektóre strony lub składniki  
wewnętrzne zjawisk fizycznych są *zwrotne*; niektóre, jak  
krótko powiemy, *podzjawiska fizyczne* mogą iść naprzód  
i wstecz. Wszystko zatem, co dzieje się przez nie, wy-  
darza się i mija niebawem; wszystko to może stawać się  
i odstawać bez końca. Odróżniamy zazwyczaj rozmaite  
rodzaje i formy energii: kinetyczną energję ruchu, po-  
tencjalną energję ciężkości, ciężenia, sprężystości, włosko-  
watości, energję cieplną, chemiczną, elektryczną, magne-  
tyczną, elektromagnetyczną, promienistą i promieniotwór-  
czą. Taka lista wprawdzie jest obrazem antropomorfizmu  
naszego myślenia; odzwierciedla ona raczej zdolność  
i nieudolność ludzkich zmysłów aniżeli urządzenie Na-  
tury; rodzaje i formy energii różnią się między sobą tylko  
pozornie. Dla zwięzłego jednak, choć tymczasowego opisu  
możemy krótko powiedzieć: w przemianach zwrotnych,  
w *odwracalnych* podzjawiskach fizycznych różne znane  
postaci energii (za jedynym, jak się zdaje, wyjątkiem  
promieniotwórczej energii) uczestniczą swobodnie, przy-  
bierając coraz inne i nowe wejrzenia i kształty i z nich  
napowrót wracając do pierwotnych własności.

Wielu fizyków  
nie ma tu żadnych  
wielkości fizycznych  
właściwości  
właściwości  
właściwości  
właściwości

Lecz pod tą ruchliwą i zmienną chwiejbą wydarzeń, pod tą niejako igraszką Natury, kryje się trwała i posępna robota. Odwrotnym podzjawiskom towarzyszą zwykle nieodwracalne, które (o ile zmysłom naszym wierzyć możemy) nie odbywają się wstecz, które nie zmieniają kierunku, gdy część odwrotna zjawiska cofa się, zawraca i odbywa się przeciwnie niż przedtem.

Rozważmy przykład napozór bardzo prosty. Czy ruch ciał materialnych jest odwracalnem zjawiskiem? Unikamy pojęcia ruchu w klasycznej Termodynamice, która, jak niżej powiemy, jest tylko uogólnioną Statyką; w ścisłej Termodynamice, poświęconej jedynie badaniu równowag, wyobrażamy sobie wirtualne odwracalne przemiany, które nie odbywają się, nie dokonywają się nigdy. Stając się na ogólniejszem i swobodniejszym stanowisku, możemy powiedzieć, że czysty ruch ciał materialnych byłby odwracalnem lub zwrotnem zjawiskiem. Atoli w przyrodzie nie obserwujemy niemal nigdy czystego ruchu; prawie wszystkim rodzajom ruchu, dostrzeganym na ziemi, towarzyszą opory i tarcia, towarzyszy lepkość i hamowanie, towarzyszą uderzenia, przeszkody i wstręty, które zazwyczaj umieją zniweczyć ruch bardzo szybko, jeżeli nie jest wciąż napowrót wzbudzany. Czy wznosi się ku górze, czy ku dołowi opada, wahadło zawsze doznaje oporu powietrza, tarć w osi wahania, spółdrżania podstaw i innych zakłóceń podobnych, z którymi musi się zmagać; gdy zatem w ruchu wahadła kinetyczna i potencjalna energia naprzemian przeradzają się w siebie wzajemnie, jednocześnie obiedwie zamieniają się w ciepłą energję i rozpraszają się nieodwrotnie; przez proste odwrócenie ruchu wahadła niepodobna przeobrazić napowrót, w jego kinetyczną lub potencjalną energję, ciepła wytworzonego naprzykład przez tarcie. Ruch zatem czysty brył sztywnych, ruch czysty płynów doskonałych, drżania ośrodków doskonale sprężystych i tyle innych form ruchu,



które badamy w Dynamice, to tylko fikcja, odwracalna strona pewnych zjawisk w Naturze. W niektórych zjawiskach ruchu nieodwracalne, towarzyszące im zwykle podzjawiska uboczne mogą być zresztą nadzwyczaj słabe i nikłe; mogą nawet zapewne być zgoła nieobecne. Tak dzieje się na przykład w krążeniu planet oraz księżyców w obrębie naszego słonecznego układu; w tym ruchu opór hypotetycznego ośrodka nie zdradza się i dotychczasowym spostrzeżeniom astronomicznym jest niedostępny. Tak dzieje się, o ile wiadomo dotychczas, w krążeniu elektronów w obrębie chemicznych atomów; z niektórych zjawisk optycznych można byłoby wnosić, że owo krążenie nie natrafia na opór. Tak dzieje się również, jak wypada przypuszczać, w biegu słońca przez obszary niebieskie; tak dzieje się wreszcie w przedziwnym ruchu Brownowskim, którego wytłomaczenie, niespożyta zasługa Einsteina i Smoluchowskiego, jest jednym z wielkich odkryć nauki współczesnej. Zanurzone w ciekłym lub gazowym ośrodku, stałe lub ciekłe okruchy nie pozostają nigdy w spoczynku; biegną bezładnie, zygzakowato, dziwacznie, dygocą przytem, drżą, podskakują lub wykręcają się niespodziewanie. Wyobrażamy sobie dziś, że takie zachowanie się skąpanych w płynnym ośrodku fragmentów jest objawem wiecznego i gorączkowego zamętu, w którym pogrążony jest świat molekularny; jak łódź na powierzchni morza kołysze się ustawicznie, podobnie obca gruba cząstka, miotana przez splecione zastępy cząsteczek, nie może na chwilę zaznać spoczynku. W ruchu Browna nie dostrzeżono dotychczas objawów hamowania i tarcia; i jeżeli prawdziwe jest powyższe jego wytłomaczenie, takiego hamowania oczekiwać zapewne nie można. Widzimy, że niektóre zjawiska ruchu odbywają się bez współdziałania podzjawisk nieodwracalnych. Ale takie przypadki są raczej skrajne niż wyjątkowe; podobnie jak zero i jedność są skraj-

nemi a nie wyjątkowemi liczbami w przedziale zawartych pomiędzy jednością a zerem wartości. Istnieją przykłady graniczne zjawisk odwracalnych, wolnych od nieodwracalnych; istnieją przeciwne, równie skrajne, zjawisk nieodwracalnych niepołączonych z odwracalnemi; pomiędzy temi dwoma krańcami zawarte są wszystkie możliwe stopniowania, wszelkie możliwe typy mieszane zjawisk odwracalnych, zespolonych z nieodwracalnemi.

Topiąc się, lód pochłania ciepłą energję; taka przemiana jest doskonale odwracalna. Ale nie można stopić lodu, nie udzielając mu ciepła, naprzykład przez zetknięcie z ciałem od lodu cieplejszem; udzielanie zaś ciepła przez podobne zetknięcie, zatem przez przewodnictwo, jest nieodwracalne; przewodzenie ciepła jest podzjawiskiem widocznie nieodwracalnem. Tak zwane odwracalne topienie się lodu, przykład codzienny w wykładzie Termodynamiki, jest zatem fikcją, jest tylko odwracalną stroną pewnych zjawisk w Naturze. Prawda, sprężynę można skrecać i pozwalać się jej znowu rozkręcać, ale w przyrodzie niema doskonałych sprężyn; wewnętrzny ustrój rzeczywistej sprężyny rozluźnia się w pewnej mierze za każdym skrecaeniem i następnem rozkręcaeniem; sprężyste jej własności giną i zanikają stopniowo lecz niepowrotnie. Gdy zatem sprężysta energja zmienia się odwracalnie w obcą mechaniczną energję, przeradza się równocześnie w ciepło nieodwracalnie; sprężystość zaś doskonała, którą zajmujemy się w Fizyce matematycznej, jest fikcją, jest odwracalną stroną pewnych zjawisk w Naturze. Gdy prąd elektryczny płynie w kierunku od antymonu do bizmutu przez miejsce zetknięcia tych dwóch substancyj, ciepło wytwarza się; gdy prąd płynie w kierunku przeciwnym, ciepło jest pochłaniane. Lecz w jakimkolwiek kierunku prąd elektryczny płynie przez przewodnik, ogrzewa go zawsze; do odwracalnej przemiany między elektromagnetyczną a ciepłą energją dołącza się

zatem inna, nieodwracalna przemiana: przeobrażanie się elektromagnetycznej energii w cieplną; ta przemiana nie przeradza się nigdy w przeciwną. Podobne fakty dostrzegamy w najróżniejszych dziedzinach zjawisk. Gdy promieniowanie przebiega przez próżnię, zjawisko polega na grze odwrotnych przekształceń; lecz skoro tylko dotknie materji, promieniowanie doznaje natychmiast zawitych zakłóceń i zmian rozmaitych, które zawsze są nieodwracalne. Promieniotwórcze przemiany znamy dotychczas dość powierzchownie; o ile wydaje się, ich przebieg jest typowo, wyłącznie nieodwracalny. Bez lepkości, bez oporów, bez tarcia, bez rozluźnienia, zmiękczenia, rozplynięcia się, bez zwątlenia i ujednostajnienia budowy, bez jej zupełnego niekiedy skruszenia, bez przewodnictwa, dyfuzji, rozcieńczenia, bez zwichrzenia, skłócenia, zmieszania co było rozdzielne, bez wessania, pochłonięcia, przeobrażenia, przerobienia, rozsypania lub rozproszenia energii, bez obniżenia się sprawności i gotowości do pracy — niema naogół, oprócz kilku może wyjątków, zjawisk w Naturze. Takie są procesy nieodwracalne, niepowrotne strony lub *oblicza* zjawisk, niekiedy drobne przymieszki, zakłócenia podrzędne, spadające nawet do zupełnej nicości, niekiedy przeciwnie żywioly główne, górujące nad resztą zjawiska.

## V

Wiemy już, że odwracalne zjawiska to zwykle tylko mary i cienie rzeczywistych wydarzeń; to zazwyczaj abstrakcje, które wydzielamy z dostrzeżeń rzutem wyobraźni. Musimy jednak odróżnić *dwa typy* zjawisk odwrotnych. Do pierwszego typu zaliczamy odwrotne zjawiska czystego ruchu czyli dynamiczne oraz bogatą grupę zjawisk odwrotnych elektromagnetycznych, świetlnych i promienistych. Są to przedewszystkiem wektorjalne



zjawiska; mają własny swój impet, mają rozmach sobie właściwy; zagarniają one i pochłaniają przestrzeń, którą znamy przeważnie dzięki tym właśnie zjawiskom; szerzą się i biegną same przez się, choćby bez bodźca, samowolnie, nie zatrzymując się nigdy. Zjawiska te mogą wydarzać się poza materją lub tylko zewnętrznie dotykają materji i nie zdają się być z nią istotnie związane; wszystkie te cechy są widoczne w zjawiskach ruchu. W polu elektromagnetycznym mamy dwa zasadnicze rodzaje odwracalnych podzjawisk. Mamy zmienność w czasie elektrycznego wektora, połączoną z pewnem rozmieszczeniem w przestrzeni magnetycznego wektora; przykład najprostszy: magnetyczne działanie prądów dielektrycznych. Mamy powtóre, przeciwnie, zmienność w czasie magnetycznego wektora, połączoną ze stosownem rozmieszczeniem w przestrzeni wektora elektrycznego, jak to widzimy, mówiąc ogólnie, w zjawiskach indukcji. Impet tych odwracalnych podzjawisk zdradza się w zjawisku fal elektromagnetycznych, biegnących przez próżne przestworze; tu także widzimy, jak te zjawiska są luźno związane z istnieniem materji, jak mogą się od niej całkowicie oddzielać. Być może, iż należy nawet iść o krok dalej; że należy powiedzieć: odwracalne (faliste i inne podobne) elektromagnetyczne przemiany dzieją się wyłącznie w próżni; materja jest im obca, jest zgoła im niepodległa; pomiędzy materją a próżnią niema zetknięcia, niema wspólności, sprzężenia, prócz w bardzo jeszcze niejasnych, nieciągle rozsianych chwilach, w aktach emisji oraz absorbcji. O wektorjalnym charakterze odwracalnych elektromagnetycznych podzjawisk uczy sownie Optyka oraz Elektromagnetyczna Teorja, która odkrywa przed nami sieć misteryjnych przestrzennych powiązań i stosunków.

Do innego typu należą podzjawiska odwracalne, które spotykamy w procesach, zwanych potocznie ciepłnemi lub chemicznemi zjawiskami, zwanych reakcjami lub

zmianami stanu skupienia. Poczynając od prostych przemian wzajemnych między mechaniczną, cieplną i (różnych nazw) wewnętrzną ciał materialnych energją (temi przemianami zajmujemy się zwykle w Termodynamice elementarnej), od prostych przypadków parowania i skraplania się, topienia się lub krzepnięcia, ulatniania się (sublimowania) i osadzania, od osmotycznego przenikania, od rozpuszczania się i rozcieńczania, od przemian allotropowych, od prostych przykładów dysocjacji, aż do najzawilszych przypadków chemicznych równowag, podzjawiska odwracalne tej kategorii rozpościerają się przez znaczną część Fizyki i przez całą nieomal, bogatą dziedzinę Chemji. Zdradzają one inne własności niż podzjawiska, które zaliczyliśmy przed chwilą do pierwszej kategorii. Są pozbawione własnego rozmachu; same sobie pozostawione nie trwają; przeciwnie, słabną, niebawem ustają. Są wybitnie skalarne; przestrzenne kierunki nie grają istotnej roli w ich przebiegu lub chyba tylko pośrednią. Są wreszcie najistotniej związane z materją: szerzą się w materji, ogarniają i obejmują ciała materialne podobnie jak pożar ogarnia dom, jak epidemja szerzy się w kraju lub mieście. Wkraczają w głębokie arkana materji, zmieniają jej rdzenne własności; nawzajem od wszystkiego zależą, co łączy się istotnie ze stanem materji, co wyraża i charakteryzuje ten stan. Zależą naprzykład nieodbicie od temperatury ciał materialnych, w których dokonywają się one; tę powszechną i głęboką zależność wyjaśnia Termodynamika. W pierwotnem, ciśniejszem ujęciu, Termodynamika jest istotnie wytworem konsekwentnego zastosowania jednej nieporównanej myśli, w której określenie temperatury jest już zawarte. Pojęcie temperatury jest również wyłącznie skalarne. Być może, że ono jest skalarne tylko wskutek mieszania się ze sobą, w stanach równowagi materji, wskutek krzyżowania i splatania się tłumy niezliczonych, indywidualnie wektorjalnych zja-

wisk elementarnych; być może, że każde zjawisko skalarne jest wynikiem i niejako pozostałością takiego krzyżowania się. Wyobraźmy sobie naprzykład ciąg fal płaskich, spolaryzowanych linjowo; jest to wybitnie wektorjalne zjawisko; zwykle pojęcie temperatury nie może go chwycić, nie przystaje do niego. Ale nieskończony tłum fal, nieskończenie bezładna płatanina ciągów falistych, biegnących jednakowo we wszystkich kierunkach, może mieć cechy skalarne; wektorjalne własności indywidualnych ciągów gubią się w tłumie izotropowym. Możemy urzeczywistnić takie promieniowanie, przynajmniej przybliżenie, w dziedzinie próżnej, zewsząd zamkniętej, co do promieniowania odosobnionej, spoczywającej i otoczonej przez zwykłe ciała materjalne o temperaturze jednostajnej; wyłączamy przytem z uwagi zjawiska fluorescencji, chemicznej, mechanicznej lub elektrycznej luminescencji i wogóle wszelkie przypadki t. zw. jarzenia się. Podobne promieniowanie, bardzo niewłaściwie nazywane *czarnem promieniowaniem*, może raczej wypadałoby mianować *zrównoważonem promieniowaniem*. Rozumiemy teraz, że zrównoważone lub czarne promieniowanie zależy od temperatury, że zależy nawet wyłącznie od temperatury. Promieniowanie zrównoważone może oczywiście być badane (i zostało istotnie zbadane) na termodynamicznej drodze myślenia.

Podzjawiska pierwszego typu nazwijmy *kinetycznemi*; podzjawiska typu drugiego możemy nazywać *reakcjami odwracalnemi* lub może *termostatycznemi* podzjawiskami, skoro Termodynamika, która, jak powiedzieliśmy, dotychczas jest Termostatyką, nauczyła nas, jak je dostrzegać i badać.

## VI

Uważajmy zjawiska, w których upatrujemy składniki odwracalne t. zw. kinetyczne; płaczą się między niemi



zwykle i brużdżą nieodwracalne procesy; hamują one impet kinetycznych, osłabiają ich rozmach i wkońcu go niszczą, albowiem kinetyczną energję tych podzjawisk rozrzucają, rozpylają, rozpraszają, zamieniają na ciepło; tym sposobem pośrednio wysysają z układu inne jego rodzaje energii albo poprzez ów układ wyciągają i rozpraszają energję z obcych źródeł, zewnętrznych. W stosunku do istniejących zapasów szybkość rozpraszania bywa bardzo rozmaita. W ruchu postępowym i obrotowym kuli ziemskiej rozpraszanie może wynikać (oprócz z oporu dotychczas domniemanego ośrodka) naprzykład ze spotkań z meteorytami, z niedoskonałej sztywności ziemi, z tarcia wewnętrznego wód w morzu i oceanach i z innych źródeł podobnych; odbywa się ono w każdym razie bardzo powoli, dlatego ruch kuli ziemskiej trwa już i będzie trwał jeszcze znaczną liczbę lat. Jak już powiedzieliśmy, być może, iż Brownowski ruch pływających w płynie okruchów nie zanika wcale; lecz tego wniosku nie możemy być pewni, albowiem bardzo słabe rozpraszanie byłoby niedostępne mało subtelnym pomiaram dotychczasowym, albowiem (powtóre) teoretyczne badanie ruchu Browna, w niezajomości istotnej budowy molekuł, może posługiwać się tylko uproszczonymi, fikcyjnymi ich symbolami. Ruch wahadła w powietrzu lub ruch samego powietrza trwa niekiedy dość długo i uspakają się powoli; natomiast widoczny ruch w glicerynie, w oliwie, w syropie, mazi lub smole ginie szybko; w kleju, w wosku, żywicy lub ołowiu ruch ten zamiera tak prędko, że bezpośrednio nie możemy go dostrzec. Przemiana, która w powietrzu dokonywa się w ciągu miliardowej części sekundy, wymaga lat w żywicy lub ołowiu; ale to jest okoliczność podrzędna. Pole elektryczne słabnie i niknie w każdym gatunku materji. W srebrze lub miedzi ginie szybko; w szkłe, kauczuku lub micy trwa długo i rozprasza się bardzo powoli. Ale

taka różnica dla fizyka nie jest ważna; ważne jest to, że istota obumierania jest zawsze ta sama.

Pamiętajmy o tem, że procesy nieodwracalne, towarzyszące odwrotnym kinetycznym zjawiskom, miewają w nich właśnie swe źródła. Tarcie w ruchu zależy od prędkości; ciepło Joule'a, powstające w łonie metalu z elektrycznej energii, zależy od natężenia pola. Podzjawiska nieodwracalne zabijają zatem i niszczą nietylko owe odwracalne, którym towarzyszą; gubią one się same, gdyż wysysają własne swe źródła. Zatem prowadzą całość zjawiska, dokąd staczają się same: do ciszy, do spoczynku, do zastoju, do śmierci. Spójrzmy dokoła: nasz zaulek wszechświata, toczony przez nieodwracalne zjawiska, zamiera powoli, wyczerpując się w walce. Ziemia pokryła się skrzepem i próchnem. Najbliższa nam bryła, księżyc, zmarzła już oddawna; straciwszy wiele ze swej ruchliwości pierwotnej, zaledwie dzisiaj może dokoła ziemi wydażyć. Słońce zżółkło i stygnie wyraźnie; jest to gwiazda wcale podrzędna, jej układ, kosmicznie rzecz biorąc, będzie trwał krótko. Wszędzie ciała poruszone ustają. Wózek, popchnięty po bruku, zatrzymuje się rychło; rozkołysany dzwonek uspakaja się wprędce; woda wzburzona w naczyniu układa się niebawem do równego poziomu; podmuch powietrza w zamkniętym pokoju przemija natychmiast. Uspakajają się fale na morzu, w atmosferze wiatr cichnie, głosy przebrzmiewają; wstrząśnienia i drgania rozchodzą się w ziemi i giną gdzieś niepowrotnie. Góry szczybią się i rozsypują powoli; rzeki zamulają się. Jedne ciała wietrzeją i kruszą się, inne płowieją i blekną, jeszcze inne butwieją, gniją, palą się albo pokrywają się rdzą. Rozgrzane ciała stygną; oziębione przybierają napowrót temperaturę otoczenia. Jeżeli nie są ustawicznie wzbudzone, prądy elektryczne zamierają naogół bardzo szybko; chwytane, pochłaniane,

tlumione przez wszystkie rodzaje materji, promieniowanie ginie w niej, zwykle niepowrotnie.

Z taką powszechną dążnością przyrody walczymy bez przerwy; *musimy* z nią walczyć. Przyroda ujednostajnia wszystko, wyrównywa, przyćmiewa, uspakaja i gładzi; my zaś, ażeby żyć, musimy odrabiać tę jej bezmierną robotę. Musimy odżywiać się, oddychać, zaspakajać pragnienie, od zbytniego chłodu lub upału się chronić, w nocy niecić światło, zabezpieczać się od klęsk żywiołowych, porozumiewać się między sobą, przenosić się z miejsca do miejsca, chorobom bronić się, cierpieniu kłaść kres lub nieść ulgę, tworzyć rodziny, gminy, społeczeństwa i państwa, myśl naszą kształcić, utrwałać i szerzyć, uczucia pogłębiać i uszlachetniać; a w tych i wszystkich innych naszych potrzebach i celach cóż czynimy? Oto staramy się wydobywać rzeczy z naturalnego chaosu i przyspasabiać je sobie, usiłujemy wytwarzać układy sztuczne, urządzenia nienaturalnie proste, czyste, ścisłe, stany niezwykłe i nietrwałe ale nam potrzebne. W drobnym zakresie naszych sił i możliwości odnosimy wprawdzie zwycięstwa nad upodobaniem Natury; ale są to zwycięstwa pozorne, albowiem okupione straszliwym marnotrawstwem nagromadzonych w świecie zasobów; są to zwycięstwa chwilowe, albowiem skazane na zagładę natychmiast. Każdy bochenek chleba, każda rozprasazająca ciemności lampa, każda karafka filtrowanej lub destylowanej wody, każda sztuka płótna, każdy arkusz papieru, każdy rysunek, obraz, posąg, klejnot, każdy dom, most, pałac, okręt, każde laboratorium, każda fabryka i każdy księgozbiór, każda lokomotywa i każda igiełka jest takim miejscowem, maleńkiem, pozornem, chwiejnym, chwilowem i przelotnym zwycięstwem. Ażeby zbudować automobile, ile spalono węgla, ile roztrwoniono energii? Pokonywamy wstręty Natury, szyjąc parę trzewików lub sporządzając pancernik; przymuszamy ją lokalnie do ładu



i składu, do pewnego porządku i użyteczności; jak długo? Wszelkie ciało *czyste* jest niejako wyzwaniem rzuconem Naturze; chemicy i fizycy wiedzą oddawna, że naprzykład woda bezwzględnie czysta jest fikcją, jest idealnem, granicznym pojęciem; współczesna nauka dziś nam powiada, że ołów, krzem, rtęć, że nawet chlor czysty jest czemś w rodzaju mieszaniny. Każde naukowe doświadczenie jest arcydziełem nieprawdopodobieństwa; ażeby powiódł się pomiar wysokiej ścisłości, potrzeba niesłychanego *zbiegu wydarzeń*. Każdy utwór Sztuki jest dla Natury wybrykiem, skandalem poprostu; czemże jest Sztuka? upragnieniem niemożliwości. Czego pożądamy, ku czemu dążymy, co jest wysokie, czyste, szlachetne, wszystko to zawsze jest wyjątkowe; wszystko to lśni w marzeniu, w utopji zachwyca, w życiu zaś na mgnienie oka iści się raz na stulecie. Walczymy nieustannie z Naturą; wciąż usiłujemy wydrzeć wpływowi jej przemian jakiś przedmiot, jakąś istotę, jakieś urządzenie. Pożar domu, zawalenie się mostu, zatonięcie okrętu, wybuch gazów w kopalni jest buntem Natury przeciwko narzuconemu jej przez człowieka, nieznośnemu jej porządkowi. Zważmy, że te i podobne nieszczęścia i klęski są tylko powrotem pewnych układów do stanu mniej sztucznego aniżeli pierwotny; pamiętajmy, że owe układy do naturalniejszego stanu dojść muszą, na tej drodze czy innej, prędzej lub później. Samo życie nasze jest ciągiem nieodwracalnych organicznych procesów; całe życie nam schodzi na zasłanianiu się przed wewnętrznymi i zewnętrznymi podzjawiskami nieodwracalnemi. Wszystko, czego nam potrzeba ze względu na czystość i zdrowie, ze względu na rozwój fizyczny i równowagę duchową, ze względu na bezpieczeństwo, porządek, wygodę, dobry smak albo piękno, wszystko to jest rzadkie i trudne do zdobycia; wszystko to jest nietrwałe, wszystko jest znikome, gdy już jest osiągnięte. Co fizycznie czynimy, na-

ogół jest walką, z góry przegraną, z nieodwracalnemi zjawiskami Natury; czując, że nie możemy im zapobiec, usiłujemy przynajmniej tu i ówdzie hamować, opaźniać i odwlekać ich przebieg. Taki ostatecznie jest sens wszystkich naszych magazynów, składów, zbiorników, spichlerzy, naszych skarbców i kas, naszych arsenałów i zamków, naszych pałaców i fortec, naszych grodów i grobów, naszych kopców, posągów, pomników, naszych muzeów, kolekcyj, bibliotek, archiwów; taki był lub jest cel wszystkich murów i bronzów, wszystkich piramid kamiennych i stalowych wież. Lecz to wszystko jest walką liścia z wichurą jesienną; wszystko to będzie, jest już dzisiaj, łupem nieodwracalnych podzjawisk; wszystko to w proch się obróci i w pył bezimienny.

## VII

Potrafimy niekiedy odosobnić drobny układ materjalny, uchronić go od straty i od przybytku masy; potrafimy zachować przez czas pewien bez zmiany warunki zewnętrzne; dostrzegamy w nim wówczas niebawem, zazwyczaj, wyczerpanie się kinetycznych odwracalnych podzjawisk a także pospolicie im towarzyszących nieodwracalnych, które, stłumiwszy kinetyczne, wyczerpały swe źródła. Możliwe są wówczas jedynie podzjawiska odwracalne skalarne, typu drugiego, które nazwaliśmy termostatycznymi podzjawiskami. Są to jednak przemiany, pozbawione samoistnego popędu; odbywają się wówczas, gdy jednoczesne nieodwracalne procesy torują im drogę. Gdy zatem w układzie zjawiska nieodwracalne zamarły, termostatyczne są wprawdzie możliwe, są *przygotowane*; ale pozbawione pobudki, nie dochodzą do skutku. Mówimy wówczas, że *równowaga* panuje w układzie. Zważmy jednak, że, choćby tylko w nieskończenie ciasnym zakresie zmienności, układ ma wówczas conajmniej dwie drogi

do wyboru, dwa kierunki zmian, jednakowo możliwe; ponieważ są równouprawnione, na żaden z nich układ nie może się zdecydować. Mamy wówczas w układzie t. zw. obojętną równowagę. Mamy ją np. w mieszaninie wody ciekłej i lodu lub śniegu, jeśli panuje w niej temperatura jednostajna zera Celsjusza oraz ciśnienie normalne i jednostajne jednej atmosfery. Bywają inne przypadki równowagi, np. takie, w których przecięta jest możliwość nawet termostatycznych podzjawisk; można je nazywać przypadkami trwałej równowagi. Bywają również przykłady chwiejnej albo i pozornej równowagi.

Musimy jednak i o tem pamiętać, że pojęcie zjawiska, przemiany, zdarzenia (a zatem także i pojęcie równowagi) do pewnego stopnia jest subiektywne; zależy ono widocznie od liczby, od jakości i wogóle od wyboru zmiennych niezależnych, które mają wyznaczać stan danego układu. Co jest równowagą przy jednym wyborze tych zmiennych, może wydawać się wirem gorączkowych wydarzeń dzięki odmiennej co do środków badania decyzji. Długotrwały spór między termodynamiczną a molekularną (lub statystyczną) metodą myślenia w znacznym stopniu jest *próżny*; niezgodność poglądów wynika z różnicy obranych stanowisk.

## VIII

Wiemy bardzo mało; zaledwie rozpoczęliśmy pochód na drodze do poznania praw zjawisk. Zdawałoby się, że każdy krok po tej drodze wyczerpuje siły pokolenia, które go uczyniło. Po każdym takim kroku ludzkość musi przystawać i oswajać się z nowym widokiem. Ale niebawem pochód znów rozpoczyna się i nauka wzrasta.

Dlaczego ten pochód? Jaki cel ma nauka? Po cóż chcemy poznawać Naturę? Na pierwszy rzut oka położenie nasze w niej jest okropne. Powiadamy, że Natura



jest okrutna; lecz Natura jest gorzej niż okrutna, jest obojętna, pogardliwa nie ludzko: i względem nas, których przecież co chwila zgniata i zmiata, i względem wszystkiego, wszystkiego, co się w niej kiedykolwiek ziściło.

Nauka nie ma celu. Prawdziwy owoc życia, jest koniecznością, wyższą nad ludzkie zamiary. Jest nieuchronną falą w potoku wydarzeń, który wiekuiście potrzęsa istnieniem.

---

### III. INERCJA I KOERCJA; DWA POJĘCIA OGÓLNE W TEORJI ZJAWISK FIZYCZNYCH.

Patrzmy na świat wzrokiem nieuprzedzonym: jakie bogactwo wydarzeń i zmian, jaka rozmaitość przekształceń i zjawisk! Na pierwszy rzut oka Natura wydaje się splątaniem niezliczonych jakości. Jest-że tak rzeczywiście? Czy na dnie rzeczy leżą istotne jakościowe różnice? Powinniśmy wyznać, że nie jesteśmy dotychczas zdolni nie tylko rozwiązać ale nawet roztrząsać podobnych zagadnień. Istnieją różnorodne nauki, które badają świat. Nauki te budzą w nas podziw i cześć jako potężne duchowe zjawisko; lecz postawione naprzeciw promiennej Naturze, zdradzają czem są: są próbą lękliwą i tylko początkiem usiłowania.

#### I

W Fizyce przywykliśmy patrzeć w tak zwany świat materialny, w martwą Naturę; zajmąwszy to stanowisko, nie umiemy dotychczas stanąć na innym. Więcej powiemy: zajmąwszy to stanowisko, zatoczywszy taki widnokrąg, nie umiemy dotychczas objąć go jednym spojrzeniem. Wiedzy naszej o martwej Naturze nie zdołaliśmy ułać w kształt jednolitej, konsekwentnej nauki. Możemy tylko powiedzieć, że, jakkolwiek jesteśmy odlegli od osiągnięcia takiego celu, zmierzamy ku niemu.

Możemy odróżnić dwie dziedziny zjawisk w nieożywionej przyrodzie: te, które trwają i inne, które kończą się. Wiemy naprzykład, że trwa ruch obrotowy ziemi i roczny jej bieg koło słońca. Wiemy, że trwa ruch księżycy i planet, ruch rojów i komet, ruch słońca i układów słonecznych i gwiazd i strumieni gwiazd w przestworzu niebieskiem. Ruch drobniejszych ciał ziemskich trwa również, gdy nie tamują i nie hamują go przeszkody zewnętrzne. Wahadło waha się długo w powietrzu, wagon toczy się długo po szynach; głos dobiega daleko, zanim pochłonięty zostanie. Ogromne fale, wzbudzone na oceanie, obiegają niekiedy kulę ziemską dokoła, zanim zgubią się i znikną. Wstrząśnienia wulkaniczne rozchodzą się po całej ziemskiej skorupie i chwieją ląd stały pod naszymi stopami. Brownowski ruch ziarenek w płynie wiszących trwa, jak zwykle przypuszcza się, nieograniczenie. Trwałość w podobnych zjawiskach czyli tak zwana w nauce Dynamiki bezwładność, dostrzegana bezpośrednio zmysłami, pozostawia w umyśle głębokie wrażenie. Hamowniczy całym wysiłkiem mięśni działa na hamulec, gdy usiłuje zatrzymać wagon rozpędzony; ów hamowniczy zna dobrze bezwładność materji, lepiej niż ci, którzy o niej tylko w książkach czytali. W ruchu bezwładnym materji Natura daje nam wymowną, zasadniczą wskazówkę. Niekiedy daje nam taką lekcję, uzbrojona w całą kosmiczną potęgę; trudno zapomni, kto widział, w czasie całkowitego słonecznego zaćmienia, cień księżycowy, olbrzymi, nadbiegający z nieziemską prędkością. Ale tę samą naukę może nam dać i ruch ziarnka; odstania przed nami ten sam rys głęboki w urządzeniu wszechświata.

Inny wspaniały przykład trwającego rodzaju zjawisk znajdujemy w promieniowaniu. Przez próżnię, przez bezgraniczny powszechny ośrodek, bez przerwy, bez wiadomego kształtu i krańca, który zalega świat, przez



eter (jak niektórzy dziś jeszcze mówią) biegną nieustannie fale niezliczone, bezmiernie różnorodne i mnogie, często bezładne i przypadkowe, niekiedy może prawidłowo rytmiczne; biegną, nie słabnąc, tylko rozbiegając się w próżni, nie znikając, nie ginąc, nawet na najdłuższych drogach, nawet po opanowaniu przechodzących miarę głębokości przestrzeni. Oto jest fundamentalne zjawisko, być może najprostsze, najpierwotniejsze z pomiędzy zjawisk Natury. Jest to zjawisko trwające, dopóki nie pochwyci go i nie zmaci pospolita materja. Gdy się to stanie, dopiero wówczas spostrzegamy, że fale biegly w próżni, że dobiegły materji, że zostały przeobrażone; przezywamy je wówczas różnemi subiektywnemi, obiektywnie nieuzasadnionemi nazwami.

Do szczególnej uwagi pobudza nas tu okoliczność, że zarówno ruch czysty jak promieniowanie, trwając, muszą się przenosić, przemieszczać, posuwać; zagarnianie przestrzeni jest niejako ich warunkiem lub cechą istotną. Nie znajdziemy nic podobnego w przeciwnej klasie wydarzeń. Nauka dojrzalsza przyzwyczajają nas w samej rzeczy do upatrywania wewnętrznego związku między przestrzenią a czasem. Zagadnienie tak postawione znajduje się dziś na porządku dziennym nauki; ale niepodobna jeszcze powiedzieć, kiedy istotnie rozwiązane zostanie.

## II

Dostrzegamy jednak w Naturze mnóstwo wydarzeń, których przebieg jest zgoła odmienny. Wyobraźmy sobie sztabę żelazną, zimną u jednego końca, na drugim gorącą. Stan cieplny tej sztaby zmienia się z czasem; pospolicie mówimy, że ciepło płynie w niej od miejsc gorących do zimnych. Płynięcie ciepła zaczyna się żwawo ale niebawem słabnie, zanika i całkowicie zamiera; do-

cieramy wkońcu do stanu temperatury wyrównanej, jednostajnej, czyli do *równowagi cieplnej*, jak wyrażamy się zwykle. Bardzo być może, iż ta równowaga jest tylko pozorną; że istnieją zawsze maleńkie, molekularne uchylenia i wahania temperatury w sztabie; lecz taki wniosek jest dotychczas tylko domysłem, którego domaga się ciągłość logiczna; sposoby mierzenia (a może nawet i określenia) temperatury są dotychczas za grube, ażebyśmy mogli myśleć o sprawdzeniu owego domysłu.

Według powyższego wzoru odbywają się różne zjawiska w materjalnym wszechświecie. Dwa ciała gazowe, dopóki nie są wcale lub są słabo zmieszane, przenikają się żwawo wzajemnie; w miarę postępu dyfuzji, aż do granic molekularnego wahanía, słabnie stopniowo dążność do mieszania się, okazywana przez gazy. Podobnie cukier lub sól dyfunduje do wody; podobnie nawet do ołowiu dyfunduje złoto. Podobnie uspakają się powiew w atmosferze zamkniętego pokoju, prąd lub wirowanie w dużej masie wody stojącej. Tysiączne reakcje chemiczne odbywają się podobnie; mieszanina gazowa na przykład, która zawiera wodór, jod i jodowodór w innym stosunku aniżeli przewidziany przez prawa termodynamicznej teorii równowag, jest w nierównowadze, zmienia się, dąży do równowagi; lecz dąży coraz powolniej, im bliżej do jej osiągnięcia. Pole elektryczne w każdym gatunku materji dąży do zniknięcia, podobnie jak stan temperatur niejednakowych w sztabie żelaznej; to zanikanie albo zluźnianie istniejącego lub przez nas wciąż wznawianego pola elektrycznego jest treścią zjawiska, zwanego prądem elektrycznym. W tych i w innych przypadkach podobnych spostrzegamy, że kolejne stany materji, choć coraz leniwiej, dążą do pewnego kresu, którym jest uspokojenie się widomych zaburzeń, stan niezmienności, przynajmniej pozornej, w istocie zaś może nieograniczona chwiejba molekularna.

### III

Powracamy teraz do zjawisk kategorii poprzedniej, do zjawisk *bezwładnych* czyli tych, które trwają; są to właściwie utwory myśli, abstrakcje, oderwane od rzeczywistości. Nauka Dynamiki, na przykład, zajmuje się ruchem; ale w Naturze niema ruchu czystego; ruch rzeczywisty bywa zwykle splełany ze zjawiskami innymi, bądź z rodzaju trwających, bądź z drugiej kategorii, zanikających. Zatem Dynamika jest idealizującą nauką, której założenie jest od początku za ciasne. Dlaczego zatem uprawiamy Dynamikę, cenimy ją bardzo i stawiamy niemal za wzór? Czy możemy postępować inaczej? Naturę, niezmierną Naturę pragniemy objąć daną nam zdolnością myślenia; pragniemy ją pojąć, pomimo, że jest niewypowiedzianie zawiła. Stojąc na stanowisku Dynamiki, dopuszczamy się wprawdzie zasadniczej jednostronności; zanedbujemy wówczas ogrom innych stosunków i związków; ale przecież według reguł owej nauki cośkolwiekbądź rozumiemy w Naturze. Tą drogą poprowadził nas Newton, wielki przywódca. Newton pokazał, że w ruchu brył w przestworzu niebieskiem istnieje pewna prawidłowość, którą człowiek jest zdolny przeniknąć. Uogólniając to (już i tak wielkie) dzieło, Newton wykrył powszechne prawa ruchu, prawa ruchu wszelkich ciał w dowolnych warunkach; stworzył zatem oderwaną Dynamikę, której Mechanika Niebios jest prostym rozdziałem.

Powinniśmy dziwić się, powinniśmy się zdumiewać, że można było odkryć prawa ruchu, nie troszcząc się wcale o pozostały kompleks Natury. Wyobraźmy sobie na przykład nasz układ słoneczny; to przecie jedno ogromne, jedno łączne, jedyne zjawisko; tylko przez proces umysłowy wydzielamy z tej całości zjawiska ruchu składowych części układu. Newton szukał praw



ruchu, wcale nie zważając, czy i jak słońce stygnie, jak zmienia się ziemski magnetyzm, jakie dzieją się w tym układzie ciepłne, chemiczne, elektryczne, promieniste, promieniotwórcze zjawiska; czy miał prawo tak postępować? Wiemy dziś, że zjawiska promieniowania wpływają na ruch ciał, zwłaszcza tak rzadkich jak np. komety. Wiemy, że ani masa, ani dynamiczny charakter kuli ziemskiej, nie są niezmienne. Wiemy, że wszystkie bryły niebieskie są zawile, że przebyły długie dzieje wielkich przeobrażeń wewnętrznych, że układ słoneczny jest nietrwały i dąży do nieznaney przyszłości. Skoro jednak mogła powstać odrębna, konsekwentna, przynajmniej w przybliżeniu z prawdą zgodna Dynamika Niebios i Dynamika ogólna brył materialnych, zatem widocznie w tym szczególnym przypadku, który nas obejmuje i kształtuje naszą działalność, zadanie Natury, przybliżenie lub ściśle rozpada się na niezależne zadania.

Taki jest początek każdej nauki. Każda nauka powstaje dzięki możliwości wyodrębnienia, w odmęcie Natury, pewnego szczególnego, oznaczonego, stosunkowo prostego zadania. Takie wyodrębnienie jest konieczne w chwili tworzenia się nowej nauki; jest pożyteczne, dopóki nauka wzrasta i wzmaga się bezpiecznie w potęgę; ale przecież, wobec spójni i jedności Natury, jest tylko sztucznym wybiegiem, sprzecznym z jej ukrytą harmonją. Ta sprzeczność, ta sztuczność wychodzi na jaw w dalszym rozwoju nauki; w bujnym młodym pędzie myśl ludzka rozsadza ściany, któremi ogrodziła się dobrowolnie; dąży zatem koniecznie do odmiany celu nauki, do rozszerzenia jej podstaw, do wzniesienia i (jeśli mi wolno tak się wyrazić) do uszlachetnienia jej stanowiska. Mówimy naprzykład, że dostrzegamy zjawiska ruchu, zjawiska ciepłne, chemiczne, elektromagnetyczne, promieniotwórcze, biologiczne, psychiczne w dostępnym nam zakresie Natury. Ale pamiętajmy, że to wszystko wypo-

wiadamy w konwencjonalnym, do pewnego stopnia dowolnym języku. Wszystkie te rodzaje zjawisk *my* tylko, *my* sami upatrujemy w Naturze. Doświadczenie jest *jedno*; wycinamy z niego abstrakcje. Owe abstrakcje nie są to zjawiska; nie są to nawet części zjawisk; są to *przecięcia* przez zjawiska. Na swoich planach ukazuje nam budowniczy raz poziome, to znów pionowe przecięcie budynku; podobnie nauka, w rozlicznych swoich teorjach, daje nam przekroje przez wszechświat, znalezione z coraz innych punktów widzenia.

#### IV

Termodynamika była jedną z pierwszych prób wydobycia się ze stanowisk ciasnych i szczegółowych; nie dzieli ona zagadnień, które roztrząsa, na części, lecz usiłuje je rozwiązać w całości. Przekonywamy się w Termodynamice przede wszystkim, że zwykła Dynamika jest tylko szczególnym przypadkiem, tylko jednym przykładem; że obok niej może istnieć wiele, nieskończenie wiele dynamik. Gdy Newton naprzykład i jego następcy w XVIII-em stuleciu pragnęli poznać prawa rozchodzenia się głosu w powietrzu w sposób właściwy zwyczajnej Dynamice, było to próżne usiłowanie. Zadanie to leży w innej prowincji, w adiabatycznej Dynamice, jak dzisiaj mówimy albo powinniśmy mówić. I kiedy Laplace je rozwiązał, tworzył, obok zwykłej Dynamiki, drugą, która, wraz z niezliczonymi innymi, mieści się w rozległym gmachu Termodynamiki. Są jednak i takie przypadki, w których żadna dynamika nie jest możliwa; w których zjawiska trwające oraz zjawiska zanikające są tak splecione ze sobą, że nie możemy oderwać jednych od drugich bez zadania im gwałtu, bez przecięcia nici istotnej łączności. Termodynamika zatem nie dzieli zjawisk na fikcyjne części składowe ale bada je i chce

opanować w całości. Oto programat tej nauki; programat z pewnością zuchwały, zadanie nadzwyczaj trudne i nieograniczenie rozległe. Nie możemy się temu dziwić, że tylko część dzieła, może część drobna, jest dokonana.

Mamy dotychczas termodynamiczną teorię *równowag*. Termodynamika nie doprowadziła nas wprawdzie do wykrycia ogólnych praw *przebiegu* zjawisk nieodwracalnych, ale wskazuje wspólne własności tych, które odbywać się mogą: wszystkie nieodwracalne zjawiska, zgodne z prawidłowością Natury, noszą pewne cechy wiadome. Wyobraźmy sobie układ, w którym, skutkiem narzuconych zewnętrznych warunków, możliwe są tylko przemiany nieodwracalne, nie mające owej wiadomej cechy a więc przeciwne porządkowi Natury. W takim układzie możliwość nieodwracalnych wydarzeń jest przecięta, bądź przez obowiązujące warunki, bądź przez prawa Termodynamiki; zatem w takim układzie mogą odbywać się tylko odwracalne przemiany; w takim układzie musi panować stan rzeczy, który napozór wydaje się równowagą, który nie wyklucza jednak możliwości odwracalnych wydarzeń. Idąc tą drogą, Termodynamika uczy wynajdywać warunki równowagi czyli poznawać jej *prawa*. Każdy płyn, naprzykład, w razie zachowania pewnych warunków, może być w (pozornej) równowadze; Termodynamika uzasadnia zatem założenia Hydrostatyki lub Teorii włośkowatości; dostarcza podobnie dostatecznej podstawy Teorii sprężystości, statyce ciał stałych doskonale sprężystych. Elektrostatykę możemy podobnie budować na fundamencie termodynamicznym. Różne inne gatunki fizycznej statyki zasadzają się na Termodynamice lub z niej wyrastają. Balfour-Stewart i Kirchhoff, następnie Bartoli, Boltzmann, Wien, Planck i inni badacze wykazali w szeregu prac bardzo pięknych, że, w pewnych założeniach, może być mowa o termodynamicznej równowadze promieni-



stej energii; tym sposobem wytworzyła się termodynamiczna teoria zrównoważonego promieniowania; nauka, która, jak wiadomo, otwiera przed nami dziś jeszcze coraz nowe widoki, coraz inne trudności. Lód wobec wody, woda wobec pary, kryształ soli wobec swego roztworu, roztwór wobec swego rozpuszczalnika mogą być w równowadze; Termodynamika z łatwością wskazuje prawa tych i o wiele zawilszych równowag; w tryumfalnym pochodzie przez dziedzinę Chemji, Termodynamika przyniosła tej nauce początki porządku.

## V

W miarę rozszerzania się granic jej użyteczności, myśli, leżące na dnie Termodynamiki, wznoszą się coraz wyżej ponad szczegóły rzeczywistości, ale istotę jej obejmują coraz ściślej w potężne zarysy. Im dalej posuwa się ta praca (w której imiona J. Willarda Gibbsa oraz P. Duhema będą zawsze z czcią wspominate), tem dostrzegamy wyraźniej, że uogólniona Termodynamika układa się w kształty podobne do owych form klasycznych, które zwyczajna mechaniczna Statyka przybrała od przeszło stu lat.

Wiadomo, że każde zagadnienie Statyki jest z góry rozwiązane przez ogólną zasadę tej nauki, t. zw. zasadę pracy wirtualnej. Jeden wzór, jeden wiersz pisma wypowiedzi zawartość Statyki; ale nie powinniśmy temu się dziwić: ów wiersz wyraża istotną treść odkryć pokoleń, od Archimedes'a aż do Lagrange'a. W termodynamicznej teorii równowag umiemy dzisiaj podobnie zageścić treść całej nauki w jedną formułę prostą; formuła ta zaś jest całkiem podobna do podstawowej formuły Statyki. Dla dogodności i uproszczenia wprowadzamy często do rozumowań Statyki pewne ilościowe pojęcie, pewną funkcję stanu układu, t. zw. *potencjat*;

celem wystowienia zasady Statyki posługujemy się często tą funkcją. W Termodynamice równowag tworzymy również *potencjał*, mianowicie termodynamiczny potencjał i mamy od niego podobne usługi jak w Statyce. Owóż termodynamiczny potencjał jest prostem uogólnieniem statycznego i otrzymuje się z niego przez uwzględnienie cieplnej strony równowag. Jest to okoliczność godna szczególnej uwagi; mamy tutaj coś więcej niż analogję formalną; mamy łączność dwóch nauk, mamy objęcie całej treści jednej nauki przez inną.

Dotąd dotarliśmy w teorii równowag; lecz taka teoria jest tylko odłamem potrzebnej nam w Fizyce, nieodzownej termodynamiki. Równowaga jest krańcem zjawiska; poznawszy ją, objęliśmy wzrokiem tylko powierzchnię rzeczywistości. Znajdujemy się wówczas w położeniu żeglarza, który opłynął wyspę lecz na nią nie wysiadł i nie zbadał jej wnętrza. Ale w nauce nie możemy ustawać. Powinniśmy poszukiwać praw, które przewodniczą odbywaniu się termodynamicznych procesów; chociażbyśmy ich nie znaleźli, trud nasz komuś posłuży, kto, przyszedłszy po nas, oświeci się naszym błędzeniem.

## VI

Powróćmy znowu do zjawisk, jak je nazwaliśmy, znikających. Jeden z największych mistrzów naszej nauki, Fourier, był tu przed nami i w jednym oddziale, w zagadnieniu przewodnictwa cieplnego, pozostawił nam wzór matematycznej teorii, dzieło piękne jak posąg helleński. W innych zagadnieniach podobnych inni uczeni szli analogicznymi drogami, tak iż mamy dziś w Fizyce zastęp Fourierowskich teoryj. Ale rzeczywistość jest niedościgła i przez najpiękniejsze teorie nieosiągniona; Fourierowskie teorie są tylko krokiem na prawdziwej drodze.

Przypuśćmy, że zajmujemy się procesem uspakajania się, w określonym materialnym układzie, pewnego wiadomego rodzaju zaburzeń. Wyobraźmy sobie, że miarą postępu tego zjawiska jest pewien przepływ, przepływ pewnej ilości, w jednostce czasu, przez jednostkę pola. Postęp dyfuzji naprzykład azotu i tlenu mierzymy, podając przepływ masy azotu lub tlenu w każdym oznaczonym miejscu mieszaniny. Postęp uspakajania się wzburzonego powietrza mierzymy, podając ilość ruchu, przenoszoną przez płyn, w danej sekundzie, przez upatrzoną jednostkę pola. Postęp przewodzenia ciepła wyrażamy ilościowo przez jednostkowy przepływ, w różnych miejscach układu, cieplnej energii. Od czego ten przepływ zależy? Powiedzmy ogólnie, że zależy od bodźca zjawiska. W dyfuzji azotu i tlenu bodźcem zjawiska jest niejednostajność gęstości bądź azotu, bądź tlenu; spadek tej lub tamtej gęstości w przestrzeni jest przybliżoną miarą działającego tu bodźca. W tarcu wewnętrznym bodźcem, mówiąc ogólnie, jest względna prędkość warstw sąsiadujących ze sobą albo też przestrzenny spadek prędkości płynięcia. W przewodnictwie cieplnym bodźcem, conajmniej w pierwszym przybliżeniu, jest przestrzenny spadek temperatury. — Ażeby utworzyć teorię przewodnictwa cieplnego, Fourier przypuścił, że przepływ jest zawsze wprost proporcjonalny do bodźca. Jest to myśl bliska prawdy, lecz tylko jej bliska. Czynność bodźca polega nie tylko na sprawianiu przepływu; okazuje się ona w tem także, że natężenie przepływu nieustannie się zmienia. Ilość przepływającą bodziec nie tylko zmusza do płynięcia; nadto nadaje jej pewien impet. W Fourierowskich zjawiskach impet ten coprawda jest stosunkowo nieznaczny; ale w tak dzisiaj głośnych *fluktuacjach* termodynamicznych objawia się jasno; dość go zaniedbać, aby



stracić związek z pozostałą konstrukcją nauki, jak to stało się właśnie w Fourirowskich teorjach.

Dlaczego impet przepływu zazwyczaj jest słaby? albowiem w znacznym stopniu przemaga go *koercja*, opór wewnętrzny ogromny, naogół czynny w materji. Koercja jest możnem działaniem ale nie jest nieskończenie przemożnem, jak przypuszczamy milcząco w Fourirowskich teorjach. Weźmy prosty przykład: azot przenika do tlenu; opór tlenu hamuje płynięcie azotu, ale gdyby mógł je całkowicie powstrzymać, nie byłoby wcale zjawiska dyfuzji. Koercja zmniejsza prędkość płynięcia, ale jej doszczętnie nie niszczy; skoro zaś gaz płynie, ma bezwładność, ma impet; ów impet i rozmach może przemieścić stan gazu poza cel, ku któremu stan zmierzał; w stosownych warunkach rozpoczyna się *chwiejba*. I ciepło samo przez się ma także (bardzo małą) bezwładność. W gazie przewodzącym ciepło możemy wyobrażać sobie bezwładność ciepła jako zbiorową bezwładność dyssymetrycznie biegnących cząsteczek; w metalu przewodzącym ciepło możemy ją kłaść na karb elektronów, które, czemkolwiek są, muszą być bezwładne. Ale rzecz najważniejsza, ażebyśmy sam *fakt* jasno spostrzegli i zrozumieli wszystko, co za sobą pociąga. Po tym pierwszym kroku przychodzi kolej na molekularną, elektronową lub inną, wogóle statystyczną, tłumną (multytudynarną) teorję; ona nietylko nasz obraz w szczegółach wykańcza, może nawet poprawia; powiada nam ona, że nasze myśli są nieraz wynikiem antropomorfizmu, podmiotowego ludzkiego złudzenia. Taki wyrok, jeżeli jest słuszny, nie byłby nieoczekiwany i dziwny; taki wyrok zapadnie kiedyś na każdą myśl ludzką. Rzeczywistość jest psychicznem zjawiskiem; nauka będzie kiedyś zjednoczoną analizą jednego, jedyne go faktu: poznawania ludzkiego.

## VII

Dotychczas mówiliśmy o jednym rodzaju bodźców: o bodźcu wewnętrznym, istotnym; ten jest w prosty sposób związany ze znanym nam już termodynamicznym potencjałem; jest on, przynajmniej w prostszych przypadkach, przestrzennym spadkiem tego potencjału. Ale i zwyczajna siła, o której mówimy w Dynamice, jest bodźcem; ten rodzaj bodźca nazywamy *zewnątrznym*. Suma lub wypadkowa działających bodźców jest ostatecznym bodźcem i stanowi uogólnienie zwyczajnego pojęcia siły. Gdy naprzykład jakiebądź ciało porusza się jako całość, bodziec wewnętrzny znika; powracamy wówczas do zwykłego pojęcia, znanego z Dynamiki. Prędkość zmieniania się przepływu sprowadza się wówczas do iloczynu masy przez przyśpieszenie; ponieważ niema w tym przypadku koercyjnego działania, powracamy zatem do dwóch pierwszych praw ruchu Newtona, których uogólnieniem jest twierdzenie, wiążące ze sobą przepływ i bodziec. W czystej zatem Dynamice, podobnie również w Hydrodynamice płynów doskonałych, w Teorii ciał stałych doskonale sprężystych, w wielu elektrycznych i optycznych teoriach opuszczamy z uwagi *koercję*; w Fourierowskich teoriach opuszczamy bezwładność, zaniedbujemy *inercję*. W materialnych zjawiskach mamy zazwyczaj zarówno koercję jakoteż i inercję a stosunek ilościowy ich wpływów bywa rozmaity w najszerszych granicach. Istnieje tylko jeden układ, prawdziwie pozbawiony koercji: to próżnia; zjawisko, które odbywa się w próżni, jest zawsze grą nieokiełzanej inercji. Inercja i koercja, takie są osi, około których świat zjawisk się kręci; żadna nie jest mniej ważna, mniej istotna niż druga.

## VIII

Zdarza się, iż zjawiska inercyjne wikłają się z koercyjnymi w sposób nadzwyczaj zawily; próbujemy wówczas wyświecić, jak one składają się i łączą ze sobą; w tym celu odwołujemy się do praw zjawisk pierwszych i drugich, rozważanych z osobna.

Ażeby to wytłomaczyć, sięgnijmy znów do Dynamiki. Newton wygłosił prawa ruchu, ale podał je w postaci jeszcze stosunkowo konkretnej, noszącej jeszcze ślad dróg, na których znalezione zostały. Lagrange i inni Newtona następcy rozszerzyli jego naukę, stworzyli Dynamikę uogólnioną lub Lagrange'owską. W Dynamice Newtona roztrząsamy rzeczywisty ruch punktów, elementów lub brył; t. zw. zmiennymi niezależnymi są w niej zatem rzeczywiste, przestrzenne spółrządne. Dynamika, którą zawdzięczamy genjuszowi Lagrange'a, uwalnia się z pod tego przymusu. Możemy w niej wybrać zmienne niezależne jak się podoba, byle tylko były dynamicznymi zmiennymi; reguły uogólnionej Dynamiki stosują się przy każdym wyborze. Prawidła te możemy wyrazić w różnej postaci. Jeżeli dokonaliśmy jakiegobądź wyboru niezależnych zmiennych, mamy wówczas t. zw. równania Lagrange'a; w stosunkowo ogólnych założeniach są to równania zmienności zjawisk w uogólnionej Dynamice. Można powstrzymać się nawet od przypuszczenia, można uniknąć nawet pozorów, jakoby zmienne niezależne zostały wybrane; równania zmienności nie są wówczas dane nam *explicite*, lecz otrzymujemy metodę tworzenia ich w każdym przypadku. Mamy na przykład formułę *najmniejszego działania* lub *zasadę Hamiltona*; z takiego źródła wywodzimy bez trudu równania zmienności. Treść owej prawdy, która tkwi w zasadach Newtona, jest tu powierzona rozleglejszym pojęciom.



Wyobraźmy sobie teraz, że wahadło porusza się w płynie lepkiem albo, że w takim płynie rozchodzi się głos; wyobraźmy sobie gaz, który jednocześnie płynie, rozpręża się i przewodzi ciepło; przypuśćmy, że wzniesiono wicher w niejednostajnej mieszaninie interdyfundujących wzajemnie gazów, że kryształ soli rozpuszcza się w burzliwie poruszającej się cieczy, że topi się bryła lodu, który wstrząsają drgania sprężyste. Usiłujmy wyobrazić sobie, co dzieje się w płomieniu lub jaki jest przebieg fali wybuchowej, szerzącej się w mieszaninie tlenu i wodoru. Podobne zagadnienia leżą poza granicami Dynamiki, nawet uogólnionej; wykraczają one podobnież poza ramy dzisiejszej Termodynamiki. Zagadnienia te leżą w dzielnicy nauki, którą nazwano *Termokinetyką*; jest to trudna teoria, która rozwija się bardzo powoli. Ale i ona odsłoniła już pewien nieoczekiwany widok. W Termokineyce prawdziwe są znowu równania Lagrange'a, tylko uzupełnione; mamy w niej znowu twierdzenie Hamiltona, tylko sformułowane o jeden odcień ogólniej. I co jest zdumiewające: owo uzupełnienie lub uogólnienie, które jest potrzebne, ażeby równania Lagrange'a i zasadę Hamiltona przenieść z Dynamiki do Termokineytyki, jest w gruncie rzeczy tym samym aktem logicznym, który, jak powiedzieliśmy wyżej, główną zasadę Statyki zamienia na fundamentalną prawdę termodynamicznej teorii równowag.

## IX

Nauka nasza o świecie jest istotnie wciąż tylko próbą, jest usiłowaniem nauki. Wiemy mało; stoimy widocznie u początku drogi. Ocean zjawisk, jak dla Newtona, i dla nas jest tajemniczy. A jednak już dziś, u progu pojmowania, po każdym kroku naprzód stajemy olśnieni i długo przyzwyczajamy wzrok do dostrzeżonych wido-

ków. Więc czemuż jest w całej pełni ta nieskończoność którą nazywamy Naturą?

Spływa z niej nieprzeparty majestat. Wobec tego wszecharcydziela kto mógłby pamiętać o celach drobnych i niskich? Tylko bezstronność, szczerłość, usilność, która w pokuszeniu się zapamiętała, tylko ścisła rozwaga i niezachwiana surowość, tylko prawość i szlachetność myślenia do tego są zdolne, tego są godne, by czytać w księdze Natury.

Więc nauka, chociaż jest tylko usiłowaniem i próbą, jest potęgą moralną, jest czystą i wielką mistrzynią. Niechaj Kraj nasz o tem zawsze pamięta.

---

#### IV. O TEORJACH MATERJI.

Dlaczego stal jest wytrzymała, kreda zaś jest krucha? Dlaczego z korka nie wyrabia się młotów, z ołowiu nie sporządza się dzwonów? Czemu ciasto ugniatamy w rękę z łatwością a nie możemy ugnieść żelaza? Dlaczego kropla wody nie bywa nigdy sześcianem? Dlaczego w rurce szklanej włoskowatej woda wznosi się, rtęć zaś obniża się? Czemu chlor jest zielonkawy, wodór bezbarwny? Czemu miedź nie jest tak przezroczysta jak szkło? Czemu niebiosy są błękitne? Czem różni się woda gorąca od zimnej? Gdy topi się wosk, gdy alkohol wre, gdy cukier rozpuszcza się w wodzie, gdy rdzewieje żelazo, gdy węgiel się spala, gdy potas lub sód gwałtownie oddziaływa na wodę, co dzieje się wówczas istotnie, co odbywa się pod powierzchnią zewnętrznego pozorów? Jesteśmy otoczeni materją i nie rozumiemy jej zachowania. Powinniśmy dziwić się codzien, nieustannie, jak małe dzieci, które w tym względzie są lepszymi od nas filozofami. Stoimy przed bezmiernym korowodem zagadnień; stoi wobec nich ludzka nauka, niekiedy zwycięska, często bezradna, po wielu bezowocnych próbach pozornie ślepa, pozornie obojętna.

#### I

Różnymi sposobami możemy rozdrabniać ciała na części coraz mniejsze i mniejsze. Żelazo możemy piłować



na drobne opiłki, platynę i srebro wyciągać w zaledwie dostrzegalne niteczki, złoto rozwalcowywać na płatki niezmiernie cieniutkie, które przepuszczają światło przepysznie zielone. Sól albo cukier możemy utłuc i rozetrzeć na proszek, mąkę zemleć na pył bardzo subtelny. Na szkłe djamentem umiemy nacinać równoległe linje tak blisko, że dopiero dobry mikroskop pozwala je od siebie rozróżnić. Jeszcze skuteczniej możemy dzielić ciała innemi, pośredniemi drogami. W niektórych reakcjach chemicznych krzemionka albo magnezja strąca się w postaci proszku tak bardzo miążkiego, że mogą po nim, podobnie jak po cieczach, rozbiegać się fale. Gdy cukier rozpuszcza się w wodzie, muszą odrywać się odeń cząstki maleńkie, które są jeszcze cukrem, skoro udzielają roztworowi słodczy. Barwę niektórych barwników, np. rozaniliny, rozróżniamy wzrokiem w roztworze, w którym na litr wody przypada stotysięczna część grama barwnika. Najmniejszy okruch soli kuchennej wystarcza, ażeby ostrą, pomarańczowo żółtą barwę przez wiele godzin nadawać płomieniowi palnika Bunsena. Maleńka odrobina piżma napęlnia zapachem powietrze pokoju przez przeciąg czasu wielu tygodni. Maleńka kropelka nadzwyczaj rozcieńczonego roztworu fluoresceiny fluoruje bardzo wyraźnie. Promień kropelek wody w mgłę albo chmurze nie dochodzi zazwyczaj do jednej dziesięciotysięcznej części centymetra; błonki i bańki mydlane miewają nieraz grubość mniejszą niż milionowa część centymetra; jeszcze cieńsze bywają warstewki oliwy, rozpościerające się po powierzchni wody. W kolloidalnych roztworach złota zawieszono są cząstki tego metalu, których średnica wynosi około dziesięciomiljonowej części centymetra; przyrządzane przez Faradaya blaszki złote miewały około dziesięciu takich cząstek w kierunku grubości. *Zapomocą niewidzialnych cząstek działa Natura* powiada Lukrecjusz, który

przypomina nam słusznie, iż złoty pierścień, długo noszony na palcu, staje się cieńszy, choć nikt nigdy nie dostrzegł odrywających się odeń cząsteczek.

Materia może zatem rozdrabniać się aż do znikomych dla zmysłów rozmiarów; w stanie takiego podziału jest skłonna do samowolnego rozpraszania się, jak to widzimy w zjawiskach *dyfuzji*. Wiemy, że sól albo cukier dyfunduje przez wodę, że tlen dyfunduje przez azot i azot przez tlen; wiemy nawet, od czasu prac Roberta Austena, że srebro, platyna i złoto mogą dyfuzyjnie przenikać przez cynę, przez ołów i bizmut. Jak zatem roztwór cukru w wodzie składa się z odrobin cukru, pływających w ciekłym ośrodku, podobnie wszystkie napozór ciągłe i jednolite ciała muszą być utworzone z małych okruszyn, z *cząsteczek* czyli *molekuł*, z *atomów*, które otoczone są próżnią.

Mamy przed sobą gaz, który napozór znajduje się w zupełnym spoczynku; musimy wyobrażać sobie, że jego cząsteczki biegną przez próżnię we wszystkich możliwych kierunkach. Jeżeli istotnie wodór może dyfundować przez tlen lub przez azot, czy podobna przypuścić, ażeby wodór nie dyfundował przez wodór? Winniśmy uznać, że w łonie każdego chemicznie jednorodnego gazu odbywać się musi nieprzerwana wewnętrzna dyfuzja, chociaż nie mamy sposobu, ażeby się o niej doświadczalnie przekonać. Lecz skoro zgodziliśmy się na takie założenie, już tem samem orzekliśmy, że cząsteczki gazów znajdują się zawsze w ruchu bezładnym, który jest właśnie istotą zjawiska dyfuzji.

Przykłady jeszcze dalszego, o wiele jeszcze radykalniejszego dzielenia się materji mamy w niezliczonych, różnorodnych, zawitych zjawiskach łączenia, rozpadania i podstawiania się ciał, w owem ogromnem, jeszcze mało opanowanym pasmie wydarzeń, którem zajmuje się Chemja. W tych zjawiskach materia przeistacza się nie-

raz, przynajmniej nazewnątrz, całkowicie, zupełnie; musimy zatem przypuszczać, że rozpada, że rozsypuje się w nich bardzo często struktura molekularnego budynku, że zamiast zburzonych lub rozprzęgłych cząsteczek pojawiają się nowe, odmienne układy atomów.

Przez całe stulecie na chemicznym atomie zatrzymywała się przenikliwość wzroku nauki. Wiemy dziś, że cząstki, stanowiące istotę (oddawna znanych) *katodowych promieni*, nie są zwykłymi chemicznymi atomami; są to *elektrony*, znikomo drobne ujemne elektryczne ładunki, obdarzone bardzo małymi (od najmniejszych atomowych mniejszemi) pozornymi masami. Obecność i wpływ elektronów poznaliśmy dziś w mnóstwie zjawisk fizycznych, w rozmaitych oddziałach nauki.

Zjawiska chemiczne są znane ludzkości od pierwszego zarania jej dziejów; lecz od miesiąca lutego 1896-go roku, dzięki odkryciu Henryka Becquerela, stoimy przed nowym rozdziałem rzeczywistości. Promieniotwórcze zjawiska, jak wiemy dzisiaj, zasługują na nazwę ultrachemicznych, albowiem nierównie jeszcze dalej, aniżeli przemiany chemiczne, sięgają w treść i w istotę materji.

## II

Podpadające pod nasze zmysły ciała materjalne są to zatem naogół *tłumy*, są to nieprzeliczone zastępy indywiduów, są to zbiegowiska cząsteczek, atomów, elektronów lub jeszcze drobniejszych substancjalnych ułamków; zjawiska, które dostrzegamy w materji, są to łączne, zbiorowe, gromadne objawy, są to sploty i roje osobnych przebiegów, są to wiry tętniące nieprzejrzaniem słońciem.

Na takie tłumy znikomych punkcików, na takie odmęty elementarnych procesów spoglądamy dziś w Fizyce



zwykle ze *statystycznego* punktu widzenia. Zaczynamy od założenia, że różnorodność i mnogość czynników pierwotnych, składających się na zjawisko fizyczne, jest nie do objęcia; wyrzekamy się zatem poznania tych elementów w ich szczegółach, w ich niedostępnych drobiazgach; nie zapytujemy nawet, czy one są indywidualnie dane przez niezłomne prawa; kapryśne, dowolne czy też konieczne ale nam na zawsze nieznanne, są nam obojętne. Z tego założenia wynika, że żadnego ostatecznego, żadnego zbiorowego objawu nie mamy prawa poczytywać za *niemożliwy*; wolno nam zapytywać tylko o to, jak dalece jest *prawdopodobny*. Ale różne wypadkowe skutki molekularnych wydarzeń są niejednakowo, są niesłychanie rozmaicie prawdopodobne; jedne są bajeczną liczbę razy prawdopodobniejsze niż inne. Weźmy prosty przykład. Wyobraźmy sobie naczynie w kształcie walca i podzielmy je w myśli idealną płaszczyzną na dwie części: dolną *A* i górną *B*. Przypuśćmy, że naczynie jest wypełnione np. wodorem. Wiemy z doświadczenia, że cząsteczki wodoru znajdują się wówczas w obu częściach naczynia, zarówno w *A* jak i w *B*; nie zdarza się, ażeby wszystkie cząsteczki, choćby przez chwilę, skupiły się w *A*, część *B* zaś pozostawiły pustą. Czy takie wydarzenie jest *niemożliwe*? Ze stanowiska statystycznego możemy tylko powiedzieć, że jest *niezmiernie mało prawdopodobne*. Wyobraźmy sobie, że płaszczyzna, o której mówiliśmy, jest prawdziwą ścianą czyli materialną przegrodą. Przypuśćmy, że w części *A* znajduje się wódór, że w części *B* mamy próżnię. Jeżeli nagle usuniemy lub unicestwimy przegrodę, wówczas, w samej chwili jej zniknięcia, tłum cząstek znajduje się we wspomnianym, nadzwyczaj nieprawdopodobnym stanie, mianowicie: wszystkie cząsteczki wodoru znajdują się w *A*, w części *B* niema ich wcale. Wiemy z doświadczenia, że gaz nie pozostaje w tym stanie, że z niego wychodzi,

że odeń ucieka; wiemy, że gaz przerzuca się ku stanom prawdopodobniejszym; że, wygładzając nieprawdopodobieństwo pierwotnego stanu, sprawia nowe, lecz mniej jaskrawe nieprawdopodobieństwo stanu nowego. Mamy więc wahania gęstości w gazie, lecz tłumione, więc (aż do granicy molekularnych fluktuacji) coraz słabsze. Czyżto statystyczna teoria nie zajmuje się pytaniem, jakim sposobem tłum cząsteczek przechodzi z pewnego danego stanu do innego stanu i nie umie wskazać praw tego przejścia; w czysto statystycznej teorii nie posługujemy się pojęciem czasu i zapominamy o jego płynięciu; różne stany gazu istnieją w niej odosobnione i nie łączą się wcale ze sobą. Statystyczny rachunek daje nam tylko prawdopodobieństwa rozmaitych możliwych stanów danego układu cząsteczek. Przekonywamy się naprzykład łatwo, że jednostajny rozkład cząsteczek w przestrzeni jest nieporównanie prawdopodobniejszy i zdarza się o wiele, wiele częściej aniżeli rozkłady inne, zwłaszcza takie, które jaskrawie odskakują od jednostajności. Obserwujmy pewną ilość wodoru, znajdującą się w zamkniętym naczyniu, napozór w równowadze cieplnej i mechanicznej; gęstość gazu, badana jakąkolwiek bądź doświadczalną metodą, wypada w każdym miejscu jednakowa. Według molekularnej teorii, taka jednostajność gęstości jest prostem złudzeniem. Każdy maleńki sześcian, wycięty w myśli wewnątrz naczynia, zawiera co chwila inną liczbę cząsteczek, zwykle odmienną aniżeli przyległe sześciany; innemi słowy, gęstość gazu nie jest stała ani w przestrzeni ani w czasie, gęstość faluje, chociaż zakres tej chwiejby bywa najczęściej całkiem znikomym. Stan wyjątkowy, dziwaczny, stan bardzo nieprawdopodobny (naprzykład powyższy, w którym część *A* byłaby pełna, część *B* byłaby pusta) może wprawdzie bezwątpienia wydarzyć się, kto wie, może za minutę lub za godzinę; ale według ścisłych reguł prawdopodobień-

stwa wolno tylko powiedzieć: chcąc mieć poważną rękojmię doczekania się takiego wyjątkowego stanu, należałoby gaz obserwować przez niewysłowioną liczbę stuleci. Gdyby zresztą, dzięki wyjątkowemu zbiegowi okoliczności, ziścił się podobny stan nadzwyczajny, trwałby tak krótko, mignąłby tak błyskawicznie, że uszedłby całkowicie naszej uwadze; wszakże ludzkie dostrzeżenia wymagają naogół okresów czasu, które w stosunku do gorączki świata molekuł są fantastycznie długimi, są niezmiernymi pasmami.

W roztrząsaniu nieodwracalności zjawisk fizycznych oraz możliwości mechanicznego jej wytłomaczenia, Maxwell, Boltzmann i rozmaici inni uczeni zasadzali się długo na rozumowaniu, którego treść ogólnikowo tu przedstawiliśmy; Marjan Smoluchowski, w roku 1904, dostrzegł w niem wskazówkę istnienia nowej dziedziny faktów: mikroskopowych fluktuacyj wartości makroskopowych wielkości, jak np. gęstość gazu, ciśnienie, temperatura, jak stężenie roztworu, promieniowanie źródła światła i t. d. Doświadczenie wkrótce potwierdziło bystrość rozumowania nieodżałowanego polskiego badacza. Towarzysząca stanom pozornej równowagi chwiejba molekularna jest dzisiaj trwałym nabytkiem nauki; przenikliwości Smoluchowskiego zawdzięczamy tę zdobycz.

Świetne powodzenie statystycznej teorii nie przeszkodzi nam w zachowaniu niejakiej nieufności względem pewnych wniosków, które z niej niekiedy wyprawdzano. Jak każda dedukcyjna metoda myślenia, Rachunek Prawdopodobieństwa w wynikach wywodu zwraca nam oczywiście własne nasze, za podstawę przyjęte założenia, wskazując jasno i twardo, do jakich następstw one prowadzą. Gdy zatem czytamy w formułach naszego rachunku, że naprzykład pewne stany tłumy cząsteczek są prawdopodobne, inne zaś mało prawdopo-



dobne, wniosek ten wypada poprostu z wziętego za punkt wyjścia określenia prawdopodobieństwa, które, jak oddawna wiadomo, jest do pewnego stopnia dowolne. Badając zmienność gęstości materji w przestrzeni i w czasie, wychodzimy właśnie z określenia, które w znacznym zakresie doświadczenia doprowadza do wniosków prawdziwych. Nie wiemy jednak, czy to określenie jest bezwzględnie dokładne i nie powinniśmy ufać mu bezwarunkowo. Wyobraźmy sobie na chwilę, że, zapominając o siłach chemicznych, zastosowaliśmy te same założenia do badania rozkładu w przestrzeni atomów wodoru  $H$  i tlenu  $O$ ; bylibyśmy doszli do wniosków mylnych w znacznym zakresie temperatur i ciśnień, w tym mianowicie, w którym mogą czy muszą istnieć molekuly  $H^2O$ . Pragnąc więc pozostać w zgodzie z faktami, musielibyśmy zupełnie przeistoczyć założenia, na których tu zasadalibyśmy rachunek. Zupełnie podobnie, gdyby hipotezy przyjęte w teorii pospolitych molekularnych fluktuacyj były tylko lekko nieściśle, nie miałyby to może doniosłego wpływu na wnioski, pozostające w zakresie zwykłego dostrzegania; lecz skrajne extrapolacje, wybiegające poza ten zakres nadzwyczaj daleko, zapadłyby się wówczas w nicość zupełną.

### III

Newton stworzył *Mechanikę Niebios*; za jego przykładem największe umysły usiłowały, przez półtora wieku, zbudować dynamikę atomów albo molekulek, *Mechanikę Materji*. Przez półtora wieku myśl ludzka dostrzegła nieustanną grę sił w materjalnym wszechświecie. W próżni, w pustej geometrycznej przestrzeni, widziano bierne, bezwładne, ociążałe atomy; przez próżnię przesłakiwały siły, ożywiając te martwe punkty materji.

Siły wikłały i krzyżowały się z sobą, rosły naprzemian i słabły, parły ku sobie atomy lub rozpędzały ich zbiory, niekiedy utrzymywały je w zawiłej i misternej równowadze. One przecież sprawiały ciężkość przedmiotów na ziemi, one pociągały fale mórz i oceanów; one, nadawszy kiedyś słońcu, planetom, księżycom kształt ich dzisiejszy, wiodły je odtąd w przestworzu niebieskiem. Więc one były przyczyną, że ciała chemicznie się łączą, że światło załamuje się, że magnes przyciąga. One zdradzały się w spójności żelaza, w sprężystości stali, w prężności pary wodnej, we wznoszeniu się wody do rurki włoskowej; one tłoczyły ciśnienie powietrza, lepkość oliwy, krystaliczną postać ałunu lub soli kuchennej; tajemniczym tym, prymordjalnym tym siłom *fluida* elektryczne, nieważki ciepłik lub eter powszechny zawdzięczały swoje własności.

Przez półtora stulecia, w XVIII-ym i w znacznej części XIX-go wieku, dostrzegano sploty sił w świecie otaczających nas zjawisk. Dziś język Laplace'ów, Navier'ów, Poisson'ów, Ampère'ów wydaje nam się archaiczny; ich punkty geometryczne, ich siły centralne wydają się nam fikcyjne i mdłe, słabe i sztuczne. Lecz co przyszłość orzeknie o naszych tensorach i o czasoprzestrzeni? nie jest-że tylko obrazem elektron lub quantowane w atomie elipsy?

Według francuskiej teorii sprężystości, stworzonej przez Naviera, Poissona, Cauchy'ego, Barré de St. Venanta i innych uczonych w pierwszej połowie XIX-go stulecia, najmniejsze cząstki ciał stałych sprężystych, rozsiane w przestrzeni, znajdują się w spoczynku; pomiędzy temi cząstkami czynne są siły *centralne*; tak nazywamy siły, przypadające w kierunkach linii prostych, które łączą cząstki ze sobą, jeżeli natężenie tych sił zależy jedynie od wspomnianych wzajemnych odległości cząstek działających na siebie. Czy taka

prosta, molekularna i zarazem statyczna teoria budowy ciał stałych sprężystych może być prawdziwa? ażeby o tem rozstrzygnąć, porównujemy z doświadczeniem wyniki, do których ona prowadzi. Wiadomo, że ciało stałe sprężyste może być odkształcane w rozmaity sposób: może naprzykład być uciskane, zgniatane, gięte, skręcane, wyciągane i t. d. Pod wpływem różnych sposobów odkształcania, w tem samym ciele objawiają się rozmaite odmiany sprężystości; matematycznym wyrazem tych różnych odmian są t. zw. *moduły* lub *stałe* ciała sprężystego. W pamiętnej rozprawie, ogłoszonej w roku 1839-ym, Green, powołując się na zasady dziś zwane termodynamicznemi, udowodnił, że ciało sprężyste, w najogólniejszym nawet przypadku, nie może mieć więcej niż 21 niezależnych stałych sprężystych; może jednak mieć mniej stałych, co zależy od jego ustroju. Ciało *izotropowe*, które we wszystkich kierunkach zachowuje się jednakowo, posiada, według twierdzenia Greena, *dwie* stałe sprężyste niezależne. Według molekularno-statycznej teorii elastyków francuskich, liczby stałych, przewidywane przez twierdzenie Greena, są zbyt wysokie; według tej teorii, ciało sprężyste w najogólniejszym przypadku może posiadać najwyżej 15 niezależnych modułów, ciało zaś *izotropowe* ma tylko *jedną* stałą fundamentalną. Gdy naprzykład wyciągamy drut albo pręt, wyrobiony z ciała *izotropowego*, stosunek poprzecznego jednostkowego skurczenia do podłużnego jednostkowego wydłużenia, podług *Poissona*, powinien zawsze wynosić 1:4. Za Greenem poszli Stokes, Kelvin, Tait i cała naogół szkoła angielska; ich termodynamiczną lub energetyczną teorię, unikającą molekularnych specjalnych założeń, Pearson nazwał *the multi-constant theory*, w przeciwieństwie do francuskiej *rari-constant theory*, zbudowanej całkowicie na przypuszczeniach molekularnych. Doświadczenie nie potwier-



dza wyników, których wymagałaby *rari-constant theory*; stosunek Poissona różni się naprzykład niekiedy dość znacznie od wartości 0.25, której ona w razie ciał izotropowych oczekiwać nam każe; ale pewien wybieg pozostawał zawsze otwarty w podobnych przypadkach: ciała natury nie są zapewne ani jednolite ani ściśle izotropowe. Kierując się tą uwagą, Voigt wybrał za przedmiot badania kryształy, których rodzaj anizotropji wynika z ich krystalograficznej postaci; w szeregu mozolnych prac Voigt udowodnił, że sprężyste własności kryształów naogół *nie* są zgodne z oczekiwaniami teorii, ograniczonej do najmniejszej liczby stałych sprężystych. W *rari-constant theory* mamy zatem obraz zbyt prosty budowy ciał stałych sprężystych; lecz poświęcona jej praca nie była bezpłodna; jej ostateczny upadek jest pouczający. Molekularną statyczną teorię możemy poprawić, rozszerzając jej założenia; staje się ona wówczas zdolna do życia; jesteśmy nieustannie świadkami usiłowań podobnych.

#### IV

Wraz z teorjami, które nazwaliśmy *statycznymi*, weszliśmy na teren nauki Mechaniki; odtąd nasze teorje materji są nietylko molekularnymi, lecz i mechanistycznymi teorjami zarazem. Jest to okoliczność ważna, do której jeszcze powrócimy.

Wyobraźmy sobie, że poruszamy cząsteczki; niechaj one biegają swobodnie w obrębie przestrzeni, który im przysługuje. Przypuszczano oddawna, że taki jest ustrój molekularny materji w jej gazowym stanie skupienia; Hooke w XVII-em stuleciu, Daniel Bernoulli w XVIII-em, Herapath na początku XIX-go kładli zarisy nauki, która, wykształcona wszechstronnie przez Clausiusa, Clerk-Maxwella, Boltzmann'a i in-

nych badaczy w drugiej połowie XIX-go wieku, nazywa się dzisiaj *Kinetyczną Teorią* gazowego stanu materji. U progu takiej teorii nasuwa nam się wielkiej wagi pytanie. Według praw Mechaniki, ruch materialnych ciał, dużych czy małych, odbywa się pod wpływem sił. Czy zatem znamy dokładnie prawa działania sił cząsteczkowych? Gdybyśmy próbowali odgadnąć postać tych praw, spotkalibyśmy się z wielkimi trudnościami, jak to widzieliśmy przed chwilą na jednym szczególnym przykładzie. Próbowano pójść inną drogą; wybierano za punkt wyjścia wywodów pewne założenia ogólne, w których wyrażają się przynajmniej niektóre istotne cechy sił molekularnych. Według jednego z takich założeń, materja zachowuje się poniekąd bezwładnie wobec działania czynników zewnętrznych; zakłócenia, wytwarzane przez takie bodźce, dodają się, bez zmian i opóźnień, do istniejących zakłóceń; co więcej, zakłócenia te trwają, nie giną, przechowując się według zasad bezwładności czyli *inercji*. Ale na przebieg wydarzeń w łonie materji wpływa, prócz bezwładności, inna wrodzona jej dążność, skierowana naogół do osłabienia zakłóceń, do zluźnienia ich skutków. Ta dążność jest niewyczerpana; gdy wytwarzamy nowe zakłócenie, rozpoczyna się natychmiast cierpliwa robota, która prowadziłaby do uspokojenia, do równowagi, gdyby mogła sama jedna działać swobodnie. Im dalej od celu, tem dążność *koercji* jest usilniejsza, tem znaczniejsza jej praca; im bliżej do niego, tem bardziej słabnie koercja, jak gdyby towarzyszyła jej troska, ażeby nie przeholować, rozplynać się w skutkach i zginąć u kresu. Ale koercja *nie* sama jedna jest czynna; obok niej działa bezwzględna bezwładność, inercja, która, obojętna na wynik, trwale popędza tłum molekularny; inercja jest przyczyną, że, pomimo koercji z każdego zamętu wytwarza się niejaki zamęt przeciwny,

że stany molekularnych zbiegowisk wahają się wiecznie, nie dochodząc nigdy ściśle do ładu.

Zasadzając się na podobnych założeniach ogólnych, możemy roztrząsać ruch cząsteczek w gazach lub płynach, możemy zdać sprawę z wielu ważnych dynamicznych i cieplnych własności gazów i płynów, ze zjawisk ciśnienia, równowagi i ruchu, z tarcia wewnętrznego czyli zjawiska lepkości, z dyfuzji czyli samowolnego przenikania mas, z przewodnictwa cieplnego czyli przenikania energii. Na tych przykładach widzimy wówczas szczegóły przebiegu i niejako wewnętrzny *mechanizm* wydarzeń, których tylko *skutki ogólne* poznajemy w Termodynamice lub w teorjach molekularnych statystycznych usiłujemy sumarycznie wyrazić.

Stanowisko, o którym w tej chwili tu mowa, nazywamy *kinematycznym*; stojąc na niem, pragniemy poznać tylko ogólnikowy zarys stanu i ruchu mrowiska cząsteczek, lecz nie usiłujemy przeniknąć elementarnych praw tego ruchu, nie próbujemy uzasadnić dedukcyjnie założeń, które czynimy, czyli, jak pospolicie się mówi, nie staramy się tych założeń *objaśnić*. Mamy częste przykłady podobnego postępowania w różnych gałęziach nauki. Geometria nie zajmuje się (lub nie zajmowała się doniedawna) roztrząsaniem pytania o właściwej istocie, o pochodzeniu pojęcia przestrzeni. Mechanika nie bada, skąd powstają abstrakcje czasu, ruchu, masy, siły, czem jest sprężystość lub działanie muskularne. Newton nie wytłumaczył bezwładności ani natury działań i przeciwdziałań; grawitacji nie odwrócił, niejako, podszewką do góry; wskazał tylko powszechną i prawidłową obecność w Naturze tych faktów i kazał nam przyzwyczaić się do nich. Termodynamika przyjmuje gotowe pojęcia pracy, ciepła, energii, masy, do pewnego nawet stopnia temperatury; pewien kierunek w Optyce rozkłada światłne zjawiska na przemiany kie-



runkowe najprostsze, któremi posługuje się jako narzędziem, nie troszcząc się o ich właściwą istotę; ta sama w gruncie rzeczy myśl bogata i wielka leży na dnie Maxwella nauki o elektromagnetycznych zjawiskach, jednego z najpiękniejszych tryumfów ducha ludzkiego w XIX-tem stuleciu. I społeczne nam badanie nie postępuje inaczej. Konstatujemy naprzykład pewne fakty w t. zw. *Teorji Quantów*; musimy je stwierdzić i nie możemy w tej chwili posunąć się dalej; rzeczywistość narzuca tu zasady i założenia, które umysł ludzki przyjmuje pod przymusem i niejako niechętnie.

Jak inne podobne teorje, kinematyka molekularna jest piękną nauką, której uprawa może dać wiele zadowolenia. Ale granice jej zdolności są łatwo widoczne. Ogrom własności i zjawisk, które okazuje materja, nie ma wogóle kresu; co zrozumieliśmy w atomistyce kinematycznie, jest drobną wysepką na morzu bezbrzeżnem. Nie mogąc poprzestać na kinematycznej molekularnej teorji, pragniemy oddawna w nauce dopełnić ją teorją *dynamiczną*. Wszakże uczył już Laplace, że *droga, którą cząsteczka powietrza lub pary zatacza, jest równie oznaczona jak orbita planety; niema innej pomiędzy niemi różnicy nad tę, która z niedostateczności naszej wiedzy wynika*. Ażeby jednak wyznaczyć drogę cząsteczki, potrzeba, według zasad Dynamiki, znać prawo sił, wywieranych na cząsteczkę; dlatego też od kilkuset lat powtarzają się nieustanne próby odgadnięcia pełnych i ścisłych praw wzajemnego działania molekuł, atomów, elektronów lub jeszcze mniejszych jąder materji, próby racjonalnego, dedukcyjnego wybudowania, od podstaw, gmachu molekularnej dynamiki. Jak już wspominaliśmy, usiłowano długo oprzeć budowę, za przykładem dynamiki niebios, na pojęciu sił, przedewszystkiem centralnych; przez chwilę o tem myślano, czy bezbrzeżna przestrzeń nie jest może zajęta przez ocean płynu doskona-

łego, którego (ruchem wirowym dotknięte) dziedziny wydawałyby się nam odrębnymi, odosobnionymi częściami materji. Zapelniano później świat elektrycznemi i elektromagnetycznemi polami, które (według pewnej odmiany tej teorji) skupiają się w szczególnych, maleńkich zakresach, zwanych *elektronami*. Jesteśmy dziś świadkami prób jeszcze dalszych i śmielszych, hipotez napozór jeszcze mniej zrozumiałych, do których jeszcze wrócimy w tym szkicu.

W końcu XIX-go stulecia zapanowało w Atomistyce niejaki zniechęcenie; pojawili się myśliciele, którzy zaprzeczyli jej użyteczności. Roztrzęsając modły poznawania ludzkiego, Ernest Mach, Ostwald i inni filozofowie uznali Atomistykę za prostą zabawkę umysłu, której, jak wydawało się wówczas, błahą naiwność obnażyli wybornie. I gdy Atomistyka była podana we wzgardę, stało się, czego najmniej można się było spodziewać: oniemal ośmieszona doktryna strzeliła płomieniem i nowem światłem załała nowe obszary nauki. Nie obroniwszy się od ani jednego metodologicznego i krytycznego zarzutu, opanowała myśl pokolenia i od lat niemal trzydziestu prowadzi ją do nieoczekiwanych, zdumiewających zdobyczy.

Czy niedawne wydarzenie w dziejach nauki, które tu opowiedzieliśmy, nie zasługuje na baczną uwagę każdego umysłu? Wspaniałe duchowe zjawisko, które nazywamy *rozwojem nauki*, jest dziwnie kapryśne i dla nas samych niezrozumiałe. Hypotezy nie odgadują prawdy, lecz pomagają badaniu; prawdziwość domniemań jest obojętna, istotna jest tylko ich płodność. Nauka nie jest produktem ludzkich postanowień, zamiarów lub życzeń; rozwój nauki pozornie tylko wiąże się z chwilowo panującym poglądem lub prądem; rozwój nauki ma raczej cechy zjawiska naturalnego, rządzi się prawem własnej, wewnętrznej konieczności chwilowej. Istota tych praw nie

jest jeszcze znana; bieg rozwoju umiejętności ludzkich nie jest przez nikogo jeszcze rozumiany. Niechaj filozofowie będą obserwatorami; krytycy poznawania niech nam ów bieg wytłomaczą, objaśnią, niech jego prawa odkryją; lecz niech nie usiłują przepisywać mu drogi, niechaj nie sądzą, że człowiek jest prawodawcą nauki.

## V

Mawiamy pospolicie, że powietrze jest *izolatorem* elektrycznym. Już w r. 1785-ym domyślał się C o u l o m b, o czym dziś upewnieni jesteśmy: że powyższe twierdzenie jest tylko przybliżenie prawdziwe. Powietrze i inne gazy, czyste, suche, pozbawione pyłu i kurzu, przewodzą elektryczność, jakkolwiek w stopniu bardzo nieznacznym. To przewodnictwo nazwijmy *normalnem*.

Rozmaitemi sposobami można nadać każdemu (o ile wiadomo) gazowi przewodnictwo, nieporównanie znaczniejsze od wspomnianego normalnego elektrycznego przewodnictwa. Skoro to jest dokonane, mówimy, że gaz jest *zionizowany*; stan nienormalnie wysokiego przewodnictwa nazywamy *ionizacją*. Gazy ionizują się na przykład pod wpływem promieni Röntgena; ionizują się również, gdy są poddane działaniu promieni  $\gamma$  lub (mylnie tak zwanych) promieni  $\alpha$  i  $\beta$ , wysyłanych przez ciała promieniotwórcze. Ultrafioletowe promieniowanie, tak zwane promienie katodowe i inne pokrewne promienie energicznie ionizują gazy, przez które biegnąc, same szybko nikną i giną. Znajdując się w zetknięciu z rozżarzoną odłamkiem węgla, z rozżarzoną metalową blaszką, gazy ionizują się. Z sąsiedztwa płomienia lub łuku elektrycznego można wydobywać gazy, które okazują się zionizowane. Lista sposobów ionizowania ciał gazowych jest długa; nie będziemy jej wyczerpywali.

Gdy ionizujący czynnik przestaje działać, gaz zachod-



wywa wzmożone przewodnictwo, jednakże nie stale, lecz w stopniu coraz słabszym i słabszym; z biegiem czasu przewodnictwo maleje, aż w końcu znika zupełnie. Jeżeli gaz zionizowany poddamy, nie zwlekając, działaniu pola elektrycznego, możemy zeń wydobyć, podobnie jak z elektrolitu, pewne ilości dodatniej i ujemnej elektryczności, ilości w danych warunkach oznaczone i skończone, poza które posunąć się dalej nie możemy, chociażbyśmy uciekli się do pól najsilniejszych. Innymi również sposobami możemy odebrać własność przewodnictwa zionizowanemu gazowi; zmuszając go naprzykład do płynięcia przez watę szklaną lub przez bardzo wąską metalową rurkę. Zestawienie tych elementarnych spostrzeżeń wskazuje drogę, którą należy iść do teorii zjawisk ionizacji, którą istotnie nauka poszła za przewodem wielkiego badacza, Sir J. J. Thomsona z Cambridge. Skoro gaz zionizowany możemy pozbawić przewodnictwa, filtrując go przez szklane lub metalowe zapory, zatem nienormalne owo przewodnictwo musi wynikać z obecności w gazie jakowejś przymieszki, oczywiście obdarzonej po części dodatnim, po części ujemnym elektrycznym ładunkiem; pod kierującym wpływem pola elektrycznego, ładunki te biegną ku elektrodom. Skoro różnoimienne ładunki, natychmiast po zionizowaniu gazu, nie zobojetniają się ani się niszczą wzajemnie, przeto muszą być od siebie oddzielone przestrzennie, muszą być rozproszone w gazie jako małe elektryczne jednostki. Skoro, po wstrzymaniu zewnętrznego ionizującego działania, ładunki nieodrazu odszukują się z sobą, skoro spotykają i łączą się z biegiem czasu, stopniowo, zatem muszą poruszać się w przestrzeni indywidualnie, z prędkością skończoną, muszą błądzić wśród obojętnych molekuł jak cząsteczki dyfundującego obcego, bardzo rozrzedzonego gazu. Jednym słowem, w zionizowanym gazie ładunki elektryczne zachowują się podobnie jak zwykle, ma-

terjalne cząsteczki gazów; w zionizowanym gazie elektryczność okazuje atomistyczną budowę.

## VI

Rozważanie zjawisk ionizacji w gazach postawiło nas przed śmiałym przypuszczeniem: istnieje ładunek elementarny, najmniejszy możliwy; istnieje korpuskuł elektryczności, t. zw. *elektron*. Pojęcie elektronu nasuwało się w nauce oddawna. Prawo Faradaya, które jest zasadą Elektrochemji, ustanowiło oddawna ilościowy związek między materjalną masą a elektrycznym ładunkiem. Wyobraźmy sobie, że elektrolizujemy roztwory rozmaitych związków, zawierających naprzykład chlor, brom, potas, sól. Podczas elektrolizy pewne masy tych pierwiastków dopływają do elektrod i osiadają na nich. Przypuśćmy, że mierzymy te masy a także ilości elektryczności, które one ze sobą przynoszą. Przekonalibyśmy się wówczas, że przyniesione w rozmaitych roztworach ilości elektryczności wówczas są równe, gdy równe są liczby atomów materji, atomów chloru, bromu, potasu lub sodu, które przywędrowały do elektrod. Atomy wspomnianych pierwiastków mają zatem na sobie równe elektryczne ładunki. Taka jest prawda, dostrzeżona przez Faradaya w r. 1833-im; Helmholtz w r. 1881-ym wyprowadził z niej wniosek, że pojęcie elementarnego elektrycznego ładunku jest równie uprawnione jak pojęcie masy elementarnej, czyli materjalnego atomu.

Skierujmy teraz w inną stronę bieg naszego przelotnego przeglądu. Od roku 1859-go, dzięki badaniom Plücker'a, Hittorfa, Goldsteina, Varley'a, Crookes'a, Hertza, Lenarda i innych uczonych, znamy szczególne zjawiska, które obserwujemy, gdy elektryczność przepływa przez gazy bardzo rozrzedzone. Dostrzegamy wówczas, jak wiadomo, rodzaj emisji, która

wybiega z katody (zawsze prostopadle do jej powierzchni), rozchodzi się w kierunkach dróg prostych, jest energicznie pochłaniana przez gazy i ciecze, tembardziej zaś przez metale; emisja ta otrzymała mylną i niewłaściwą nazwę *katodowych promieni*. Znamy dzisiaj własności katodowej emisji, które ją odróżniają od promieniowania, które ją nawet przeciwstawiają właściwemu promieniowaniu. Wiemy, że katodowa emisja niesie ze sobą *ujemny elektryczny ładunek*; ładunek ten możemy wykazać dzięki działaniu, którego emisja doznaje w obcym polu elektrycznym lub magnetycznym. Wiemy, że pod wpływem obcego magnetycznego pola emisja odchyła się od pierwotnego prostego kierunku, w którym wybiega z katody; wiemy nadto, że, sama przez się, wytwarza w swoim sąsiedztwie, nawzajem, własne pole magnetyczne. Z tych spostrzeżeń wnosimy, że t. zw. promienie katodowe są w samej rzeczy strumieniami cząstek, naładowanych ujemnie, biegnących uporządkowaną gromadą, pod wpływem panującego w rurce pola elektrycznego, dzięki stosunkowej swobodzie, z której korzystają w gazie rozrzedzonym. Jaka jest natura tych cząstek? Sir J. J. Thomson nauczył, jak można zmierzyć ich elektryczny ładunek, ich masę, ich prędkość; doświadczenie zaś pokazało, że, według wszelkiego prawdopodobieństwa, własności te są niezależne od natury gazu, w którym badamy katodową emisję. Stąd zatem wynika, że cząstki, stanowiące emisję, nie są zwykłymi chemicznymi atomami materji; wiemy dziś niewątpliwie, że one są swobodnymi elektronami, odłączonymi od towarzyszy, wraz z którymi zwyczajnie tworzą normalne atomy materji. Mamy powody do przypuszczania, że ładunek swobodnego elektronu jest, co do wartości, taki sam jak ładunek ionu wodorowego w zjawiskach elektrolizy. Zasadzając się na tem (niemal nieodzownem) założeniu, dochodzimy do wniosku, że masa swobodnego,



niezbyt szybko poruszającego się elektronu jest około 1800 razy mniejsza aniżeli masa normalnego atomu wodoru. Istnieją zatem niewątpliwie masy jeszcze mniejsze niż masa atomu wodoru, najdrobniejsza, jak wiadomo, masa z pomiędzy wszystkich, z jakimi w ciągu całego XIX-go stulecia mieliśmy do czynienia w nauce. Ten wynik, który zawdzięczamy przeważnie pracy Sir J. J. Thomsona, pozostanie pierwszorzędnym momentem w dziejach naszego pojmowania materji. Chemiczny atom, tak niedawno jeszcze kres i granica fizycznego i chemicznego badania, jest dziś dla nas złożonym i zawilim światem, jest układem zmiennym, nieraz nie-trwałym, którego ustrój, koleje i żywot przenikamy coraz pewniej i coraz dokładniej.

*Elektronem* będziemy odtąd nazywali elementarny geometryczny układ elektrycznego ujemnego ładunku (np. punkt elektryczny, kulę lub elipsoidę o powierzchniowym lub objętościowym ładunku i t. p.); *ionem* jest atom chemiczny, lub chemiczna cząsteczka, jeżeli do niego (lub do niej) przyłączył się jeden elektron lub przyłączyło się kilka elektronów; albo też, gdy od niego (lub od niej) odłączył się jeden elektron lub odłączyło się kilka elektronów. W rozmaitych zjawiskach poznajemy zresztą takżeiony duże, gromadne, które zawierają znaczną liczbę atomów albo molekuł.

## VII

Zestawienie praw, rządzących zjawiskami elektrolizy, ionizacji gazów i t. zw. promieni katodowych, jest pouczające. W zwykłej elektrolizie iony poruszają się, nagłone przez siły elektryczne lecz jednocześnie powstrzymywane przez działania podobne do tarcia i tak dalece przemożne, że impet ionów bywa zwykle zupełnie znie-siony. Dlatego *nie* przyśpieszenia (jak w ruchu swobodnie

spadającego kamienia) ale prędkości ionów stosują się do czynnych sił; dlatego też przepływy są proporcjonalne do bodźców. W zwykłej elektrolizie obowiązują zatem klasyczne prawa Ohma i Joule'a; są to szczególne przypadki praw Fourirowskich, praw idealnych, spełnionych, gdy koercja, tłumiąc inercję, nadaje zjawisku charakter.

W przypadku ionizacji gazów koercja jest czynna w rozmaity sposób. Jeżeli swobodny elektron (lub dodatnie jądro) zjawia się w tłumnym ośrodku, jakim jest naprzykład gaz o gęstości atmosferycznego powietrza, zostaje niebawem obstępiony przez materialne cząsteczki; tworzą się gromadki duże, mało ruchliwe; ich liczba jest zwykle nieznaczna w stosunku do liczby normalnych cząsteczek. Od czasu do czasu dwie grupy spotykają się i nieraz się kruszą; ich elektrony i dodatnie atomowe jądra zobojeńniają się, satelity zaś powracają do roli obojętnych cząsteczek. Tak dzieje się, dopóki pole elektryczne jest słabe; prawo Ohma jest wówczas w pierwszym przybliżeniu spełnione. Gdy pole jest znaczne, rola koercji jest coraz bardziej podrzędna, prawo Ohma przestaje wówczas, nawet w przybliżeniu, być ważne.

W zjawisku katodowych promieni nie dostrzegamy już wcale spółzawodnictwa inercji z koercją, której świadkami jesteśmy w ionizacji gazów. Prędkości ruchu są tu niezmierne; co więcej, są *uporządkowane*. Niema tu molekularnego nieładu, niema chaosu tłumy, charakterystycznego w materialnych zjawiskach; dlatego też niema koercji. O charakterze zjawiska rozstrzyga inercja, tak dalece, że najprostsza postać zasady energii, tak zwane *prawo sił żywych* klasycznej Dynamiki, stosuje się w niejakiem przybliżeniu do prawdy.

Inny przykład działalności elektronów swobodnych, działalności opanowanej przez doskonałą koercję, upatrywano oddawna w elektrycznem i cieplnem przewo-

dnictwie ciał metalicznych. Można przypuszczać, że metale i inne ciała, które jak one przewodzą, zawierają rzesze elektronów swobodnych, ujemnych, biegnących zapewne bez innej przeszkody jak ta, która im ze spotkań z atomami metalu wyrasta. Elektrony swobodne w łonie metalu wytwarzają się prawdopodobnie przez auto-ionizację jego atomów; wiemy rzeczywiście skądinąd, że do takiej auto-ionizacji skore są zwłaszcza atomy pierwiastków, które są dobrymi elektrycznymi przewodnikami. Pod wpływem obcego elektrycznego pola elektrony muszą płynąć mniej więcej uporządkowanym strumieniem; tym sposobem przewodzą prąd elektryczny. Odstępując atomom metalu energję, której w polu wciąż poczynają nabywać, zamieniają elektryczną energję w t. zw. ciepło Joule'a. Roznosząc ciepłą energję, elektrony sprawiają ciepłe przewodnictwo metalu; łatwo zrozumieć, że pewien związek zatem istnieje pomiędzy przewodnictwem ciepłym i elektrycznym. Szybko mknąc w łonie metalu, elektrony muszą niekiedy wybiegać i poza jego zewnętrzną powierzchnię; lecz ponieważ takiej dezercji sprzeciwiają się siły elektryczne, przeto ucieczka staje się tłumna dopiero w temperaturach wysokich, w których bieg elektronów poczyną być bardzo rączy a pęd ich niepowstrzymany; i to oczekiwanie zgadza się rzeczywiście z dostrzeganymi zjawiskami. Jak zatem widzimy, t. zw. elektronowa teoria przewodnictwa metali, stworzona pierwotnie przez Rieckiego, Drudego, H. A. Lorentza, J. J. Thomsona, wielokrotnie później przekształcana, poprawiana i przebudowywana, tłumaczy zadawalniająco pewną liczbę faktów; w swym dalszym rozwoju natrafia ona jednak na wielkie trudności, z których najpoważniejsze wynikają, być może, z nowych i zadziwiających odkryć holenderskiego fizyka Kamerlingh Onnesa. Jak wykazał ten znakomity badacz lejdejski, elektryczne przewodnictwo metali wzmagą



się nagle, w niebywały sposób, w bardzo niskich temperaturach; do elektrycznego przewodnictwa metali przyczynia się zatem jakiś (może *quantowej* natury) mechanizm, który przeoczyliśmy w elektronowej teorii zjawiska.

## VIII

Wyobraźmy sobie elektron, poruszający się w polu elektromagnetycznym, wśród doskonałej próżni. Elektron wywiera wpływ na pole, zmienia je ruchem, wytwarza w niem pewną ilość elektromagnetycznej energii; elektron musi więc tracić wytworzoną w polu ilość energii, musi ją ronić z własnej energii. Wszystko dzieje się tak, jak gdyby elektron w ruchu przez pole doznawał pewnego *oporu*, jak gdyby okazywał *bezwładność*, jak gdyby obdarzony był *masą*. Elektromagnetyczny ten opór nie jest podobny do pospolitego oporu lub tarcia, którego doznajemy, poruszając ciało stałe w bardzo lepkiej cieczy; w cieczy lepkiej, istotnie, energia kinetyczna zamienia się nieodwracalnie w ciepło, tymczasem w doskonałej próżni energia elektromagnetyczna w ciepło nie może się przeobrażać. Wsteczne działanie elektromagnetycznego pola na poruszający się w jego obrębie elektron jest raczej (do pewnego stopnia) podobne do idealnego oporu, który rozważamy w oderwanej Hydrodynamice, wyobrażając sobie ruch ciała sztywnego w t. zw. *płynie doskonałym*. Chociażby ciało sztywne było wręcz pozbawione rzeczywistej masy własnej, zachowywałoby się wówczas, jak gdyby miało masę pozorną, zależną (gdy ruch jest prostoliniowy i jednostajny) od masy płynu, którego miejsce jest (przez ciało) zajęte. Elektron posiada, podobnie, masę pozorną, wynikającą z elektromagnetycznego, zwrotnego oddziaływania nań pola. Takie jest elektromagnetyczne wytłumaczenie bezwładności,

podane po raz pierwszy w r. 1881-ym, w młodzieńczej rozprawce Sir J. J. Thomsona.

Otwiera ono odrazu daleki widnokrąg. Skoro masa elektronu jest pozorna, czy nie można przypuścić, iż wszelka wogóle masa, masa ciał podpadających pod zmysły, jest również pozorna? Klasyczna dynamika ciał materjalnych, bezwładnych i ważkich, dynamika Galileusza, Newtona, Lagrange'a, owa dumna nauka, wspaniale wypróbowana przez dwa wieki nieustannego tryumfu, nie jest-że ona tylko szczególnym, bardzo szczerpłym przypadkiem <sup>1)</sup> elektromagnetycznej dynamiki elektronów? Podstawą tej elektromagnetycznej dynamiki są równania Maxwella. Równania Maxwella wyrażają prawo fundamentalnej zmienności, może nawet jedynej zmien-

---

<sup>1)</sup> Dynamika elektronów jest zawilsza niż zwykła, klasyczna Dynamika. W klasycznej Dynamice masa poruszającego się niezmiennego ciała jest jego cechą *stałą*. W elektromagnetycznej dynamice elektronu masa jest ilością *zmienną*, zależną od stosunku jego prędkości do prędkości rozchodzenia się światła w doskonałej próżni; jedynie wówczas, gdy ów stosunek jest mały w porównaniu do jedności, mamy do czynienia z masą t. zw. *spoczynkową*, pojęciem granicznym, które jest w pewnej mierze podobne do klasycznego pojęcia masy pospolitej. Rozumiemy teraz, dlaczego, mówiąc o masie elektronów stanowiących katodową emisję, zastrzeżliśmy, że elektrony te mają poruszać się niezbyt szybko. W katodowej emisji mogą przytrafiać się rzeczywiście elektrony niezbyt szybko biegnące. Prędkość ruchu tych elektronów, zależna od ciśnienia gazu i od panującego elektrycznego pola, waha się w granicach od jednej trzydziestej do do jednej trzeciej części prędkości światła w próżni. Gdy prędkość elektronu jest 30 razy mniejsza od prędkości światła w próżni, pozorna masa elektronu ma się do jego spoczynkowej masy jak 1'0005 do 1'0000; stosunek ten wzrasta do 1'06 : 1'00, gdy prędkość elektronu dochodzi do jednej trzeciej części prędkości światła w próżni. Znamy cząstki (t. zw. cząstki  $\beta$ , wysyłane przez ciała promieniotwórcze), których prędkość wynosi około 99% prędkości światła w próżni; pozorna masa takiej cząstki jest 13 razy większa niż spoczynkowa.

ności, która w nieskończonej, doskonałej próżni może dochodzić do skutku; czy one nie wypowiedają jednej z najdalszych prawd, jakie potrafiliśmy poznać w splocie otaczających nas zjawisk? Wyobraźmy sobie w próżni miejsca szczególne, w których pole jest wyjątkowo skupione; z takich punktów czy małych zakresów, z elektronów, w wyobraźni zbudujmy atomy, jony, molekuly, kompleksy drobnych i grubych cząsteczek i cząstek, krople cieczy, strumienie gazów, wielkie masy roztworów, zawieszin, kryształów i brył, góry i morza, planety i słońca, mgławice i światy; czy taki jest obraz materialnej rzeczywistości, który roztacza przed nami nauka? Praca umysłowa ludzkości jest niezmęczona, usilna; wewnętrzne przeobrażenia naszej umiejętności są niepowstrzymane. Przed trzydziestu, nawet jeszcze przed dwudziestu laty, w myślach pokolenia znakomitych badaczy rysował się świat korpuskularny, który w dzisiejszej fizyce wydaje się niedostosowany do faktów, niepożyteczny; Fitzgeralda, Larmora, Lorentza, Abrahama, Liénarda świat elektronów już nas dziś nie zaciękawia. Wiemy obecnie, że chemiczny atom, prócz elektronów, zawiera coś odmiennego, czego z elektronów niepodobna jest złożyć; z samych więc elektronów *nie* potrafimy zbudować świata materji. Wiemy, że chemiczny atom jest zmiennym, często nawet nietrwałym układem. Wyobrażamy sobie dzisiaj, że od czasu do czasu atom wzdryga się, wstrząsa; z temi spazmami promieniowanie atomu ma łączyć się ściśle. Ale z równaniami Maxwella trudno pogodzić nagle wewnętrzne przewroty w atomie; jeszcze trudniej zrozumieć, dlaczego atom nie promieniuje w czasie spokoju, w odstępach upływających między katastrofami. Chwieje się więc zaufanie nasze dotychczasowe do całkowitej i ogólnej ścisłości równań Maxwella. Chwieje się nawet cały obraz świata, przekazany nam przez tyle stuleci. Widok



rozciągłości przestrzennej, utrwalony logicznie w geometrii Euklidesowej, nie wydaje się dziś ani konieczny, ani nawet najstosowniejszy, najprostszy; przekonywamy się w Fizyce, że on jest zbyt ciasny, że tkwią w nim założenia dowolne, które prowadzą nas w końcu do sztucznych i zbytecznych trudności. Dotychczas widzieliśmy w świecie bezwzględną próżnię, niezależnie *per se* istniejącą; w tej próżni umieszczaliśmy materję, do takiej próżni wnosiliśmy materję, obcy jej utwór, uposażony w bezwładność, w ciężenie, więc w nowe, geometrycznie niezrozumiałe własności. Dziś postępujemy przeciwnie; wyprowadzamy materję, ważką i oporną materję wydobywamy z pewnej geometrycznej lub hypergeometrycznej konstrukcji. W niedostępnem podłożu zjawisk próbujemy zawrzeć przestrzeń codzienną, pozorną i czas pospolity; ukrywamy w niej grawitację Newtona, przez dwieście lat niepojętą oraz nieodłączną od grawitacji bezwładność, istotnie z nią identyczną. W utkaniu zaświata upatrujemy treść właściwą materji, która wydaje się wówczas jego objawem, wynikiem, następstwem; odnajdujemy w niej siłę, która staje się tylko prostem ludzkim złudzeniem. Cała ta domniemana podbudowa Natury jest fantastyczna i niesamowita, ale nie może być inna; wszak przestępując próg nowej, geometrycznej mechaniki, uznajemy tem samem, że codzienne doświadczenie zmysłowe odgradza nas rozpaczliwie od prawdy, że zamyka nas między ściany uprzedzeń i błędów, że nas w mgłę nieporozumień spowija. Genjalna fantasmagorja Alberta Einsteina, nieszczęśliwie zwana nauką relatywizmu, niepokoi nas raczej swą wyłącznością, kamiennym spokojem, w który chce bujny świat wtłoczyć, martwą prostotą, którą pragnie niezmiernemu bogactwu wydarzeń narzucić. W obliczu tej nowej nauki nie czujemy się dziś zadowoleni elektromagnetycznem wytlumaczeniem bezwładności ciał

ważkich; takie tłumaczenie nie wydaje się już dzisiaj pojętne, ani nawet potrzebne, skoro w teorii Einsteina bezwładność jest geometrycznie zrozumiała, o wiele łatwiej zrozumiała niż pole elektromagnetyczne. Potrzeba nam dzisiaj, ażeby pole elektromagnetyczne, ażeby trwałość elektronów wynikały logicznie z tejej prageometrii, w której tyle dziedzin fizycznego poznania znalazło jednolity swój obraz. Tak wąż się, tak chwieją się nasze myśli, nasze naukowe dążności. Następcy nasi rozwiążą zadania, które są dla nas za trudne; może też niejedno z pomiędzy społecznych naszych zagadnień z uśmiechem odsuną, odrzucą. Ale wiedza, przez nas dziś nieprzeczuwana, będzie dla nich źródłem nowych bez końca zagadnień. Jak dla Bacona, jak dla nas, i dla nich zapewne będzie *Aedificium huius Universi instar Labyrinthi*.

## IX

Wiadomo, że gazy niezbyt zgęszczone, gdy je (na przykład elektrycznie) zmuszamy do świecenia, wysyłają promieniowanie ograniczone zazwyczaj do pewnych bardzo ciasnych widmowych zakresów, zatem całkiem odmienne od t. zw. ciągłego promieniowania na przykład ciał stałych. Powiadamy zatem, że świecący gaz daje początek *linjowemu* widmu emisyjnemu. Miejsce ostrych prążków czyli *linij* w widmie nie jest całkowicie niezmiennie; jak Humphreys i Mohler okazali w r. 1897-ym, linje przesuwają się nieznacznie, ku czerwonemu końcowi widma, gdy świecący gaz poddajemy działaniu wysokiego ciśnienia. Z odkryć Zeemana (1896) i Starka (1913) wiemy również, że linje widmowe rozkładają i przeistaczają się zupełnie pod wpływem wytworzonego w gazie, magnetycznego lub elektrycznego pola. W oznaczonych jednak warunkach,

długość fali oraz wewnętrzna budowa danej linii widmowej jest określona, jest niezmienna; na tej okoliczności polega właśnie zasada t. zw. *spektralnej analizy*. Możemy wprowadzić zmieniać natężenie linii widmowej, pobudzając gaz do świecenia rozmaitem zewnętrznem działaniem lub poddając go wpływowi różnych temperatur; ale położenie linii w widmie nie zmienia się wówczas.

Mogłoby wydawać się na pierwszy rzut oka, że w faktach, które tu przytoczyliśmy, niema nic wyjątkowego; w danych warunkach gaz okazuje zawsze te same i wszystkie te same własności<sup>1)</sup>; jeśli naprzykład gaz ma określoną gęstość i określoną temperaturę, wywiera zawsze to samo ciśnienie. Ciśnienie gazu jest tłumną, jest statystyczną własnością; wynika ono z olbrzymiej liczby niezależnych przebiegów; w tej olbrzymiej liczbie gubią się przypadkowe kaprysy zapędów lub słoczeń molekularnych. Statystycznym objawem jest również natężenie linii widmowej; ale długość fali albo częstość drgania, odpowiadająca miejscu pewnej linii w widmie, nie jest<sup>2)</sup> tłumnym zjawiskiem, nie może być przeciętnym wypadkiem mnóstwa bezładnie rozsypanych okresów. Długość fali lub częstość drgania, charakteryzująca daną linię widmową, jest widocznie piętnem pewnych mechanizmów, bardzo przybliżenie lub ściśle identycznych

---

<sup>1)</sup> Twierdzenie, które *a priori* bynajmniej nie jest oczywiste; nie stosowałoby się ono naprzykład do (pospolicie tak zwanych) ciał stałych.

<sup>2)</sup> Linje widmowe nie są nigdy bezwzględnie ostre, nieskończenie cienkie; mają raczej pewną (praktyczną) szerokość, pewną wewnętrzną strukturę. Ustrój wewnętrzny linii może być zatem statystycznym zjawiskiem, ale długość fali lub częstość drgań, wyrażająca widmowe położenie linii jako całości (np. położenie jej środka) nie może być przeciętnym wynikiem przypadkowego na oślep dodawania się zjawisk.



ze sobą, bardzo mało wrażliwych lub wcale niewrażliwych na działania zewnętrzne, mechanizmów, które wciąż powracają uparcie do typów funkcjonowania niezmiennych, istotnych, tym układom właściwych. Na promieniowanie linii spektralnej składają się mnogie rzesze atomistycznych wydarzeń; ale jedna jej własność, jej okresowość, rzetelna czy też pozorna, jest wynikiem nie chaosu lecz zgody.

Wsluchując się zatem w brzmienie materji, chwytny tu dźwięki, które nie są bynajmniej wrzawą rozkrzyczanej hałastry; świadczą raczej o śpiewnym rytmie wybornie zestrojonego chóru atomów. Nauka Chemji pozwala nam oddawna podsłuchiwać podobne odgłosy; prawa tworzenia się związków chemicznych według stałych (bądź prostych, bądź wielokrotnych) stosunków mas, prawa wartościowości chemicznej, prawa elektrolizy nie mogą wynikać z przypadkowego nagromadzenia się dowolnych elementarnych wydarzeń. Do podobnego wniosku prowadzą nas zjawiska promieniotwórcze; są to wybitnie *zgodne* atomistyczne procesy; choć niektóre ich widoki i strony mogą mieć statystyczny charakter, istota tych zjawisk jest niestatystyczna. Fizykom drugiej części XIX-go stulecia zawdzięczamy (jak o tem mówiliśmy) wielkie teorie, które wytłumaczyły tłumne własności zbiorowisk i zbiegowisk molekuł. O budowie materji Clausius, Maxwell, Boltzmann, van der Waals, Gibbs, Smoluchowski myśleli statystycznie; lecz J. J. Thomson, Rutherford, Sommerfeld, Niels Bohr roztrząsają ją z innego, z indywidualnie - atomistycznego stanowiska. Jak zbudowany jest atom chemiczny? jest to zagadnienie, które leżało przez szereg lat poza granicami molekularnej teorii gazowego stanu materji. Rozwiązanie tego zagadnienia jest niemal obojętne dla teorii ciśnienia gazów, dla teorii ich lepkości, ich przewodnictwa cieplnego, ich dyfuzji;

rozstrzyga ono natomiast o teorii linii widmowych, o teorii zjawisk promieniotwórczości.

## X

Musimy zrozumieć, musimy przyswoić naszym myślom zjawisko linii widmowych; jak to mamy uczynić? Jeżeli w normalnym atomie zawierają się elektrony, zatem, wstrząśnięte, muszą drgać dokoła stałych położeń (w których trzymane są na uwiesi) lub może dokoła orbit, po których krążą (podobne planetom naszego słonecznego układu). Takie drgania elektronów wytwarzałyby fale elektromagnetyczne w otaczającej, elektromagnetycznie wrażliwej próżni; czy linje widmowe są może widomym objawem tych fal? Ale widma linjowe bywają nadzwyczajnie zawile; istnieją niektóre, złożone z tysięcy odrębnych linii; niełatwo byłoby nam wytłomaczyć choćby tylko ową zawilść, upatrując w drganiach elektronów istotę zjawiska. Dziś zarzucono zupełnie drogę, która, przynajmniej w zajmującym tu nas zagadnieniu, okazała się bezowocną.

Zwróćmy się do rzeczywistości, do faktów. Na pierwszy rzut oka wydaje się, iż linje w widmach linjowych są rozsypane zgoła bezładnie. Ale już w r. 1885-ym zauważył J. J. Balmer, że pomiędzy długościami fali lub częstościami drgań znanych linii  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ , . . . . wodoru istnieje prosty związek liczbowy. Dzisiaj mówimy, że linje objęte takim związkiem (albo podobnym) układają się w widmowy szereg, że tworzą t. zw. serję widmową; linje  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ , . . . . . w widmie wodoru stanowią więc szereg, t. zw. serję Balmera. Posuwając się w widmie wodoru od końca czerwonego ku fioletowemu, spostrzegamy, że linje serji Balmera leżą z początku dość daleko od siebie, stopniowo jednak przypadają coraz gęściej, aż wreszcie gromadzą się ciżbą w pobliżu

pewnego kresu, położonego w ultrafiolecie, którego przekroczyć nie mogą. Szereg linii Balmera jest jedną z prostszych seryj widmowych; znamy dziś wiele podobnych, chociaż przeważnie znacznie zawilszych. Uogólnione, pogłębione, wysubtelnione, spostrzeżenie Balmera doprowadziło dziś naukę do poznania prawdy rozległej i bardzo doniosłej. Wydzielając niektóre linje z niepomiernej ich gęstwy, kojarząc je mocą upatrzonemu w nich związku, Balmer stał się niejako Kepplerem mechaniki wnętrza chemicznego atomu. Skromny nauczyciel szkolny w Bazylei nie przypuszczał zapewne, że na właściwy ślad przezeń poprowadzeni następcy wedrą się myślą w niedostępne zagadnienie materji, daleko poza horyzont Fizyki jemu spółczesnej, daleko poza granice Chemji, jak je do ostatnich lat rozumiano. Badając wędrówki księżyców i planet po sklepieniu niebieskiem, dochodzimy do wniosku, że ruch ten rządzi się ściśle prawami, których nauczył nas Newton. Na mocy spektroskopowych pomiarów, których precyzja jest nieporównana, przekonujemy się, w jeszcze wyższym stopniu przybliżenia do prawdy, że zdołaliśmy przeniknąć charakter wstrząśnień i zmian, odbywających się w głębi chemicznego atomu. Istotnie, wyniki widmowych spostrzeżeń zgadzają się nad podziw dokładnie z oczekiwaniem najnowszego rozdziału nauki o budowie materji, spółczesnej teorii atomu. Jak wydarza się dzisiaj niejednokrotnie, teoria ta jest dziełem zbiorowem. Pierwszą podstawę dał jej Sir Ernest Rutherford w r. 1911-ym; rozważając zjawiska rozpraszania cząstek  $\alpha$  przez ciała materialne, wielki ten badacz odgadł plan urządzenia atomu w ogólnym zarysie; ale właściwym twórcą nowej nauki jest duński uczoney Niels Bohr w Kopenhadze, którego wyteżona, od r. 1913-go nieprzerwana działalność odśłoniła nam (przy udziale A. Sommerfelda i innych uczonych)



nieznane dotychczas zjawiska dziejące się w ukryciu atomu i zjawiskom tym, za ledwie odgadniętym, przepisała ich prawa.

## XI

Wyobraźmy sobie jądro drobne, maleńkie ale nadzwyczajnie masywne; przypuśćmy, że ono jest obdarzone ładunkiem elektrycznym dodatnim. Wyobraźmy sobie, że dokoła takiego jądra krąży (jak w atomie wodoru) jeden elektron ujemny, lub (jak w innych atomach) pewna, być może znaczna liczba elektronów ujemnych<sup>1)</sup>. Wszystkie elektrony ujemne są identyczne; każdy jest obdarzony elementarną ilością  $e$  ujemnego ładunku. Jeżeli  $n$  jest liczbą elektronów w atomie,  $ne$  jest łączną sumą ich elektrycznego (ujemnego) ładunku. W obojętnym atomie jądro musi mieć ten sam (dodatni) ładunek  $ne$ . Liczba  $n$  elektronów, czyli krążących dokoła jądra satellitów, jest więc równa liczbie elementarnych jednostek  $e$  zawartych w ładunku jądra. Ta liczba  $n$  (jak zrozumieli Rutherford, Moseley i inni badacze) jest dominującą cechą chemicznego pierwiastka; gra ona pierwszorzędną rolę w t. zw. *perjodycznym* (lub *naturalnym*) układzie pierwiastków, którego pierwszą myśl

---

<sup>1)</sup> Jak powiedzieliśmy, przypuszczamy, że rozmiary jądra są znacznie mniejsze niż rozmiary elektronu; lecz że masa jądra jest o wiele większa niż masa elektronu. Dla przykładu (nie przywiązując zresztą do niego żadnej wagi) przypuśćmy, że w atomie wodoru jądro i elektron ma postać kulistą; że ładunek jądra i elektronu jest jednostajnie rozlany na kulistej powierzchni; że masa jądra i elektronu jest elektromagnetyczna. Masa każdej kuli jest wówczas odwrotnie proporcjonalna do jej średnicy. Jądro atomu wodoru ma 1800 razy większą masę, zatem 1800 razy mniejszą średnicę, zatem 5832000000 razy mniejszą objętość aniżeli elektron.

w niedoskonałej postaci powziął przed przeszło pół wiekiem Dymitry Mendelejew. Wiemy dziś, że porządkowa liczba pierwiastka w periodycznym układzie jest identyczna z liczbą  $n$ , wyrażającą w jednostce  $e$  ładunek jądra, a zatem jest równa liczbie elektronów zawartych w atomie; przez taką wiadomość układ periodyczny pierwiastków stał się nagle prosty i jasny.

Luźny, otwarty układ, złożony ze środkowego jądra i elektronów, oto model atomu, który z Rutherfordem i Bohrem wybieramy za punkt wyjścia teorii. Napozór ten atom jest podobny do naszego słonecznego układu: jądro jest jego słońcem, elektrony są w nim planetami. Ale model atomu, naśladowujący ów wielki mechanizm, jak on poddany prawom Dynamiki i ożywiony Newtonowskim ciężeniem, nie tłumaczyłby zjawisk widmowych. Ziemia krąży dokoła słońca ruchem powtarzającym się niemal ściśle; ale ta prawie dokładna okresowość wynika z odosobnienia słonecznego układu z jego odsunięcia od pozostałych brył świata. W atomie okresowość jest inna i musi mieć źródło odmienne; jak to już podnosiliśmy, okresowość ta, powszechna, nieciągła, jest dana z nieugiętą, bezwzględną precyzją; fakt to fundamentalny, który już Maxwella przejmował zdumieniem. Bohr szuka dłań wytłumaczenia i wszystko za tem przemawia, że islotnie je znalazł w wielkiej tej prawdzie, wiadomej lecz jeszcze źle rozumianej, która w tak zwanej *teorii quantów* znajduje swój wyraz.

Wyobraźmy sobie jeszcze raz atom wodoru: ujemnie naładowany elektron krąży w nim dokoła dodatnio naładowanego, masywnego jądra. Siła działająca pomiędzy elektronem a jądrem, według dzisiejszej elektromagnetycznej teorii, jest bardzo zawiła. Według tej teorii, ruch nie może być trwały; elektron krążący musi oddawać energię, atom musi promieniować. Do takich wniosków dochodzimy na zasadzie obowiązującej teorii; tem gorzej

dla niej, odpowiada nam Bohr; obiegowy ruch elektronu *jest trwały*, świadczą o tem widma; taki ruch trwały *musi odbywać się bez promieniowania*. Możnaby mniemać, że powinniśmy zatem odrzucić klasyczną teorię Maxwella; Bohr ją raczej ogranicza, zacieśnia, odkształca; dodając jej nowe, *quantowe* warunki, zmusza ją do wydania wyników, które jej istocie są obce. Ażeby to jasno zrozumieć, przypomnijmy sobie, że, według praw Dynamiki, ruch brył materialnych może zmieniać się (i zmienia się rzeczywiście) w sposób *ciągły*. Gdyby z nieskończonej oddali spadł na ziemię kamień lub inny okruch kosmiczny, wytraciłby ją leciutko z poprzedniego trybu jej ruchu, zmusiłby ją do nowego, ale zaledwie odmiennego obiegu. W atomie, podług Bohra, niema tej swobody, niema takiej luźnej swawoli. Elektron *nie ma do wyboru nieskończonej, ciągłej* różnorodności orbit; może biec po kilku, kilkunastu lub kilkudziesięciu torach, z których każdy jest upatrzony, wybrany, ściśle przepisany. Te uprzywilejowane sposoby obiegu, które elektronowi są dozwolone, są *trwałe*; innemi słowy, są wolne od jakiegobądź straty energii, są wyjątkowo wyjęte z pod władzy równań Maxwella, są *bezpromieniste*; wszelkie inne tory lub ruchy są gwałtownie nietrwałe, łączą się z nagłym wyskokiem (lub uskokiem) promieniowania. Jeśli elektron uwolnił się od przymusu, który trzymał go dotychczas na pewnej dozwolonej orbicie, tedy, po bardzo krótkim okresie wolności, popada w nową niewolę, stacza się w kolej innej, znowu wyjątkowej, trwałej i bezpromienistej orbity; przez przelotną zaś chwilę swobody wybuchowo wyrzuca lub wybuchowo wsysa *różnicę* energii czyli nadmiar albo niedomiar, który na drugiej orbicie w porównaniu do pierwszej posiada. Ta różnica energii *nie jest dowolna*; jest określona przez *quanta*, przez prostą lub wielokrotną zawartość Plancka jednostki energii; właśnie dlatego dozwolone orbity



nie tworzą pasma ciągłego, są rozsiane sposobem nieciągłym, leżą w odstępach skończonych. Kiedyż skaczący z orbity na orbitę elektron wysyła, kiedy zaś pochłania promienistą energję? Gdy z obszerniejszej, dalszej od jądra orbity elektron przebiega do orbity ciaśniejszej, bliżej jądro opasującej, oddaje wówczas niepotrzebny nadmiar energii, która, przeobrażona, biegnie w dal oddając jako promienista energja. Gdy zaś, przeciwnie, z bliższej jądra orbity elektron przerzuca się nagle na tor bardziej rozległy, bardziej oddalony od środkowego jądra, pochłania brakujący, nieodzowny mu niedostatek energii; pochłonięta ilość energii biegła dotychczas w próżni jako promienista energja. Częstość drgań lub długość fali wysłanego lub pobranego promieniowania jest *quantowo* związana z różnicą energii, która została oddana lub wzięta; dlaczego? jakim sposobem? nie wiemy. Każdy zatem skok elektronu z trwałej na trwalszą orbitę, każdy kurcz konwulsyjny atomu wytwarza dokoła elektromagnetyczne zaburzenie, które, dodane do miliardów identycznych zaburzeń, dostrzegamy w spektroskopie jako ostrą linię widmową. Patrząc na widmo, jesteśmy świadkami, jak atom marszczy się, wzdryga; jak, po okresie głuchego milczenia, wybucha nagle potokiem energii; jak, spadając z poziomu do poziomu bytu, przebiega szczeble jakowejś ewolucji, jeszcze nam niezrozumiałej; jak martwa napozór materja, wstrząsana dreszczem zmienności, przeistacza się, żyje.

Znamy prawa tych przemian w atomie; odgadliśmy ich matematyczny wyraz, ich wzory, równania, ich związki. Wiemy, że prawo linii, że prawidłowość seryj widmowych jest prostem, bezpośredniem następstwem tych związków. Ale ukrytej natury zjawisk nie zrozumieliśmy. Uchwyciliśmy nici połączeń; nie wiemy jednak, ani skąd ani dokąd prowadzą. Ponieśliśmy bolesne umysłowe ofiary; zgodziliśmy się na założenia, które w poprzednim

materia  
ręka  
długość fali  
(przebieg)

- proporcjonalne - (1/λ) - przesłane  
- 2010 - przesłane

akcie dramatu nauki bylibyśmy uznali za wręcz niemożliwe; od hipotez szliśmy ku nowym hipotezom, brnąc przez niepojmowanie. Odnaleźliśmy wprawdzie zarysy rzeczywistości; za przewodem Bohra odnajdujemy dziś coraz dalsze, w zadziwiającem bogactwie i w wykończeniu, o którym, w szkicu ulotnym, nie możemy uczynić nawet wzmianki; a jednak z areny walki wychodzimy w poczuciu Pyrrhusowego zwycięstwa. Czujemy, że teoria budowy, lub może raczej czynności i ewolucji atomu dociera głębiej od innych, że odsłania wielkie, kto wie jak dalekie widnokęgi w zagadnieniu materji; ale w jej przędzy zbyt wiele jest luźnych, niewiadomo czy spójnych włókienek; jak w innych spólczesnych teoriach, doznajemy wrażenia, że robota jest spieszna, że konstrukcja wkrótce przebudowana zostanie.

Lecz nasze naukowe modele, wizerunki, obrazy i schematy świata, nie sąż one zabawkami dziecka, które z kartonu wycina żołnierzy i konie? Rysowanie tych wzorów nie jest-że próbą zaczerpnięcia oceanu rzeczywistości korytem konkretnego ludzkiego myślenia? W umysłowe nasze koncepcje wtłaczamy własną wiedzę pod pozorem hipotez, w postaci założeń; gromadzimy je niekiedy na oślep, nie bacząc, czy zgadzają i zrastają się z sobą; jak prestidigitator, ze szkatułki teorii wydobywamy nareszcie pasma dostrzeżeń i szeregi faktów. Lecz one mają na sobie wryte piętno empirycznego swego pochodzenia; zmieściłyby się może i w odmiennej kształtem i ozdobą szkatułce. Dokonane dzieło zręczności dowodzi tylko naszej wprawy, naszego dowcipu; nie znaleźliśmy prawdy, odnaleźliśmy tylko owoc naszych własnych doświadczeń.

Do czego przyzwyczaiła się myśl ludzka, staje się wkrótce zrozumiałe i proste; na gruncie tego, co znamy, opieramy wiotkie rusztowanie przypuszczeń, po których wspinamy się, ażeby dosięgnąć, co unosi się ponad wiedzą, mgliste i dziwne. Często cała budowla odwraca się

nagle: wiadome i jasne staje się naraz zagadką, rusztowanie ustawiamy nawspak, dawny cel wydaje się dogodną podstawą. A tymczasem tajemnica istnienia pozostaje na uboczu, niedostępna, niewiadoma, nietknięta.

Nie obawiamy się zniechęcenia. Po tysiąc razy rozpaczliwie uderza myśl ludzka o zamykające ją ściany; lecz wiecznie jest świeża i młoda i do lotu się zrywa; czuje, że w niekończącej się walce odnosi mozolnie, krwawo zdobywa jakieś niedościgłe, niepochwytne zwycięstwo.

---



## V. ŚWIAT WIDZIANY OD STRONY ELEKTRYCZNEJ.

Przypomnijmy sobie lata nauki szkolnej; przypomnijmy sobie, w jakim przypadkowym nagromadzeniu historyczny rozwój przekazał nam (i ówczesnej szkole, niestety) rozległy obszar badania ludzkiego, zwany nauką o elektryczności i magnetyzmie. Uczyliśmy się po kolei: o maszynie Ramsdena, o butelkach lejdejskich, o ławcu Franklina i o żabie Galvani'ego, o licznej rodzinie ogniów *mokrych* i o jednym *stosie suchym*. Podziwialiśmy żarzenie się platynowego drucika, rozkładem wody zakwaszonej byliśmy zaciekawieni; ale pragnęliśmy, może niejasno, cokolwiekbądź z tego wszystkiego *zrozumieć*. Oczekiwaliśmy, zapewne nawpół świadomie, hasła, formuły magicznej, która dopomogłaby nam *myśleć* o dziwnym tym świecie, w którym błędziliśmy poomacku. To hasło nie pojawiało się; z kolei następowała — galwanoplastyka. Dowiadywaliśmy się, że można elektrycznie srebrzyć i złocić; dowiadywaliśmy się mnóstwa wiadomości. Poznawaliśmy magnesy w kształcie podków i inne, w kształcie igieł; czytaliśmy o galwanometrach oraz o nieuchronnym mostku Wheatstone'a. Sypały się na nas doświadczenia, przyrządy, odkrycia i wynalazki coraz mniej zrozumiałe; solenoidy i dzwonek elektryczny, zjawisko indukcji i młoteczek Neefa, telefony i lampy łukowe, mikrofony i »jaja elektryczne« padały w nas, sypkie i niepowiązane jak piasek, suche i

jak piasek, martwe, nieurodzajne i przygnębiające jak pustynia Sahary. Umysłowi dziecka potrzeba *przyczynowości* i *związku*, podobnie jak nam ich potrzeba. Nie ufajmy książkom ani ludziom głoszącym, że prawidłowość Natury nie może być przedmiotem elementarnego nauczania; ona winna być osią wszelkiego nauczania, albowiem jest ostoją bytu naszego w łonie Natury. Można odstłonić jej rąbek, bawiąc się *Fourierowskimi* całkami; można też, zabawiając się piłką, kwiatem lub bąkiem.

## I

Cofnijmy się myślą o lat mniej więcej sześćdziesiąt; na wielkiej arenie pracy wszechludzkiej dostrzeżemy zastój i niepowodzenie w nauce o elektrycznych i magnetycznych zjawiskach. Pomimo *Coulomba*, pomimo wielkiego *Ampère'a*, pomimo *Poissona*, pomimo doktryny energii, głoszonej przez *Helmholtza* i *Lorda Kelvina*, pomimo *Farady'a* (którego nie rozumiano), pomimo prac szkoły niemieckiej: *Gaussa*, *Webera*, *Neumanna*, *Riemanna*, *Clausiusa* — właściwa, uporządkowana nauka o elektrycznych i magnetycznych zjawiskach nie istniała. Wówczas *James Clerk Maxwell* wystąpił na scenę i stworzył *Elektromagnetyczną Teorię*; a myśli ludzkiej tym czynem dał tak wielki impuls, że fala, która się od niego poczęła, która po kilkakroć razy rozdarła już dawne granice nauki, otwierając nowe rozdziały rzeczywistości, nie jest jeszcze i dziś wyczerpana. Oto już podmyła fundamenta *Dynamiki*, *Leges Motus Newtona* w zasadzie uniosła; w naszych oczach zwróciła się ku podstawom przyrodniczego myślenia, ku pojęciom bezwładności i ruchu, przestrzeni i czasu, próżni, materji, energii, wszechświata; w naszych oczach przekształca je i przeistacza.

Spróbujmy pójść za *Maxwellem* przez rozległy

obszar Elektromagnetycznej Teorii, choćby tylko w najogólniejszych zarysach. Poznajemy już w Elektrostatyce niektóre narzędzia *Maxwellowskiego* myślenia. Poznajemy w niej fakt istnienia pola elektrycznego i miarę jego natężenia w każdym miejscu, wektor elektryczny. Uczymy się wyrażać mechaniczne zdolności i własności pola zapomocą tego wektora; elektryczne własności opisujemy za pośrednictwem innych wektorów, od których *ilości elektryczności* czyli ładunki, starodawne *quanta* fluidów elektrycznych, w prosty sposób zależą. Niejako na skrzyżowaniu obu widoków pola, mechanicznego i elektrycznego, dostrzegamy t. zw. stałą dielektryczną lub elektryczną zdolność lub podatność materji, charakterystyczną własność substancji, w której dane pole elektryczne istnieje.

Zjawiska prądu, tak zwane elektrokinetyczne zjawiska, wyrażamy również przy pomocy pojęć nielicznych i prostych. Polegają one (według *Maxwella*) na relaksacji czyli zluźnianiu się pola elektrycznego i na jednoczesnem wzniesieniu tego pola, dokonywanem przez obce źródła energii. Jeżeli te źródła (naprzykład cieplne, chemiczne i t. p.) dostarczają w jednostce czasu tyle energii, ile jej zużywa dysypacja zluźniania, prąd wówczas jest *stacjonarny*, jest trwały. W obwodzie ogniwa mamy prąd, który (idealnie lub przybliżenie) mógłby być trwały; w obwodzie, przez który wyładowywa się kondensator, obserwujemy prąd przemijający, albowiem w tym razie elektryczna energia nie jest odnawiana, wyczerpuje się zaś, zamieniając się w ciepło. Zatem, oprócz znanego już z Elektrostatyki uniwersalnego elektrycznego wektora, głównem pojęciem, którem posługujemy się w Elektrokinetyce, jest t. zw. *prąd* albo *natężenie prądu*, miara elektrycznych skutków uważanego zjawiska. Rozpraszające własności substancji, w której zluźnia się pole, charakteryzuje znów jedna prosta stała, t. zw. elektryczny *czas relaksacji*. Przewodnictwo elektryczne znajduje się



na skrzyżowaniu pojęć prądu i elektrycznego wektora; zależy ono w prosty sposób od elektrycznego czasu zluźniania.

## II

Zatrzymajmy się tutaj na chwilę; skorzystajmy ze sposobności, ażeby poznać charakter dzieła, które pozostawił nam Maxwell. Treścią jego teorii jest zwięzłe i ogólne wypowiedzenie prawidłowości dostrzeżonych w dziedzinie elektromagnetycznych zjawisk; rysuje ona nam obraz tej dziedziny, utworzony drogą stopniowego, coraz dalszego uogólniania. Obraz ten zatem jest nadzwyczaj abstrakcyjny; ale przecież, w ostatniej instancji, został podyktowany przez doświadczenie. Możemy nazwać go *fenomenologicznym*, jeżeli dbamy o podobne nazwy uczenie brzmiące.

Ale Maxwell nie był człowiekiem jednej, choćby wspianiałej umysłowej konstrukcji; na to był za genialny. Nie był zdolny budować pięknych gmachów, w stylu czystym konsekwencji logicznej. Symetryczne i zrozumiałe bywają ludzkie systemy, obmyślane bywają składowanie i ściśle i z nieskazitelnym zamiłowaniem porządku; ale Natura nie jest symetryczna, nie jest oczywista, nie jest porządna ani (po naszymu) logiczna. Maxwell patrzył w Naturę; patrzył w nią przenikliwie, gdyż był myślicielem; patrzył na nią zwysoka, albowiem był marzycielem. Pozostawił nam coś innego niż opis.

Wyobraźmy sobie obwód, w którym znajduje się ogniwo. Mamy prąd wszędzie: w każdym miejscu ogniwa, w każdym miejscu przewodnika, który ogniwo do obwodu dopełnia. Rozważajmy teraz przypadek (o którym już wspominaliśmy) rozbrajającego się kondensatora. Dopóki prąd trwa, dostrzegamy go w każdym miejscu obwodu łączącego okładki, dostrzegamy go w każdym miejscu okładek; ale w dielektryku, oddzielającym od siebie okładki,

nie dostrzegamy *prądu*, w codziennem znaczeniu tego wyrazu; t. j. nie dostrzegamy prądu *przewodzonego*. Maxwell rozszerza pojęcie prądu przewodzonego; uzupełnia je pojęciem prądu *dielektrycznego*, który wyobraża sobie w każdym miejscu dielektryka. W każdej chwili i w każdym miejscu prąd przewodzony zależy od stanu pola, zatem od chwilowej i miejscowej wartości elektrycznego wektora; dielektryczny zależy od szybkości, z jaką pole w dielektryku zmienia się z biegiem czasu. Pojęcie dielektrycznego prądu jest pożyteczne w celu utrzymania logicznej ciągłości; dopomaga nam do odnalezienia brakującego ogniwa w łańcuchu praw elektromagnetycznych. Ale Maxwell nie dąży zazwyczaj do wytwornego zokreślenia rachunków; dąży on zawsze do uchwycenia ustroju Natury. Maxwell twierdzi, że prąd dielektryczny wytwarza dokoła pole magnetyczne, zupełnie tak samo jak wytwarza je prąd przewodzony. Oto krok nadzwyczajnej śmiałości; a następstwa jego są zdumiewające. Rzutem intuicji domyślił się Maxwell istnienia w Naturze (nieznanego wówczas) zjawiska, które jest pierwszorzędnym składnikiem jej mechanizmu. Tym sposobem Maxwell położył kamień węgielny pod budowę jednego z najpiękniejszych dzieł myśli ludzkiej: Elektromagnetycznej Teorii Światła i Promieniowania.

### III

Zjawiska elektromagnetycznej indukcji, przez Faradaya odkryte, zostały przez Faradaya streszczone w proste prawidło. Gdzie zmienia się z czasem pole magnetyczne, tam, w tem miejscu i dokoła tego miejsca istnieje wektor elektryczny, istnieje pewne pole elektryczne; czy dzieje się to w przewodniku, w dielektryku, choćby nawet i w próżni, pewien rozkład elektrycznego wektora w przestrzeni jest zawsze złączony ze zmiennością w cza-

się pola magnetycznego. Gdy jednak zmienia się z czasem pole magnetyczne, powstaje pole, które jest *elektrycznem* lecz wcale nie jest *elektrostatycznem* polem; jest to owszem pole nie istniejące w polu elektrostatycznym; pole elektrostatyczne w niem nie istnieje; te dwa gatunki pól mogą istnieć w tej samej dziedzinie spólcześnie, mogą się dodawać do siebie, ale nie płaczą się, nie krzyżują i nie wikłają się z sobą.

Przyjmijmy teraz hipotezę *Maxwella* o polu magnetycznym, towarzyszącem wszelkiemu dielektrycznemu prądowi; łatwo widzimy, że ona jest dokończeniem *Farada* prawa indukcji, niejako jego odbiciem w zwierciadle symetrii. Powiedzieliśmy istotnie, że prąd dielektryczny zależy od zmienności w czasie pola elektrycznego; zatem, według hipotezy *Maxwella*, rozkład w przestrzeni magnetycznego wektora jest zawsze związany ze zmiennością w czasie pola elektrycznego. Magnetyczne pole, powstające, gdy pole elektryczne z biegiem czasu się zmienia, nie jest znów polem magnetycznym statycznym, jest polem odmiennem, niezależnem od statycznego, niezdolnem do zakłócenia jakiegobądź statycznego. Symetria dwóch uogólnień, które teraz poznaliśmy (dwóch głębokich prawd, na których wspiera się teoria *Maxwella*), jest zupełna w próżni lub doskonałym izolatorze; w ciałach materialnych przewodzących symetria jest niedoskonała, ponieważ do prądu elektrycznego przewodzonego niema analogji w magnetycznych zjawiskach.

Dostrzegliśmy teraz fakt fundamentalny w Elektromagnetycznej Teorji; możemy go jak następuje wygłosić. Niezmienne pole elektryczne może istnieć bez magnetycznego; niezmiennie pole magnetyczne może istnieć bez elektrycznego; pola statyczne są od siebie wzajemnie niezależne. Lecz skoro tylko którebądź jedno poczyną z biegiem czasu się zmieniać, drugie pole, w tem samym miejscu, w tej samej chwili pojawić się musi. Jedno pole



bez drugiego może istnieć, ale nie może zmieniać się bez drugiego. Oto własność główna pola elektromagnetycznego, która odrazu porządkuje wiedzę elektrycznych i magnetycznych zjawisk, wyświeśla tradycyjny jej ustrój, tłumaczy historyczny przebieg rozwoju tej nauki, wiadomy nam z dziejów.

Wzajemne splecenie obu pól, gdy są zmienne, objaśnia również wewnętrzną treść zjawiska, zwanego falą elektromagnetyczną. Zmienne pole elektryczne szerzy dookoła pole magnetyczne; zmienne pole magnetyczne szerzy dookoła pole elektryczne; obadwa zatem pola, towarzysząc sobie, mogą w przestrzeni biec wspólnie, z niezmierną prędkością. Jeżeli ośrodek jest doskonałym izolatorem (lecz takim naprawdę jest tylko próżnia), energia elektromagnetyczna nie wyczerpuje się wówczas dysypacją, fala biegnie bez straty, bez hamulca, bez końca. Zaburzenie, które poczęło się, naprzykład, na jakimś słońcu wspaniałem, tętni falą, w otchłani próżni przestrzennej, przez lat dziesiątki lub setki, zanim, ułamkiem małym, w układzie gwiazdy dość niepozornej, na drobnej, ciemnej, błotnistej planecie, uderzy o organ wzrokowy istoty myślącej.

Zgoła inaczej dzieje się w przewodzącym ośrodku. W srebrze metalicznym, naprzykład, już po przebyciu drogi wynoszącej jedną stutysięczną część centymetra natężenie fali elektromagnetycznej, zwanej w Optyce żółtą lub *sodową*, zmniejsza się tak znacznie, iż wynosi nieco mniej niż jedną dwutysięczną część pierwotnego natężenia. Mawiamy więc pospolicie, że srebro jest *nieprzezroczyste*.

#### IV

O istnieniu pól elektrycznych wnosimy z objawiania się sił, wywieranych na każde elektrycznie naładowane ciało, które wnosimy do pola. Działalność tych sił, które

nazywamy elektrycznemi, jest oznaką istnienia pól, którą spostrzegamy najłatwiej; zwyczajną zatem kolejną myślenia, bierzemy te siły najprzód za cechę i miarę, później za treść i za istotę pola. Co jest istotą elektrycznego lub magnetycznego pola? na czym pierwsze lub drugie może polegać? są to zapewne próżne, źle postawione pytania. Poznajemy w nauce tylko *wiązania* między wydarzeniami Natury. Tworząc pojęcie pola elektrycznego, tworząc pojęcie pola magnetycznego, pragniemy, niezawsze świadomie, skojarzyć objawianie się w polu pewnych sił ze wszystkim innym, co potrafimy później powiedzieć o polu.

Dwa zasadnicze wektory, elektryczny i magnetyczny, wystarczają do opisania elektrycznych, magnetycznych i elektromagnetycznych stanów próżni, we wszystkich zjawiskach, które są nam znane dotychczas. Wektory te są elementami rozumowania i rachowania w Elektromagnetycznej Teorii, podobnie jak prędkości i siły w Dynamice, odkształcenia, ciągnięcia i ciśnienia w Teorii Sprężystości i Hydrodynamice, podobnie jak temperatury w Teorii przewodnictwa cieplnego. Przypuszczamy istnienie elektrycznego i magnetycznego wektora w przypadkach, w których niepodobna byłoby pola stwierdzić lub zmierzyć; postępujemy w ten sposób, ażeby przebyć drogę, wiodącą od pierwszych założeń do wniosków, które możemy poddać doświadczałnemu sprawdzeniu. Stąd wnosimy ponownie, że wektory elektryczny i magnetyczny są pośredniczącymi ogniwami w łańcuchu rozumowań, że są istotnie tylko pomocniczymi narzędziami myślenia, nie są zaś bynajmniej niezależną od nas rzeczywistością.

Istotne podstawy dzisiejszej nauki o elektromagnetycznym polu zawdzięczamy w całości genjuszowi Maxwella; jego nieśmiertelne prace, ogłoszone pomiędzy 1864 a 1873 rokiem, zawierają wszystkie myśli przewodnie tej teorii, wyłożone z jasną i spokojną świadomością.

mością potęgi dokonanego uogólnienia. Ale matematyczna postać konstrukcji nie była jeszcze ostateczna w pismach Maxwella; była niewykończona, po części była zawilsza niż tego wymagała właściwa treść dzieła. Poynting, Fitzgerald, zwłaszcza zaś Heaviside i Hertz uporządkowali, rozwinięli a nawet i uprościli teorię Maxwella; dzięki pracy tych znakomitych uczonych równania pola elektromagnetycznego (których treść już jest nam znana) uzyskały wyjątkowe znaczenie, które do dzisiejszego dnia posiadają.

Czy te zasadnicze równania wymagają dowodu? W dosłownym znaczeniu wyrazu, udowodnienie twierdzeń tak bardzo rozległych nie jest możliwe. Możemy zasadzać te prawdy na stopniowym uogólnianiu pochodzących z doświadczenia założeń; możemy je popierać analogjami, wyprowadzaniami z zasad Dynamiki; możemy porównywać je *a posteriori* z wynikami doświadczalnego badania; wszystkie takie metody postępowania mają wysoką wartość dydaktyczną i historyczną, lecz nie stanowią właściwego *dowodu*. Równania Maxwella wypowiadają fakt naturalny conajmniej równie ogólny i pewny jak założenia, które musimy obrać za punkt wyjścia, pragnąc dojść do nich.

Czy równania pola elektromagnetycznego są ścisłe? Nie możemy odpowiedzieć stanowczo na to pytanie. Rozwój Teorii Promieniowania, rozbiór prawidłowości dostrzeganych w widmach linjowych, doprowadza nas dzisiaj do powątpiewania o ścisłości i ogólności równań Maxwella; lecz powinniśmy wyznać, że w tych zagadnieniach nauka znajduje się jeszcze wobec niepokonanych dotychczas trudności.

## V

Przed chwilą mówiliśmy, że elektryczne przewodnictwo pewnego ciała przewodzącego, np. srebra, jest miarą



dysypacji, której pole elektryczne w tem ciele ulega. Ale fala światła żółtego jest falą elektromagnetyczną; przezroczystość srebra dla tego światła jest także niejaką miarą dysypacji, której pole tej fali w srebrze ulega. Znając zatem przezroczystość srebra dla żółtego światła, można obliczyć przewodnictwo srebra dla prądów, objętych biegiem takiego falowania. Rezultat rachunku jest następujący: przewodnictwo srebra dla prądów, zawartych w fali żółtego promieniowania, ma się do zwyczajnego (t. zw. *O h m o w s k i e g o*) przewodnictwa, które mierzymy przy pomocy prądu ogniwa, jak 6 do 10000.

Możnaby zarzucić, że warunki, w dwóch powyższych przypadkach, są bardzo odmienne. Prąd płynący z ogniwa jest trwały lub powoli zmienny. Prądy, które są implikowane w fali światła żółtego, w srebrze biegnącej, są zmienne z niesłychaną szybkością; w czasie tysiąc milionów milionów (czyli  $10^{15}$ ) razy krótszym od sekundy, prąd tej fali narasta od zera do największej wartości i spada znowu do zera, poczem zmienia kierunek, znowu narasta i znowu powraca do zera. Zjawiska w obu razach są zatem istotnie bardzo odmienne. Ale, według teorii *Maxwella*, przewodnictwo nie jest cechą zjawiska; jest raczej własnością substancji, gatunku materji, w której odbywa się zjawisko. Według *Maxwella* przewodnictwo srebra może zależeć od temperatury, od gęstości lub stanu odkształcenia metalu; ale nie powinno zależeć od częstości, z którą pole zmienia się z czasem. Wynik rachunku sprzeciwia się zatem <sup>1)</sup> istotnie jednej z hipotez teorii *Maxwella*.

<sup>1)</sup> Teorja *Maxwella* odbiega jeszcze jaskrawiej od rzeczywistości niż tu w uproszczeniu podaliśmy. Ażeby zachować założenia tej teorii w optyce ciał metalicznych, musielibyśmy poczytywać przewodnictwo (a także zdolność elektryczną) nietylko za zmienne lecz za zespolone wielkości. Wypadek taki (rachunkowo, jako prosta umowa, dogodny) w istocie rzeczy oznacza,

## VI

Według nauki determinizmu zjawiska, dostrzegane w pewnym układzie, są bezpośrednio rządzone przez tak zwane *integralne* prawa układu; prawa zaś integralne są następstwem, które wynika z dwóch źródeł: po pierwsze z praw *elementarnych* uważanego rodzaju zjawisk; po wtóre z ogółu cech i własności danego układu, które mogą objawić się w tym rodzaju zjawisk, czyli z t. zw. *kollokacji* układu, jak krótko i szczęśliwie wyraził się, przed laty, Dr Chalmers.

Integralne prawa zjawisk, dostępnych naszemu bezpośredniemu dostrzeganiu, są prawie bez wyjątku bardzo zawile. Naprzykład ruch księżyców i planet w układzie słonecznym, przewodnictwo ciepła w kuli naszej ziemskiej, drganie dzwonu, gdy rozsyła fale głosowe w otaczające powietrze, chwiejba piętujących się, zalewających się wzajemnie fal morskich, podmuchy, prądy, wiry i wichry burzliwej i zmiennej, zawierającej nas atmosfery — wszystkie te zjawiska są nadzwyczaj zawile. A jednak mówimy, że elementarne prawa tych zjawisk są proste. Mówimy, że prawo Newtona o powszechnem ciężeniu ciał materialnych, że prawo Fouriera o płynięciu ciepła, że prawa Hydrodynamiki, Aerodynamiki, sprężystości ciał stałych są proste; tylko kollokacja układów, w których odbywają się te zjawiska, jest zawila. Zważmy jednak, że za prawa elementarne poczytujemy różniczkowe prawa zjawisk tylko dopóty, dopóki one są proste. Tak postępując, kierujemy się rodzajem zdro-

---

że, poczynając od pewnej częstości, teoria wypowiada usługi. Wiemy dzisiaj pewnie, w jakich długościach fali założenia Maxwella stają się widocznie niezdolne do oddania faktycznych własności metali.

wego instynktu. Gdyby elementarne prawa były zawile, nie spełniałyby swego właściwego zadania; musielibyśmy je podejrzewać, że w gruncie rzeczy są jeszcze integralnymi prawami; musielibyśmy mniemać, że tkwi w nich jeszcze jakowaś kollokacja.

Według klasycznej postaci teorii Maxwella, prawa prądów, dielektrycznych czy przewodzonych, są proste. Według Maxwella są to prawa elementarne. Skoro okazało się, że te prawa tylko w ograniczonym zakresie są proste, wogóle zaś (zatem w istocie) są niezmiernie zawile, przestały natychmiast uchodzić za elementarne. Odtąd były podejrzane o ukrytą kollokację. Potrzeba nam było odnaleźć w nich kollokację; znaleźliśmy ją rzeczywiście pod przewodnictwem genialnego holenderskiego badacza Henryka Antoniego Lorentza. Teoria *elektronów* znalazła nowe prawa elementarne zjawisk elektromagnetycznych oraz nową, stosowną kollokację.

Przyglądając się pochodowi badania, może nieco odzewnątrz, dostrzeżono wzrost i zwycięstwo teorii elektronów na tle odkrycia Zeemana, na tle poznania zjawisk ionizacji w ciałach gazowych, lepszego pojmowania procesu elektrolizy oraz promieni katodowych, narreszcie na tle wiekopomnego odkrycia promieniotwórczości. Mówiąc o elektronach, przywykliśmy powoływać się na te pełne momentu dowody. Ale opisywano je tyle razy, opowiadano tak zajmująco, objaśniano tak zrećnie, że zabrakło nam tutaj odwagi, by pójść jeszcze raz tą samą drogą i powtórzyć opowieść, której nie zdołalibyśmy dorównać. Postawiliśmy sobie odmienne zadanie. Pragnęliśmy wskazać wewnętrzny, logiczny sens ewolucji Elektromagnetycznej Teorii; pragnęliśmy czytelnika przekonać o tem, że Maxwellowska postać teorii zawierała w sobie, niejako w przygotowaniu, następne stadjum myślenia, które łączymy z nazwiskiem Lorentza.



## VII

Lorentz, Larmor, J. J. Thomson a za nimi dzisiaj wszyscy współczesni uczeni poczytują elektromagnetyczne zjawiska za zjawiska *tlumne*; sądzą, że one wynikają ze spólistnienia (w zakresach zazwyczaj dostępnych badaniu) olbrzymiej liczby pól elementarnych, pól domniemanych, których hypotetyczne prawa mają być proste. Znamy dwa rodzaje pól: elektryczne i magnetyczne. Każde pole ma posiadać swoje niejako ognisko, w którym jest skupione. Istnienie pola przypisujemy zazwyczaj istnieniu ogniska; lecz równie słusznie moglibyśmy myśleć i wyrażać się wprost przeciwnie: istnienie ogniska moglibyśmy przypisywać istnieniu pola. Jakkolwiek znamy dwa rodzaje pól, zadawalniamy się zwykle hipotezą jednego rodzaju ognisk, hipotezą *elektronów*, ognisk pól elektrycznych; istnienie pól magnetycznych sprowadzamy do zmienności pól elektrycznych; obrazowo mówiąc, tłomaczymy pola magnetyczne pewnym rodzajem ruchu, którym elektrony ożywione być muszą. Elektrony znamy w Fyzyce oddawna, mianowicie elektrony *ujemne*, elementarne jednostki ujemnego ładunku; o ich własnościach wnosimy na zasadzie zjawisk elektrolizy, ionizacji, t. zw. katodowych promieni, przemian promieniotwórczych, procesów fotoelektrycznych, zjawisk optycznych i innych. Skoro istnieją jednostki elementarne ujemne, muszą również istnieć dodatnie; nazywamy je dzisiaj *atomowemi jądrami*. W zjawiskach chemicznych, w zjawiskach widmowych (por. str. 82) zaczynamy uczyć się pojmowania własności atomowych jąder; zdumiewające odkrycia Sir Ernesta Rutherforda wskazują, że możemy kruszyć jądra; z dalszych badań dowiemy się czegoś zapewne o wewnętrznej budowie tych pierwotnych składników chemicznego atomu.

Elektron jest to mała, ograniczona dziedzina (lecz bynajmniej nie punkt geometryczny), mająca własność zadziwiająca: okazuje pewien skończony, dokładnie dziś znany, ujemnie elektryczny ładunek; czemu ten ładunek nie rozprasza się we wszystkich kierunkach przestrzeni, czemu elektron nie wybucha, tego nie umiemy powiedzieć. Wyobraźmy sobie, że elektron porusza się, wraz z ładunkiem, który w sobie zawiera. Poruszający się ładunek jest równoważny elektrycznemu prądowi; wszakże najpierwszą czynnością prądu jest, iż przenosi ładunki. Poruszający się elektron działa zatem jak pewien skończony, słaby prąd, płynący w wiadomym kierunku; jak każdy prąd, wytwarza on pole magnetyczne w swoim sąsiedztwie. Oto jest ważne twierdzenie; zobaczymy, co z niego wynika.

### VIII

Powiedzieliśmy, że ruch elektronu jest równoważny pewnemu elektrycznemu prądowi. Według Lorentza, wszelki wogóle prąd przewodzony polega wyłącznie na płynięciu strumieni elektronów. Wyobraźmy sobie jakikolwiek bądź metal; jest to ciało, którego atomy nie troszczą się o elektrony, nie potrafią trzymać ich na uwięzi. Jeżeli w metalu objawia się pole elektryczne, elektrony wyzwalają się z atomowego związku i skrepowania, podpadają pod wpływ pola i jak ptaki, gromadnymi stadami ciągną za jego apelem; gdyby nie spotykały się co chwila z gęsto rozszianymi atomami metalu, elektrony, biegnąc w polu, nabierałyby rychło rozpędu, są bowiem bezwładne. Ale atomy hamują impet elektronów, krzyżują ich drogi, rozsypują ich szyki, rozpraszają elektrony w rozmaitych kierunkach, odbierają im uzyskaną od pola energję; oto *koercja* czyli wyrównawczy mechanizm, oto niwelująca czynność tłumy materialnych atomów.

Przypuśćmy, że pole jest powoli zmienne; przypuśćmy, że, oscylując wciąż koło zera, naprzykład sto razy na sekundę zmienia kierunek. W czasie wynoszącym jedną setną część sekundy, elektron odbywa olbrzymią liczbę spotkań z atomami metalu; czas jego średniej drogi swobodnej, upływający pomiędzy dwoma kolejnymi spotkaniami z którymkolwiek atomem, jest nadzwyczaj krótki w porównaniu do setnej części sekundy. Zanim więc elektryczne pole zdoła istotnie się zmienić, elektrony mają możliwość przyswojenia sobie jego energii, mają możliwość bezpiecznego przekazania jej atomom metalu. Względem pól tej częstości mechanizm koercji okazuje się doskonale ruchliwy i zwrotny; do pól powoli zmiennych mechanizm ten jest zawsze dostosowany. Dostrzegamy zatem zjawiska dysypacji proste, ich prawa wydają się trwałe i ściśle, niezależne od częstości zmian pola; mamy pozory przewodnictwa niezmiennego, wrodzonego substancji, w której prąd płynie.

Przypuśćmy powtórę, że pola są nadzwyczaj szybko zmienne, że migawkowo mijają; przypuśćmy, że okres perjodycznej zmienności pola, naprzykład w srebrze, wynosi  $1/10^{14}$  sekundy lub jest jeszcze krótszy. Czas średniej drogi swobodnej elektronów wśród atomów srebra jest porównywalny do tak krótkiego okresu. Zanim elektrony zdołają nadążyć, zanim nabędą rozpędu, zanim ukończą należytą grę działania i oddziaływania z atomami metalu, pole już zmienia kierunek, już woła elektrony i pociąga je w stronę przeciwną, już niszczy robotę, którą rozpoczęło było przed chwilą. Wobec pól tak szybko zmiennych, mechanizm koercji okazuje się zbyt ociężały; wprawdzie nieustannie rozpoczyna swą czynność, ale ta czynność wciąż urywa się, niedokończona; koercja, nigdy w całości nie dopuszczona do głosu, nie wywiera wpływu, który wyrzeć byłaby zdolna. Dlatego srebro pochłania



o wiele słabiej falę biegnącego przez nie żółtego światła aniżeli powinno według teorii Maxwella.

Nie rozumiemy (rzecz prosta) dosłownie ilustracji, którą tu przytoczyliśmy; optyczne własności metalu zależą z pewnością nie tylko od czasu trwania swobodnych dróg elektronów, torujących sobie drogę pośród zgromadzenia atomów; ukryty w metalu atomistyczny mechanizm zawiera niewątpliwie inne możliwości, inne niespodzianki.

## IX

Przenieśmy się w myśli do odmiennego przypadku; wyobraźmy sobie ciało nieprzewodzące, *dielektryk*, jak zwykle mawiamy, np. szkło, alkohol, tlen albo wodór. Poddajemy je działaniu statycznego pola elektrycznego, nie zmieniającego się z czasem. Co dzieje się w dielektryku? Wyobraźmy sobie elektrony w cząsteczkach szkła, alkoholu, tlenu, wodoru; wyobraźmy je sobie w atomach wchodzących w skład tych cząsteczek. Elektrony te nie są swobodne jak w metalach; pod wpływem pola nie mogą daleko szybować, nie mogą odbiegać w międzycząstkowe przestworze; gdyby mogły, ciało byłoby przewodnikiem. Nazwijmy je dla krótkości *związanymi* elektronami.

Wyobraźmy sobie najprostszy model atomu; przypuśćmy, że elektron ujemny krąży dookoła dodatniego jądra. Poddajemy ten układ działaniu elektrycznego pola; ono pociąga jądro lub je popycha, jednocześnie popycha elektron lub go pociąga. Tem działaniem ruch elektronu został zakłócony; pod łącznym wpływem działającego pola i sił czynnych pomiędzy elektronem a jądrem ustanawia się inny rodzaj ruchu, nowy tor, nowe krążenie. Przy pomocy pojęcia t. zw. *polaryzacji* wyrażamy skutki pola, niejako jego powodzenie w danym dielektryku; jest to oczywiście statystyczne pojęcie, zależne od stanu i ru-

chu ogółu atomów, wynikające z orbit średnich, z przeciwnych sposobów obiegu. Dopóki pole jest niezmienne, dopóki nowe orbity są zataczone w sposób naogół niezmienny, polaryzacja jest stała i jej stosunek do pola jest stały; t. zw. *elektryczna zdolność* ośrodka wydaje się wrodzoną własnością dielektrycznej substancji.

Przypomnijmy sobie, jak odbywają się drgania w sprężystym materialnym układzie, który został pobudzony lub perjodycznie bywa pobudzany do ruchu. Przypuśćmy, że np. kamerton, sprężyna lub dzwonek drga dobrowolnie, pod wpływem jednorazowej jakiejś pobudki; takie drgania są dziełem sił wewnętrznych sprężystych i bezwładności; nazywamy je *własnymi* lub *swobodnymi* drganiami układu. Drgania własne, w układach odosobnionych, odbywają się w okresach, zależnych tylko od budowy, od urządzenia układu. Inaczej dzieje się, gdy drgania odbywają się pod wpływem siły zewnętrznej, perjodycznie układ pobudzającej. Siła zewnętrzna *narzuca* drganiom układu rytm własnej zmienności; drgania idą w takt siły, odbywają się pod jej komendą, dlatego zasługują na nazwę drgań *wymuszonych*, którą im nadajemy. Częstość drgań wymuszonych jest zatem równa częstości wahaniasię siły wymuszającej; ale amplituda drgań wymuszonych nie jest wyłącznie zależna od amplitudy tej siły; zależy ona nadto od obu charakterystycznych częstości: od częstości drgań własnych i od częstości zmian siły zewnętrznej. Może wydarzyć się, iż częstości te są sobie równe. Wówczas działanie siły zewnętrznej, zgodne z wrodzoną układowi skłonnością, nie napotyka przeszkody i rozwija się w pełni; amplituda drgań może wówczas zwiększać się z czasem, układ może drgać coraz żywiej; gdyby nie sprzeciwiały się opory i tarcia, układ mógłby rozedrgać się prosto bezmiernie. Przykłady wydarzania się zjawisk podobnych,

zwanych *rezonancją* albo *oddźwiękiem*, są niemal codzienne.

Przypuśćmy, że w dielektryku fala świetlna przedziera się przez zbiegowisko atomów. Taka fala jest elektromagnetycznym polem, które oscyluje, które bije w takt szalonej częstości. W atomach dielektryka rozpoczynają się drgania; nie przerywając obiegów dokoła dodatnich jąder, elektrony wahają się względem poprzednich swych orbit. Takie dokoła *ruchów* odbywające się wahania są podobne do zwykłych, koło *położeń* równowagi dokonywanych drgań, do których w Teorii Sprężystości i w Akustyce przyzwyczajeni jesteśmy; podobnie jak zwykłe drgania, i te ogólniejsze mogą być swobodne, bądź też wymuszone. Weźmy na uwagę drgania wymuszone; jednocześnie wprawdzie odbywają się drgania swobodne, ale możemy je chwilowo zaniedbać. Skutkiem drgań wymuszonych, polaryzacja dielektryka zmienia się, perjodycznie jak pole, z tą samą częstością. Częstość zmian polaryzacji jest zatem równa częstości fali; ale amplituda polaryzacji, jak wynika z poprzednich objaśnień, zależy nietylko od amplitudy fali, lecz także od jej częstości. Zauważmy to pilnie: stosunek polaryzacji do natężenia pola fali jest (w tym samym dielektryku) rozmaity, zależy mianowicie od częstości zmian pola czyli od długości fali lub (jak subiektywnie mówimy) od *barwy*.

Wahania pola, drgania elektronów stanowią (jedne i drugie) prądy elektryczne; wytwarzają zatem (jedne i drugie) pola magnetyczne w swoim sąsiedztwie. Te pola są perjodycznie zmienne; wytwarzają one pola elektryczne również perjodycznie zmienne. Tym sposobem w łonie dielektryka szerzy się fala.

Ażeby to lepiej zrozumieć, spróbujmy na chwilę unicestwić jądra dodatnie i elektrony; spróbujmy precz odrzucić materjalne atomy. Znika wówczas polaryzacja, ale pole elektromagnetyczne nie znika i po dawnemu zmie-



nia się perjodycznie. Znikają tylko prądy elektryczne, które wynikały z drgań elektronów; pozostałe prądy, które zależą od wahań pola, nadal istnieją. Odrzucając jednak elektrony i jądra, otrzymaliśmy próżnię; przeobrażiliśmy dielektryk w puste przestworze, w eter, jak dawniej mówiono. Powiadamy więc: w próżni fala rozbiega się tylko dzięki wahaniom pola elektrycznego i magnetycznego. Prędkość fali, biegnącej w próżni takim sposobem, nie zależy wcale od częstości fali, jest jednakowa dla fal krótkich i długich; jest to prędkość stała, powszechna, dokładnie nam znana; jest to miara głęboka, którą Twórca Natury wyrzył w jej całej osnowie.

Przywołajmy teraz napowrót do istnienia jądra dodatnie i elektrony z niemi w atomach związane. Próżnia staje się ciałem dielektrycznym, pojawia się polaryzacja, drgania elektronów odbywają się podług nakazu przebiegającej fali. Podsycana przez ten podwójny mechanizm, fala szerzy się teraz z inną prędkością; na prędkość tę wpływa udział polaryzacji, która wplata się w grę wzajemnego na siebie działania pól elektrycznych i pól magnetycznych. Zważmy, że ów spółudział polaryzacji w mechanizmie zjawiska wpływa *rozmaicie*, czyli różniąc, na prędkość fal rozmaitej długości; istotnie, stosunek polaryzacji do natężenia pola, w przypadku fal rozmaitej długości, jest rozmaity, jak to przed chwilą widzieliśmy. Z winy zatem polaryzacji, fale krótkie i długie biegną w dielektryku z różną prędkością.

Gdy w pewnym materjalnym ośrodku fala biegnie z inną prędkością niż w próżni, mówimy wówczas, że fala w ośrodku *załamuje się*; powiadamy, że *spółczynnik załamania* tej fali, w uważanym ośrodku, różni się od jedności. Takiego rozumienia zjawisk załamania oddawna nauczył nas Huygens, który wykazał, że współczynnik załamania światła w materjalnym ośrodku jest stosun-

kiem prędkości rozchodzenia się fali w próżni do prędkości rozchodzenia się w uważanym ośrodku. Wypowiadamy więc ostateczny nasz wniosek, w języku Optyki, jak następuje: z winy polaryzacji, więc z winy elektronów i jąder dodatnich, współczynnik załamania światła w dielektrycznym ośrodku jest niejednakowy dla fal krótkich i długich. Oto jest treść zjawiska, zwanego w Optyce *dyspersją*; badanie tego zjawiska wypełnia bogaty rozdział pięknej nauki Optyki.

## X

Jednym z najświetniejszych wśród tylu odkryć, których dokonał Michał Faraday, było, jak on sam wyrażał się, niejasnym przeczuciem wiedziony, że można *magnesować światło*; że można *oświetlać linje sił magnetycznych* (1845 r.). Powiadamy dziś dokładniej, jak następuje: gdy linjowo spolaryzowana fala świetlna biegnie przez materialny ośrodek w kierunku linii sił obcego, zewnątrz narzuconego pola magnetycznego, płaszczyzna polaryzacji tej fali okręca się dokoła kierunków linii sił pola. Zjawisko, które tu opisaliśmy, nazywa się *efektem Faradaya*.

Możemy wytłomaczyć dziś bez trudności efekt Faradaya. Wiemy od czasu A. Fresnela, że falę świetlną linjowo spolaryzowaną, o niezmiennem skierowaniu płaszczyzny polaryzacji, można poczytywać za wynik współdziałania dwóch fal, kołowo i przeciwnie spolaryzowanych, które biegną w ośrodku z *tą samą* prędkością. Przypuśćmy, że dwie fale, spolaryzowane przeciwnie kołowo, biegną w ośrodku z jakiegokolwiek przyczyny z *rozmaita* prędkością; uznamy wówczas, że płaszczyzna polaryzacji powstającej fali (linjowo spolaryzowanej) okręca się coraz bardziej, dokoła kierunku rozchodzenia się, im fala posuwa się dalej. Według Teorii Elektronów,

prędkość dwóch fal spolaryzowanych kołowo, ale w kierunkach przeciwnych, musi istotnie być różna, gdy fale te biegną w kierunku linii sił obcego pola magnetycznego. Przyczyną różnicy jest działanie pola magnetycznego na poruszające się elektrony, działanie, które oczywiście nie jest symetryczne w przypadku wspomnianych dwóch fal kołowo spolaryzowanych.

## XI

Trudności, niejasności, założenia dowolne lub sprzeczne są wszędzie widoczne w teorii elektronów i dodatnich jąder, w teorii elektromagnetycznych zjawisk, w elektromagnetycznej teorii budowy materji. Ale niejasności nie zgubiły jeszcze żadnej naukowej teorii. Owszem, szczerze wyznajmy, że doskonale jasnymi bywają zazwyczaj już wyczerpane teorie. Płodne i żywe teorie, w naszej nauce, nie bywają wyprowadzane z jakowegoś wszechpotężnego aksjomatu drogą czystej, logicznej dedukcji, lecz, bez wyjątku, są *intuicyjne*. Teoria elektronów, teoria budowy atomu są także intuicyjne. Jak wszyscy wielcy mistrze w rozumieniu Natury, Lorentz, Rutherford, Bohr w swych teoriach przypuścili tylko tyle, ile było koniecznie potrzeba przypuścić; bardzo wiele pozostawili w zawieszeniu, w ciemności. Powiedzą nam, być może, że resztę pozostawili do oświetlenia następcom. Lecz o zadaniu naukowych teorii wypada może inaczej rozumieć. Przyrównano je dawno do czasowych rusztowań, które, ku ułatwieniu pracy, wznoszą budowniczości. Porównanie jest trafne lecz może powinno być uzupełnione; dodajmy, że, gdy jedno, już niepotrzebne rusztowanie opada, odsłania się wówczas w nauce bynajmniej nie gmach prawdy gotowy, lecz tylko rusztowanie nowe, następne. Każda teo-



rja w nauce ma do spełnienia pewne zadanie; każda zatem ma kres właściwy istnienia. Każda ma swoją powinność; ale wspólny ich cel jest: ukazywać nam owe, jak je Pismo Święte nazywa, *rzeczy wielkie y nieogarnione y dziwy, którym nie masz liczby* (Księgi Hiob IX, 10).

---

## VI. AUGUST WIKTOR WITKOWSKI.

W miesiącu kwietniu 1888-go roku, w okolicznościach tragicznych, których wspomnienie jeszcze dzisiaj przejmujemy nas grozą, Zygmunt Wróblewski życie zakończył. Osieroconą katedrę objął August Witkowski. Obejmował ją w chwili ważnej i trudnej. Świetne odkrycia Karola Olszewskiego i Zygmunta Wróblewskiego otworzyły były nauce dziedzinę niskich temperatur. Łamiąc się z trudnościami terenu, pierwsi zdobywcy już byli przebiegli nową krainę doświadczalnego badania; przebiwszy główne, najważniejsze drogi, zebrali plon z pierwszego, spieszego pochodu przez nieznanne obszary. Przyjmując katedrę, Witkowski w duszy uznał się zobowiązanym do wytrwania w tej pracy. Do uciążliwych powinności uniwersyteckiego urzędu dobrowolnie dołączył służbę wielokrotnie trudniejszą: obowiązek dalszego przeszukiwania prowincji nauki, która przeważnie w murach Uniwersytetu Jagiellońskiego została zdobyta. Hasła, które sobie wówczas założył, pozostał wierny do ostatnich dni życia. W styczniu 1913-go roku, cztery dni przed śmiercią, ostatkiem sił już niknących, próbował kończyć oddawna rozpoczęte badania nad zjawiskiem Kelvina w wodorze. Ale ta praca niedokończona była tylko ogniwem długiego łańcucha poszukiwań, które Witkowski zapisał się w historii nauki, które związał swoje nazwisko z imionami Wróblewskiego i Olszewskiego.

Prace wybitnego badacza noszą na sobie zazwyczaj wyraźne piętno jego indywidualności. Wróblewski zwykł był przełamywać każdą napotkaną trudność, rzucając w nią impet gorączkowego temperamentu. Olszewski, badacz cierpliwy, wytrwały, umysł jasny, nawskróś wynalazczy, Olszewski umiał przedziwnie rozplątywać węzły zagadnień; samotnik, w sobie zamknięty, cudzej myśli mało uległy, obchodził się bez zawitych urządzeń, osiągał cel zamierzony najprostszym i wytwornym sposobem. Witkowski, umysł ścisły, pracownik systematyczny, sumienny, opanowany, stawiał sobie zadanie inaczej; krainę, którą już zastał otwartą, postanowił przemierzyć; po eksploratorach, on był jej kartografem.

Rozpoczyna tę pracę wyborną rozprawą *O rozszerzalności i ściśliwości powietrza*, ogłoszoną w wydawnictwach Polskiej Akademji Umiejętności za rok 1891. W ostatniem swem studjum Wróblewski postawił był sobie trudne zadanie; chciał poznać ściśliwość wodoru w bardzo niskich temperaturach. Witkowski podejmuje tę pracę i dokonywa jej dla powietrza; zamiar pracy osiąga w sposób wyczerpujący, gruntowny, tak że wyników pomiaru nie poprawiono dotychczas w niczem. Wnioski Witkowskiego zachowują do dzisiejszego dnia miejsce obok rezultatów, które nauce dali najwytrawniejsi badacze.

Jaki cel miała praca Witkowskiego? Prowadziła go ta sama myśl idealna, która jest hasłem i godłem wszelkiego naukowego badania. Poznać, co jest i poznać, jak jest; w tem streszcza się zadanie całej nauki. Witkowski usiłował zrozumieć prawa, rządzące termodynamicznymi własnościami materji. W stanie gazowym materja ukazuje się niejako w stanie rozcieńczenia. Można powiedzieć, że gaz jest roztworem materji w próżni; dobrze wiadomo, że w zdaniu podobnem zawarta jest treść głębsza niż wydawałoby się może pozornie z paradoksalnej postaci twierdzenia. Prawa rządzące materją



najłatwiej jest zatem studjować w gazowym jej stanie skupienia. Jeżeli gęstość gazu jest bardzo nieznaczna, w jego zachowaniu objawiają się już tylko najogólniejsze, oderwane prawa, niemal geometryczne; według nauki atomistycznej, są to rzeczywiście prawa natury kinematycznej, prawa przestrzeni, czasu i ruchu. Jeżeli gęstość gazu jest znaczna (umiemy osiągać takie gęstości, rozporządzając środkami wysokich ciśnień i niskich temperatur), wówczas własności ciała stają się niepomniernie za-wiłe. Występują wówczas w pełni te wszystkie siły, które, przemożne w kropelce wody lub w kryształce soli, sprawiają, że w całej swej ogólności problemat materji jest labiryntem dla myśli ścisłej i pozostanie nim długo zapewne. Witkowski podpatrzył, gdzie, oraz jak, owa *materjalność materji* (jeżeli tak wyrazić się wolno) zaczyna się zdradzać. Posuwając się aż do granicy, w której sposoby pomiaru a nawet same ilościowe pojęcia, użyte w badaniu, jeszcze stosować się mogą, Witkowski zgromadził, w symbolicznie skróconej postaci, niejako wyciąg istotnych cech, właściwych rozmaitym gatunkom materji.

Można byłoby mniemać, w pewnym nawet stopniu słuszności, że dostrzegając i mierząc, przelewamy ostatecznie tylko w nowe, inne, naukowe kształty dawną, głęboką niewiadomość. Wiedział o tem umysł Witkowskiego, który przenikał nie tylko treść nauki, lecz także jej istotę, jej zasób możności. Któż jednak nie widzi, że niewiadomość nieuctwa jest obojętna i martwa, gdy przeciwnie niewiadomość nauki, niespokojna, ruchliwa, po wielu uderzeniach o granice poznania, staje się niejako zorganizowana, świadoma i przeradza się wreszcie w rodzaj pojmowania? Myśl ludzka może tylko niejasno przeczuwać rzeczywistość, mowa może ją tylko zdaleka wyrażać; tylko niezręcznie i grubo umiemy naśladować Naturę w naszych umysłowych konstrukcjach.

Ale i z tych nieudolnych rysunków, z tych błędnych odtwożeń tryska niekiedy nieskończoność, która nas dokoła otacza.

Rozprawa o ściśliwości i rozszerzalności powietrza, o której wspomnieliśmy, jest wstępem do szeregu dalszych poszukiwań mierniczych. Rozpoczęte w niej dochodzenie rozwija się dalej w badaniach: nad ciepłem właściwym powietrza w niskich temperaturach (1896), nad kalorymetrją nieodwracalnego rozprężania się gazów (1898), nad prędkością rozchodzenia się głosu w gazach zgęszczonych (1899), nad ściśliwością i rozszerzalnością wodoru (1905). Pomijamy prace pomocnicze i drobne, studia dodatkowe lub luźne; pomijamy także badania nad dyspersją i absorbcją światła w tlenie skroplonym, dokonane wspólnie z Olszewskim (1892 i 1894).

Prace kalorymetryczne Witkowskiego doszły do granicy subtelności i ściśłości, do której, w czasie ich wykonania, można było posunąć się w fizyce mierniczej; dokonano dalszych postępów, ale znacznie później, za zmianą sposobu badania. Co do treści i ducha prace te Witkowskiego były pokrewne dziełu niezapomnianego Wiktora Regnault. I jeżeli łączymy działalność naszego badacza z twórczością wielkiego francuskiego mistrza, oddajemy głęboki lecz tylko sprawiedliwy hołd czci zasłudze Witkowskiego.

Jeszcze przed objęciem katedry w Uniwersytecie Jagiellońskim, ulegając radzie i prośbie Marjana Baranieckiego, Witkowski rozpoczął pracę nad przygotowaniem do druku obszernego wykładu *Zasad Fizyki*. Pierwszy tom tego dzieła pojawił się w r. 1892-ym w Warszawie, nakładem Kasy pomocy im. Dra Józefa Mianowskiego. Odtąd ukazywały się z kolei dalsze tomy lub nowe wydania poprzednich, aż wreszcie w roku 1912-ym całość ukończona została. Tak tedy trud wielu

lat swego wieku męskiego Witkowski ofiarował owym *Zasadom*. Ale trud nie pozostał bez plonu; powstało dzieło niezwykłej wartości, którego nie wahamy się nazwać chlubą piśmiennictwa polskiego. Społeczeństwo nasze zrozumiało, w tym razie, jak cenny dar mu złożono. Kupowano szybciej te księgi niż mógł przygotowywać je autor; pokolenia uczyły się z nich nie tylko wiadomości o zjawiskach Natury, ale także sposobów ścisłego o nich myślenia. Uczyły się jędrnej i czystej mowy naukowej polskiej; uczyły się może uszanowania i wdzięczności dla pisarza, któremu jesteśmy zobowiązani za pomnik wiedzy i woli.

*Zasady Fizyki* są w założeniu dość elementarnym wykładem podstaw tej nauki; w wykonaniu są ich przystępnym obrazem, przezroczystym i jasnym do tego stopnia, że początkującego czytelnika mogą olśnić doskonałością ludzkiego pojmowania, niesłusznie i ponad miarę rzeczywistości. Elementarne w formie, *Zasady* są wszechstronne i (w stosunku do społecznego im stanu wiedzy) bardzo zupełne; są spójne w budowie, często są świeże, niekiedy nawet są śmiałe w pomyśle. Czytając te karty zrównoważone, pogodne, spokojne, jakże odnajdujemy w nich bystry lecz trzeźwy umysł Witkowskiego, jego usposobienie łagodne i ciche, zarazem smutne i zrezygnowane. Jakże z nich przemawia jego przywiązanie do prawdy, jego zapał szlachetny oraz umiłowanie wyżyny, na której duch ludzki czuje się wolny od wszelkich pęt niskich.

---

Gdybyśmy żywili zamiar przedstawienia życia i dzieła Augusta Witkowskiego, byłoby nam jeszcze daleko do końca. Musielibyśmy cofnąć się w takim razie do młodzieńczych prac Witkowskiego, do jego rozpraw berlińskich, glazowskich i lwowskich i zdać z nich



sprawę pokrótce. Powinniśmy wspomnieć o jego licznych artykułach i szkicach, o wybornych odczytach (jak wykład *O zasadzie względności*, skierowany wgląd trudnych zagadnień); powinniśmy chociażby przytoczyć *Tablice Matematyczno-fizyczne* i inne wydawnictwa pomniejszych. Wypadałoby nam mówić o działalności nauczycielskiej Zmarłego, o jego uniwersyteckich wykładach, o mistrzowskich odczytach publicznych. Należałoby zapisać, ile trudu i poświęcenia kosztowało go rozwinięcie czynności pracowni fizycznej oraz zabieg o nowy gmach tego uniwersyteckiego zakładu, wreszcie wzniesienie budynku, który nosi dzisiaj należytą nazwę *Collegium Witkowskiego*. Radzi byłibyśmy też opowiedzieć, jak *Witkowski* go poważano w kole kolegów, w Akademji Umiejętności, do której powołano go wcześniej, jak ceniono go zagranicą, jak miłowano go w kraju, gdzie, jak Polska szeroka, liczył wszędzie wdzięcznych uczniów, przywiązanych przyjaciół.

Ale nie piszemy tu studjum o *Augustie Witkowskim*; piszemy słowa dorywcze ku jego wspomnieniu. Piszemy w żalu i w bólu, w poczuciu straty niezmierniej, w niewygasłej żałobie; ale nie piszemy w przesadzie, w nastroju nieszczerym i sztucznym. O tym jak łaża przezroczytym żywocie piszemy prawdę.

---

W pogodny, w cichy wieczór styczniowy, wśród milczenia tłumu, wychodziliśmy z krakowskiego cmentarza, pozostawiając w nim doczesne szczątki *Augusta Witkowskiego*. Dzień konał szybko. Topole i lipy cmentarne, nieskończenie subtelne w zimowym, obnażonym rysunku, chwiały się nad trumną łagodnie, jak gdyby przyjmowały straż nad nią. W pamięci brzmiały nam dostojne i rzewne słowa, wypowiedziane w tym dniu bardzo bolesnym; przed oczyma majaczyło wspomnie-

nie twarzy zmienionych. Nie byliśmy zdolni poniesionej straty wymierzyć ani objąć nieszczęścia. W obliczu mocy z za świata, której na imię jest Śmierć, czuliśmy tylko, że, jak uczy ten żywot, i w życiu są moce, trwalsze i wyższe nad śmierć.

#### KILKA SŁÓW WSPOMNIENIA O AUGUŚCIE WITKOWSKIM.

Przemówienie wygłoszone podczas uroczystości, która odbyła się dn. 12 czerwca 1913 r., w sali Collegium Witkowskiego w Krakowie, ku czci zmarłego profesora i badacza.

Z obawą zabieram dziś głos, w tem poważnem i skupionem zebraniu, w którym zgromadziło nas wspólne uczucie wdzięczności i czci, oraz wspólna a serdeczna żałoba. Wiem, że cokolwiek potrafię powiedzieć o Auguście Witkowskim, będzie słabe i wątle. Nie czuję się zdolnym do odrysowania w całej wyrazistości jego subtelnej organizacji duchowej. Dorywcze mi, luźnymi słowy mogę tylko powołać pamięć o Zmarłym w Waszych myślach i w Waszych uczuciach, Panie i Panowie; mogę dać świadectwo umiłowania, które przechowywa wiernie Mistrzowi jego otoczenie uniwersyteckie najbliższe.

---

Życie Augusta Witkowskiego było spokojne i proste, było skromne i ciche. To życie było wypełnione pracą, było nasycone móżdżem i trudem duchowym. Spróbujmy wmyśleć się w tę wieloletnią i różnorodną działalność.

W dwudziestym siódmym roku życia powołany do nauczania, od tej chwili, niemal bez przerwy, w Dublanach, we Lwowie, w Krakowie, wiedzy, kształci, dopomaga, zachęca, zagrzewa. W Uniwersytecie Jagiellońskim zajmuje katedrę przez blisko ćwierć wieku. W głównym

swym kursie podaje obraz Fizyki wypukły, wyrzeźbiony kunsztownie a prosty. Przez przeciąg długich lat, wśród starych i szarych murów Kołłątajowskiego *Collegium Physicum*, składał w darze słuchaczom szereg małych arcydzieł. Tłumy słuchały go w gmachu, oniemiał walącym się w gruzy, do którego tyle wspomnień przyłgnęło. Brzmia nam jeszcze w pamięci te jego lekcje oraz słowa, które tu głosił, w tej sali; bez głębokiego wzruszenia niepodobna o tem pomyśleć, że niema go już między nami.

Pracownię fizyczną, którą objął po Wróblewskim, rozszerza, przekształca; ćwiczenia praktyczne rozwija, wysuwa je na pierwszy plan nauczania Fizyki w naszym Uniwersytecie. W prowadzeniu tych ćwiczeń bierze żywy udział, wspólnie z asystentami. Pamiętamy, jaki bywał wyczerpany w popołudnia sobotnie. Niezadowolony jeszcze z tego ogółu pracy, w godzinach wieczornych, dwa razy na tydzień, wyklada kolejne rozdziały Fizyki teoretycznej. Zapytywany, czy nie obarcza się ponad siły, odpowiadał z uśmiechem, że przedpołudniowe wykłady ogólne wypowiada dla uczniów, a wieczorne — dla siebie.

Niemal od chwili powołania do Szkoły Jagiellońskiej, zamyśla budowę nowego Zakładu. Przypominam sobie, iż późną jesienią 1900-go roku pokazywał mi plany budynku, które był własnoręcznie wykonał, szczegółowe, staranne. Budowę rozpoczęto jednak dopiero w jesieni 1908-go roku, ukończono ją w r. 1911-ym. W jesieni 1911 Witkowski rozpoczął czynności nowego Zakładu od czytelnym, pełnym połotu i wdzięku. Po tym wykładzie, w szczupłym gronie kilku zaledwie kolegów, doręczono profesorowi sumę, złożoną ze wszystkich stron kraju, prosząc o przeznaczenie jej na stypendyjną fundację jego imienia; publicznego aktu musiano się wyrzec ze względu na stan zdrowia Witkowskiego, ulegając zresztą stanowczemu jego życzeniu. On zatem był właściwym twórcą i organizatorem tego tutaj zakładu, tego uniwersyteckiego



budynku, który dziś, z zezwolenia Jego Magnificencji Rektora i Senatu Akademickiego, nosi tak słuszną nazwę *Collegium Witkowskiego*. Wędrując z jednego do innego ministerjalnego biura, Witkowski rzekł nawpół żartobliwie, że przybytek ten nauki polskiej buduje *dla swoich następców*. Przewidywał trafnie; albowiem w tym gmachu, który jego myśl wszczęła, jego praca wzniosła, on sam bywał niesłety gościem rzadkim, przelotnym. Ale my wszyscy budujemy dla naszych następców. Budujemy z żelaza i z cegieł lub z wysiłków i trudów; z dobrej woli i chęci, z poświęcenia, z cierpienia przeździemy nić ową dziwną, która w niewiadomą przyszłość nas wiedzie. Człowiek jest drobnem zdarzeniem, pokolenia są przemijającymi falami w potoku odwiecznym, który wszystko układa i wszystko znowu rozkłada.

---

Jako nauczyciel i przewodnik młodzieży Witkowski służył wiernie swemu krajowi. Ale służył zarazem nauce i przez to jeszcze raz służył Polsce. Był wytrwałym, ścisłym i pomysłowym badaczem, jak nam o tem za chwilę prof. Konstanty Zakrzewski dokładniej opowie<sup>1)</sup>; skoro zatem chciał i potrafił rozplątywać lub przecinać węzły zagadnień, spełnił pięknie powinność wobec swej Szkoły i względem Ojczyzny. Mówię to z naciskiem: praca naukowa twórcza, badawcza, nie jest bynajmniej szczegółem, epizodem, nie jest także dla zaszczytu wdziewanym strojem nauczania *wyższego*; ona jest raczej osią, ona jest duszą takiego nauczania. Nauczy-

---

<sup>1)</sup> Po wygłoszeniu niniejszego przemówienia prof. Zakrzewski wypowiedział odczyt o pracach badawczych Witkowskiego; z tego powodu jest o nich mowa tylko ubocznie w tem przemówieniu. Odsyłamy czytelnika do wspomnianego odczytu (*Wiadomości Matematyczne*, tom XVII, str. 211, 1913) a po części do poprzedzającego szkicu (str. 110).

ciel akademicki nie przelewa w ucznia wiedzy gotowej, która zazwyczaj szybko zamiera, pozostawiając tylko oschłą uczoność; taki nauczyciel budzi i kształci dokoła siebie myślenie. Ażeby jednak uczyć twórczego badania, trzeba samemu *chcieć* i *móc* tworzyć i badać. Uczony winien naogół wiedzieć to wszystko, co inni wiedzą; ale powinien też wiedzieć, jak dowiedzieć się czegoś, czego ani on ani inni nie wiedzą. Wielką tę zdolność posiadał August Witkowski; a dar to jest rzadki i tak drogo-cenny, że ludzie, którzy zazwyczaj tylko obojętnie go chwala, postępowałiby mądrze, gdyby mu dopomagali.

---

Przypomnijmy sobie chociażby tytuły niektórych odczytów i szkiców, które Witkowski drukiem ogłosił: o systemie miar, używanych w nauce o elektryczności (1881); o temperaturze i termometrach (1883); o nowszych poglądach w teorii światła (1887); o falach elektrycznych (1898); o podstawach fizycznych harmonji (1899); o ciekłym powietrzu (1900); o kilku ogólnych zasadach Fizyki (1901); o eterze (1903); o zasadzie względności (1908); o wartości naukowych hipotez (1909); o elektrycznym napięciu (1911). Przypomnijmy sobie *Wiadomości początkowe z Geografji fizycznej i Meteorologji* (1884), dalej *Tablice Matematyczno-Fizyczne* (1904), wreszcie dzieło życia, *Zasady Fizyki* (1892–1912). Nad trzema wielkimi i pełnemi tomami tej książki zatrzymajmy się tutaj na chwilę. Wyraz *Zasady* w tytule był wybrany umyślnie; Witkowski życzył sobie, ażeby zrozumiano, że chce wyłożyć istotnie zasady, czyli ogólne podstawowe prawdy, fundamenta nauki Fizyki. Przedstawia je, co prawda, sposobem stosunkowo elementarnym, przystępnym; pragnąc być najszerzej pożytecznym, zrzeka się metod rachunku wyższego i tem samem jeszcze bardziej utrudnia zadanie, które sobie postawił. Ale jakże głęboko dociera w tym

elementarnym wykładzie; jak mądrze pojmuje zasady nauki i jak je swobodnie tłumaczy. W tem dziele Witkowski wszystko pomija, co nie prowadzi bezpośrednio do celu; zrywając z rozpowszechnionym (w owym czasie, gdy rozpoczynał pracę) zwyczajem, opuszcza podrzędne i błahe drobiazgi, nie bawi czytelnika, nie zasypuje go gradem luźnych szczegółów. Witkowski uczy myśleć o zjawiskach Natury. W otaczającej zawilości wydarzeń uczy poznawać niektóre związki, proste, trwałe, powszechne. Więc rzeczywiście w umyśle czytelnika Witkowski zakłada spójne i mocne fundamenta nauki. I jak we wznoszonym z cegły budynku, fundamenta, które są ukryte pod powierzchnią ziemi i których obojętny przechodzień wcale nie dostrzega, rozstrzygają o trwałości konstrukcji, podobnie w nauce: podstawy, czyli uogólnienia najszersze zamykają w sobie treść ową istotną, z której wszystko w doskonałej nauce powinno wyrastać. Nie wie o nich publiczność, która troszczy się tylko o aeroplany i telegraf lub telefon bez drutu; taka publiczność nazywa naukę, o której mówimy, *teoretyczną* fizyką, rozumiejąc przez ten wyraz, że jest to fizyka, której należy starannie unikać. Ale dwóch nauk fizyki niema, jak z tego miejsca niedawno powiedział mój szanowny Kolega, profesor M. Smoluchowski<sup>1)</sup>. Gdy zajmujemy się Fizyką, celem naszym nie jest wykonywanie doświadczeń lub przedsięwzięcie pomiarów; celem naszym nie jest układanie wzorów i równań lub prowadzenie rachunków. Celem naszym jest wówczas poznawanie stopnia możności, którą obdarzeni jesteśmy, ujmowania prawidłości w zjawiskach Natury. Mając tylko

---

<sup>1)</sup> Mowa tu o wstępnym wykładzie, wypowiedzianym w maju 1913 r., przy objęciu katedry Fizyki doświadczalnej w Uniwersytecie Jagiellońskim. Jak wiadomo, Uniwersytet radował i chlubił się Smoluchowskim tylko przez cztery lata; straciliśmy go, ku niewypowiedzianej stracie nauki, we wrześniu 1917-go roku.



jeden cel, możemy mieć tylko jedną Fizykę. I temu właśnie celowi służą Witkowskiego *Zasady*.

---

Umysł Witkowskiego był dziwnie jasny i trafny; jeśli mam rzecz najważniejszą powiedzieć, był bezpośredni.

Przypatrujcie się, Szanowni Panowie, różnym rodzajom umysłów. Prawdziwy badacz staje oko w oko na wprost zagadnienia, które mu człowiek lub natura nastrecza. Ale jest to rzeczą niełatwą patrzeć w rzeczywistość lub w to wszystko, co (w umówionym języku) zwykliśmy rzeczywistością nazywać. Od rzeczywistości przegradza nas sama wiedza, przynajmniej dopóty, dopóki nie została doskonale opanowana i nie stała się posłusznym narzędziem. Bierzemy zazwyczaj wiedzę z książek lub od nauczyciela; bierzemy ją od ludzi, od wszystkich poprzedzających pokoleń. I niepodobna dziwić się temu, zważywszy, jak niezmiernie długa jest droga, która prowadzi od elementarnych wrażeń zmysłowych aż do najwyższych uogólnień nauki: od spadania kamienia do zasady Hamiltona i statystycznej Mechaniki; od pocieranego bursztynu do Maxwella, Bohra, Lorentza; od podwójnego królewskiego łokcia w Świątyni Karnaku aż do Einsteina; od magnesów do magnetonów, od miłego ciepła ogniska do formuły Plancka, do *quantów* energii. Stajemy zatem codziennie na barakach naszych poprzedników; żeby biec prędzej, stajemy na szczydłach. Ale jakże często wydarza się, że zapominamy wówczas prostej sztuki chodzenia. Nie mogąc zejść całej krainy nauki, wspinamy się na jej szczyty; wzrok nasz wówczas ogarnia widnokregi ogromne. Ale z pod obłoków nie umiemy (i nieraz nie chcemy) powrócić na stały lecz chropowaty grunt rzeczywistości. I gdy, za przewodem mistrzów, z odkrycia przerzucamy się do no-

wego odkrycia, jakże często, Szanowni Panowie, rzucamy wątle tylko mosty ponad przepaściami.

Witkowski obejmował wzrokiem horyzonty najszersze. Ale myślał zawsze *konkretnie*; zapewne dlatego myślał jasno i trafnie. Zechciejcie posłuchać, Szanowni Panowie, jak tłumaczy pojęcie zjawiska odwracalnego:

»Proszę wyobrazić sobie eksperymentatora, któremu udało się wysledzić wszystkie bodźce, powodujące zmianę w układzie; który pozakładał hamulce, przeciwbodźce i zrównoważył nimi wszystkie tendencje układu do przeobrażania się. W tych warunkach oczywiście układ trwać będzie w równowadze. Ale zarazem będzie w mocy eksperymentatora, przez małe popołgowanie albo też przez małe wzmocnienie tych przeciwbodźców, prowadzić układ według upodobania w jednym lub przeciwnym kierunku; prowadzić go ostrożnie, nieskończenie wolno, ale odwracalnie. Proszę uważać, że jest to tylko fikcja, sposób rozumowania«.

Przytoczyłem pierwszy z brzegu przykład z pism popularnych Witkowskiego; możnaby zapewne znaleźć wiele innych, może jeszcze doskonalszych przykładów. W artykułach i odczytach Witkowskiego, w jego rozmowach a zapewne i w myślach roilo się od haków, od sznurków, ciężarków, sprężynek, klawiszów. Wydawało się nieraz, że o prawdzie, którą dostrzeżał, chciał nie tylko umyśl, ale niejako zmysły, wzrok i dotyk przekonać. Ale byłoby rzeczą naiwną, gdybyśmy osądziili, że Witkowski troszczy się w istocie o nici, młotki, dzwonki, dźwignie i gwoździe. Jak jego ongi przewodnik, Lord Kelvin, on dbał tylko o pojmnowanie. Wido-wiska wszechświata pragnął być widzem pogodnym:

.....mage pacata posse omnia mente tueri.

---

Witkowski był prawdziwym myślicielem, albowiem myślał pomimowoli. W przeważającej większości ludzie wystrzegają się zbytniego myślenia; być może, iż okazują trafny instynkt w tej mierze, albowiem długi i mocny umysłowy wysiłek jest zbytkiem, który organizm ludzki rzadko wytrzymuje. Ale Witkowski nie umiał być beczynnym; nie mógł nie zastanawiać się, nie zadawać sobie zapytań, nie obchodzić lub podchodzić trudności. Odpoczynkiem po pracy była dlań iana praca. Jaką radość sprawiały mu perełki ludzkiego myślenia, naprzykład *demon* Maxwella, *Lorda Rayleigh blue of the sky*, *Kelvina* liczne i rozmaite *etery*, albo wreszcie ów pyłek węglowy, który gra taką rolę w teorii promieniowania. Jak skłaniał się zawsze chętnie ku prostym rozumowaniom, jak umiał nawskróś przewiercić długi wywód analityczny, pytając o jego istotną, fizyczną zawartość. Cichy, nieśmiały w życiu potocznym, w umysłowej biesiadzie stawał się naraz jakiś strzelisty i rzutki; niespodziewany ten kontrast stanowił jeden z jego subtelnych uroków. Łagodny, był wszystkiego ciekawy; życzliwy, był dla wszystkich wyrozumiały. W jego zmęczonych oczach czytałeś mądrość.

Naukę kochał i czczył, ale jej nie przeceniał. Wolny od jednostronnej, namiętnej przesady, sądził i naukę także, jak wszystkich i wszystko, dobrotliwie, spokojnie. Jego filozofję nauki możnaby może zamknąć w głębokich słowach *Pascala*: *nous avons une impuissance de prouver invincible à tout dogmatisme; nous avons une idée de la vérité invincible à tout pyrrhonisme.*

---

Pragnąłbym zejść głębiej, mówiąc o *Augustie Witkowskim*. Ale tutaj ważę me słowa i nakładam sobie hamulce. Nietylko dlatego, ażeby jaskrawym lub pustym wyrazem nie obrazić jego pamięci; również dlatego, ażeby



na arenę nie wynosić uczuć, które trwają w ukryciu, więdną zaś, wystawione na widok publiczny. Zatem to tylko powiem: gdy rozstawałem się z Augustem Witkowskim, czułem się zawsze nietylko posunięty w sposobach myślenia; czułem się zawsze lepszy. I za to zachowam mu wdzięczność do ostatnich dni życia.

---

## VII. O PROMIENIOWANIU.

### I

Tworząc zrozumiwały obraz otaczających nas zjawisk, albo przynajmniej utworzyć go pragnąc, musimy poznać i pojąć pewien fakt fundamentalny, jeden z elementarnych faktów w urządzeniu Natury: *promieniowanie*.

Jeżeli promieniowanie dostrzegamy w próżni, jego prawa są wówczas stosunkowo najprostsze. Różnaisze i zawilsze objawiają się skutki, gdy promieniowanie biegnie przez ciała materjalne; jesteśmy wówczas świadkami owych niezmiernie różnorodnych i subtelných zjawisk, któremi nauka Optyki była dotychczas przeważnie zajęta. My jednak skierujmy tutaj w inną stronę uwagę. Zapytujemy: skąd pochodzi promieniowanie? Przypisujemy je zazwyczaj działalności pewnych ciał materjalnych, o których mówimy, że są źródłem promieniowania, że je wysyłają czyli *emitują*. Wiemy mało dotychczas o prawach zjawisk emisji czyli wysyłania promieniowania przez ciała materjalne. W dzisiejszej Teorji Promieniowania ograniczamy się zazwyczaj do roztrząsania szczególnego przypadku, który jako najprostszy (i jak dotychczas niemal jedyny dostępny) musiał zwrócić na siebie przedewszystkiem uwagę. Uważajmy pewien układ materjalny  $M$ , który wypromieniowyywa energję. Przypuśćmy, że temperatura ciała  $M$  oraz inne zmienne, od których stan jego zależy, pozostają stałe podczas zjawiska

promieniowania. Według zasady oznaczoności pracy (czyli *zachowania energii*) zawarta w ciele energia zależy od temperatury i od pozostałych wielkości, wyznaczających stan ciała; skąd według założenia wynika, że energia ciała  $M$  podczas promieniowania nie ulega zmianie. W każdym okresie czasu ciało  $M$  wysyła więc tyle promienistej energii, ile spólcześnie pobiera energii ze swego otoczenia. Podobne promieniowanie jest, jak mówimy, *trwałe* czyli *stacjonarne*; nazywamy je także *temperaturowem* promieniowaniem. Jeżeli jakiegokolwiek bądź zmiany ustroju, budowy lub (fizycznego czy chemicznego) stanu dokonywają się w układzie  $M$  podczas zjawiska emisji, wówczas, jak wynika z określeń, promieniowanie układu  $M$  nie jest trwałe. Gdy ograniczamy się zatem (jak w dalszym ciągu) do rozważania promieniowania trwałego, musimy wyłączyć z roztrząsań zjawiska na przykład fluorescencji, fosforescencji, chemicznej, mechanicznej lub elektrycznej luminescencji i wogóle wszelkie przypadki procesu, który A. Witkowski nazywa *jarzeniem się*.

## II

Idąc za Gustawem Kirchhoffem, wyobraźmy sobie ośrodek jednolity izotropowy, który jest otoczony osłoną nieprzenikliwą dla ciepła. Przypuśćmy, że ten ośrodek znajduje się w spoczynku i że osiągnął już stan doskonałej, nadal niezmiennej równowagi termodynamicznej. Uważajmy w tym ośrodku nieskończenie mały element  $v$ . Element  $v$  wysyła nieustannie i nieustannie pochłania energję promieniowania. Wiemy jednakże, że całkowite promieniowanie rozpada się na promieniowania elementarne, które różnią się okresem i częstością drgania, a zatem i długością fali. Ograniczamy się w tej chwili do roztrząsania jednego z pomiędzy elementar-



nych promieniowań, na przykład tego, którego częstość drgania wynosi  $n$  albo różni się niezmiernie mało od  $n$ ; takie promieniowanie nazywamy dla skrócenia  $n$ -promieniowaniem. Dzięki naturalnemu  $n$ -promieniowaniu, które element  $\nu$  w jednostce czasu wysyła, uchodzi z niego, we wszystkich kierunkach przestrzeni, ilość promienistej energii, proporcjonalna do  $\nu$  i do szerokości, przypuśćmy  $\nu$ , w skali częstości, widmowego zakresu, w którym zamyka się  $n$ -promieniowanie; współczynnik proporcjonalności, który oznaczamy przez  $\varepsilon$ , nazywamy *zdolnością emisyjną* elementu  $\nu$  dla  $n$ -promieniowania. Oznaczmy jeszcze przez  $\alpha$  *zdolność absorbcyjną* elementu  $\nu$  dla  $n$ -promieniowania, czyli ułamek padającej na element  $\nu$  energii  $n$ -promieniowania, który zostałby pochłonięty na drodze równej jednostce długości. Gdy stan doskonałej równowagi (po upływie niewiadomo jak długiego okresu czasu) już został osiągnięty, wówczas, według słynnego twierdzenia Kirchhoffa, stosunek zdolności  $\varepsilon$  do zdolności  $\alpha$  przestaje zależeć od wyboru (w ośrodku) elementu  $\nu$ ; stosunek ten nie zależy wówczas, oczywiście, również od chwili, w której go tworzymy; wartość stosunku  $\varepsilon/\alpha$  zależy jedynie od natury ośrodka, od jego temperatury bezwzględnej (którą dla zwiezłości oznaczmy przez  $T$ ), na koniec od  $n$ , czyli od wyboru uważanego widmowego przedziału, w którym  $n$ -promieniowanie ma być zawarte.

Fundamentalne w Teorii Promieniowania twierdzenie Kirchhoffa bywa zwykle podawane za wniosek, do którego w uważanym przypadku prowadzą ogólne zasady oderwanej Termodynamiki. Ściśle rzecz biorąc, musimy wyrazić się nieco inaczej. Zasady Termodynamiki uczą, że łączna ilość energii, wszelkich częstości, pochłaniana przez element  $\nu$ , jest równa, w dowolnym okresie czasu, łącznej ilości energii, wszelkich częstości, wysyłanej przez ten sam element  $\nu$ , jeżeli stan doskonałej

równowagi już został osiągnięty. Widzimy, że w twierdzeniu Kirchhoffa rozkładamy spektralnie powyższe równanie termodynamiczne; że zatem w tem twierdzeniu posuwamy się poza granicę, do której sięga panowanie czystej Termodynamiki. Dlatego twierdzenie Kirchhoffa zawiera treść nową i wzbogacającą; wymaga ono widocznie założenia, iż przekształcanie się elementarnych promieniowań pewnych częstości na elementarne promieniowania innych częstości nie dokonywa się nigdy samowolnie w próżni, w której te promieniowania, przynikając się wzajemnie, jednocześnie istnieją; że takie przekształcanie się nie odbywa się nigdy bez czynnego spółdziałania materji, że jest niemożliwe poza zwykłą koleją procesów, na których absorbcja i emisja przez materję polega.

Oznaczmy przez  $J$  stosunek zdolności  $\varepsilon$  do zdolności  $\alpha$ . Łatwo widzimy, że  $J$  w stanie równowagi jest miarą obfitości biegnącego w ośrodku we wszystkich kierunkach promieniowania. Wielkość  $J$  nazywamy przeto *natężeniem*  $n$ -promieniowania. Natężenie  $n$ -promieniowania w stanie równowagi zależy jedynie od temperatury  $T$ , od częstości  $n$  (czyli od wybranego widmowego przedziału), wreszcie od natury ośrodka.

Wyobraźmy sobie teraz układ, złożony z dwóch ciał jednolitych oraz izotropowych; przypuśćmy, że ten układ znajduje się w spoczynku, że jest cieplnie odosobniony od zewnętrznego świata i że osiągnął już stan doskonałej termodynamicznej równowagi. Wiadomo wówczas, że (bez względu na naturę powierzchni zetknięcia, która oddziela od siebie ciała układu) iloczyn  $c^2J$ , gdzie  $c$  jest prędkością rozchodzenia się  $n$ -promieniowania, ma tę samą wartość dla obu składowych części układu. Iloczyn  $c^2J$  jest zatem funkcją *powszechną* częstości  $n$  oraz temperatury  $T$ , niezależną od natury ciała, przez które przebiega promieniowanie. To nowe, drugie fundamentalne

twierdzenie zawdzięczamy również genjuszowi Kirchhoffa.

Jeżeli jednym z ciał układu jest próżnia, prędkość  $c$  przestaje zależeć od  $n$  i przybiera wartość uniwersalną  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sek. Gdy zatem doskonale zrównoważone, izotropowe  $n$ -promieniowanie biegnie w próżni, w spoczywającym i odosobnionem otoczeniu, które utrzymujemy w stałej, wszędzie jednakowej temperaturze  $T$ , wówczas natężenie  $J$  tego  $n$ -promieniowania jest funkcją uniwersalną częstości  $n$  oraz temperatury  $T$ ; innymi słowy: postać tej funkcji jest zawsze ta sama, bez względu na kształt i położenie próżnej dziedziny, bez względu na rodzaj, kształt i własności materialnych ścian, które ją otaczają.

### III

Wyobraźmy sobie dziedzinę próżną  $V$ , ograniczoną przez otoczenie materialne  $M$  zamknięte, spoczywające, cieplnie odosobniające, które utrzymujemy w temperaturze  $T$  jednakowej, niezmiennej. Poprzednie twierdzenia będą się stosowały, gdy układ i zawarte w nim promieniowanie osiągną stan równowagi termodynamicznej.

Przypuśćmy, że granicząca z próżnią powierzchnia materialnego otoczenia  $M$  odbija doskonale promieniowania wszelkich możliwych częstości. Wyobraźmy sobie, że do próżni  $V$ , przed zamknięciem otoczenia  $M$ , wpłynęło promieniowanie dowolnego pochodzenia, dowolnego widmowego składu. Po zamknięciu otoczenia  $M$ , promieniowanie w próżni  $V$  znajduje się w warunkach, które są wprawdzie konieczne, lecz nie są dostateczne do osiągnięcia zupełnej równowagi. Ponieważ ściany otoczenia  $M$  mają własności powierzchni doskonale odbijających, promieniowanie zamknięte w dziedzinie  $V$



nie znajduje się w stosunku wymiany z żadnym innym promieniowaniem, pochodzącem od jakichkolwiek bądź obcych ciał materjalnych; nie może wzbogacać się emisją takich ciał ani dzięki ich absorbcji nie może ubożeć. Jest to promieniowanie odosobnione, odcięte od działania materji. Według założenia, zawartego w pierwszym twierdzeniu Kirchhoffa, żadne z pomiędzy elementarnych promieniowań, którejkolwiek częstości, wchodzących w skład uważanego całkowitego promieniowania, nie może w tych warunkach przeradzać się w elementarne promieniowania innej częstości; wymiana energii pomiędzy temi elementarnymi czyli składowymi promieniowaniami jest niemożliwa. A zatem spektralny skład promieniowania zamkniętego w próżni  $V$  pozostaje niezmienny, taki mianowicie, jaki istniał przypadkowo pierwotnie.

Umówmy się, że każdemu elementarnemu promieniowaniu określonej częstości będziemy przypisywali temperaturę, która w przypadku zrównoważonego promieniowania, według wyłożonych przed chwilą praw, odpowiadałaby przypadkowemu, początkowemu jego natężeniu. Możemy wówczas powiedzieć, że dziedzina  $V$ , w wymienionych warunkach, jest wypełniona przez rozmaite promieniowania elementarne, o temperaturach rozmaitych, wysokich i niskich; możemy powiedzieć, że te elementarne promieniowania, chociaż są przestrzennie w zupełności zmieszane, chociaż przenikają i krzyżują się doskonale nawzajem, nie dążą mimo to wcale do zrównoważenia się, do wyrównania swych temperatur. Taki wniosek wypływa z założenia, zawartego w prawach Kirchhoffa; a jakkolwiek założenie na pierwszy rzut oka może wydać się oczywiste, wniosek jednakże wiedzie wgląd pojmowania Natury, ukazując obraz próżni, o własnościach pozytywnych, przeciwnych możliwościom i zdolnościom materji.

## IV

Przypuśćmy teraz, że w poprzedniej, dotychczas pustej dziedzinie  $V$  umieściliśmy ciało materialne  $C$ , którego powierzchnia odbija niedoskonale; zatem ciało, które po części odbija promieniowanie, po części je pochłania, przepuszcza, załamuje, rozprasza. Albo też przypuśćmy (co na to samo wypada), że część powierzchni otoczenia  $M$ , lub cała ta powierzchnia, nie posiada własności doskonałego odbijania promieniowania, którą przypisywaliśmy jej w poprzedzającym wywodzie. Jeżeli inne fizyczne warunki zagadnienia (o których wyżej mówiliśmy) są spełnione, ustanowi się z czasem w dziedzinie  $V$  stan równowagi promieniowania, przepisany przez prawa Kirchhoffa. Od przypadkowej natury wprowadzonego ciała  $C$  będzie oczywiście zależał przebieg zjawisk, wiodących układ ku ostatecznej równowadze; ale istota tego ostatecznego *stanu* równowagi, skoro został osiągnięty, nie jest zależna od własności ciała  $C$ ; podobnie w Hydrostatyce równowaga cieczy dużej i małej lepkości jest identycznie ta sama. Jakiegokolwiek są własności ciała  $C$ , promieniowanie, które ustanowi się w próżni  $V$ , będzie w końcu zawsze, pod każdym względem, identycznie to samo. Wyobraźmy sobie ciało, które, z pomiędzy padających na nie z próżni promieniowań dowolnych częstości, nie odbija, nie przepuszcza ani nie rozprasza żadnego zgoła ułamka, chociażbyśmy wyobrazili je sobie w postaci najcieńszej nawet warstewki, lecz wszystko natychmiastowo i całkowicie pochłania; takie ciało nazywamy ciałem *czarnem*. Powiadamy, że promieniowanie, które (w powyżej przedstawionych warunkach) ustanawia się w dziedzinie  $V$ , musi być w każdym względzie identyczne z promieniowaniem, które do tej próżnej dziedziny wysyłałoby ciało czarne. Zrównoważone promieniowanie bywa nieraz, z tej przyczyny,

nazywane *czarnem promieniowaniem*; ale nazwa ta nie jest właściwa; nie będziemy się nią posługiwali.

Wszystkie powyższe twierdzenia były już w zasadzie zawarte w pracach Kirchhoffa (1862). Ale dwaj fizycy niemieccy Wien i Lummer, zbliżywszy się w r. 1895-ym bardzo znacznie do urzeczywistnienia zrównoważonego promieniowania, przyczynili się istotnie do oparcia teorii na niewątpliwej faktycznej podstawie.

Przypadek zrównoważonego promieniowania jest widocznie fikcją, jest oderwanym przypadkiem granicznym, którego poznanie wyjaśnia tylko pewną szczególną, kresową cechę zjawisk promieniowania: warunki ich równowagi. Jakkolwiek objawia się dopiero w sztucznych i (ściśle rzecz biorąc) niemożliwych do spełnienia warunkach, cecha ta leży przecież na dnie wszystkich faktów promieniowania, stanowi ich wspólną i zasadniczą granicę. Dostrzeżenie i wydobywanie na jaw tej cechy było arcydziełem; ona jedna jest dotychczas rachunkowo uchwytna w konglomeracie faktów skądinąd nieopanyowanych; tylko ów kres zjawisk umiemy dotychczas ilościowo wyrazić. Ograniczenie i wyodrębnienie zadania, raczej niż jego rozwiązanie, rozpoczęło budowę nowej nauki.

Tak dzieje się zwykle w historii ludzkiego badania. Otacza nas cały świat zjawisk; ale język, którym do nas przemawia, jest nieoczekiwany i dziwny; wiadomości, których ten świat nam udziela, najczęściej bywają pełne sprzeczności. Usiłujemy porządkować te słuchy, objaśniać sobie te wieści, usiłujemy wydobywać z nich rzetelną treść i istotę, w nadziei, że potrafimy rozgmatwać ich bezmierną zawiałość. Umysł człowieka poszukuje prawdziwości w zjawiskach. Od czasu do czasu ze zdziwieniem dostrzega, że zadanie, które sobie założył, nie jest przed nim całkowicie zamknięte. Od czasu do czasu wysiłek pokolenia lub natchnienie genjuszu przenika nie-



wymowny zamęt Natury i pod chwiejbą jej pozornego chaosu dostrzega grunt mniej może ruchomy: *uogólnienie*.

## V

Poznanie praw zrównoważonego promieniowania jest zatem nieuchronnem, najpierwszem zagadnieniem Teorii Promieniowania, zagadnieniem, którego rozwiązanie kładzie fundament pod dalszą budowę tej nauki. W języku § II-go moglibyśmy zadanie streścić jak następuje: znaleźć postać uniwersalnej funkcji częstości  $n$  i temperatury  $T$ , funkcji, o której mówiliśmy w zakończeniu wymienionego artykułu.

Naczelne to zagadnienie Teorii Promieniowania, jak się wydaje, jest rozwiązane; rozwiązał je profesor Max Planck z Berlina, w jesieni 1900-go roku, przy pomocy słynnej hipotezy *quantów*, która od blisko ćwierci stulecia jest źródłem tyłu w nauce postępów i tyłu niebywałych trudności.

Pragniemy zająć się teraz krótkim, przelotnym przeglądem tych i takich zagadnień. Dla jasności potrzeba nam będzie odróżnić dwa odrębne zadania w problemacie, który chcemy rozważać i na dwa kolejne stadja podzielić rozumowanie. Wyobraźmy sobie, wraz z Planckiem, że w ostatnich cząstkach ciał materjalnych znajdują się elektromagnetyczne układy drgające, t. zw. wibratory lub oscylatory, które są zdolne do wysyłania oraz pochłaniania energii elektromagnetycznych falowań. Przypuśćmy, iż w próżnej zresztą dziedzinie  $V$  (otoczonej przez ściany materjalne doskonale odbijające, spoczywające, utrzymywane w temperaturze wszędzie jednakowej i niezmiennej) znajduje się znaczna liczba takich elektromagnetycznych wibratorów, których energia z biegiem czasu, dzięki emisji i absorbcji, doszła do równowagi z energją elektromagnetycznego promieniowania, wypełnia-

jącego pustą dziedzinę  $V$ . Z pośród wibratorów uważajmy pewną kategorię, tę mianowicie, których częstość drgań własnych wynosi  $n$ , lub różni się od  $n$  nadzwyczajnie mało. Oznaczmy przez  $E$  średnią energję jednego wibratora tej kategorii. Pomiedzy średnią energją  $E$  a natężeniem  $J$  elementarnego  $n$ -promieniowania, które (wraz z niezliczonemi innymi elementarnemi promieniowaniami) wchodzi w skład całkowitego, zrównoważonego w  $V$  promieniowania, istnieje prosty związek w przypadku równowagi. Średnia energja  $E$  i natężenie  $J$  są wprost proporcjonalne, współczynnik proporcjonalności zależy od wybranej częstości  $n$ .

Innymi drogami idą Lord Rayleigh i J. H. Jeans; z nowego stanowiska oświetlają zagadnienie. Wyobraźmy sobie, jak wyżej, dziedzinę  $V$  próżną; dla określoności przypuśćmy, że ma postać sześciianu. Ściany sześciianu spoczywają, są doskonale odbijające i zachowują temperaturę wszędzie jednakową, z czasem niezmienną  $T$ . Próżnię sześciianu wypełnia doskonale zrównoważone promieniowanie; nie troszczymy się o to, jakim sposobem zdołaliśmy tam wytworzyć owo promieniowanie; jeżeli osiągnęliśmy je, na przykład, przez wprowadzenie do próżni ciała materjalnego  $C$ , przypuszczamy, że usunęliśmy je stamtąd, bez zmiany składu i stanu promieniowania. Zapytujemy teraz: do ilu drgań *głównych* (czyli *fundamentalnych*) zdolna jest próżnia wspomnianego sześciianu. Przez *drzania główne* rozumiemy przytem, jak oddawna przyjęto w Dynamice, odrębne, od siebie niezawisłe sposoby perjodycznej zmienności stanu układu, sposoby, z których każdy może być opisany z osobna, za pomocą jednej właściwej mu zmiennej. Zadanie tak postawione może wydać się nieoznaczone. Nie każdy jednak dowolny układ falowania jest możliwy w danym sześcianie. Dla zapewnienia odbicia, na każdej ścianie powinno stać się zadosyć pewnym warunkom; te

warunki sprawiają, że tylko pewne układy falowania, pewnych częstości, są możliwe w danym sześciacie. Liczba wszystkich możliwych układów falowania, a zatem i liczba możliwych drgań fundamentalnych, wypada wprawdzie nieskończenie wielka w skończonym sześciacie; ale liczba drgań fundamentalnych, których częstość nie przewyższa pewnej skończonej granicy, np. granicy  $n$ , jest skończona; liczba zaś  $n$ -drgań fundamentalnych (których częstość zawiera się w nieskończenie ciasnym, dokoła  $n$  skupionym przedziale) jest nieskończenie mała jak szerokość uważanego dokoła  $n$  spektralnego przedziału. Obliczywszy tę liczbę i pomnożywszy przez nią średnią energję, powiedzmy znów  $E$ , jednego  $n$ -drgania fundamentalnego, otrzymujemy zawartość w sześciacie energii  $n$ -promieniowania, czyli iloczyn gęstości  $n$ -promieniowania przez objętość sześciatu. Od gęstości do natężenia promieniowania jest jeden tylko krok; otrzymujemy więc ostatecznie związek pomiędzy średnią energją  $E$  drgania fundamentalnego a natężeniem promieniowania  $J$ ; związek ten jest dokładnie zgodny z równaniem, które Planck ustanowił, chociaż znaczenie pojęcia  $E$ , jak widzimy, jest w teorii Jeansa zupełnie odmienne. Z tem zastrzeżeniem rozwiązanie pierwszej części zadania jest zatem zgodne w teorjach Plancka i Jeansa.

## VI

W drugim stadjum rachunku dążymy do poznania związku, który, w przypadku zrównoważonego promieniowania, łączy średnią energję  $E$  wibratora  $n$ -kategorji, albo też średnią energję  $E$  fundamentalnego  $n$ -drgania z częstością  $n$  i temperaturą  $T$ . Rozwiązanie tej części zadania jest odmienne, jest nawet sprzeczne u Plancka i Jeansa. Nie możemy dziwić się temu, zważywszy, że w niniejszem zadaniu wezwali oni na pomoc różne,



dalekie od siebie poglądy na charakter i istotę promieniowania.

Jeans wychował się w Cambridge, gdzie niedawno Maxwell nauczał, gdzie żywa jest jeszcze tradycja Newtona. Jeans wierzy w ogólność Dynamiki *uogólnionej*. Nie wiedząc, czym jest próżnia i na czym promieniowanie może polegać, Jeans zakłada, że cały ten splot niewiadomych rządzi się *zasadą ekwipartycji energii*. Wyobraźmy sobie kolumnę gazu, np. wodoru, nad powierzchnią ziemską. Jeżeli zupełna równowaga termodynamiczna została już osiągnięta, średnia energia kinetyczna jednej cząsteczki gazu (w każdym dostatecznie wielkim przestrzennym przedziale) jest jednakowa, pomimo to nawet, że różne przedziały, leżące w różnej wysokości ponad poziomem, zawierają wówczas niejednakową liczbę cząsteczek. Wyobraźmy sobie kolumnę powietrza. Średnia energia kinetyczna jednej cząsteczki tlenu jest w każdym przedziale ta sama jak średnia kinetyczna energia jednej cząstki azotu albo argonu. Zupełnie podobnie, według Jeansa, średnia energia jednego drgania fundamentalnego w promieniowaniu fioletowym lub ultrafioletowym, w przypadku równowagi, jest taka sama jak średnia energia jednego fundamentalnego drgania w promieniowaniu czerwonym lub pozacz czerwonym. Porachowawszy zatem drgania fundamentalne, Jeans każde z pomiędzy nich obdarza energią  $kT$  w przypadku równowagi, gdzie  $T$  oznacza temperaturę bezwzględną zrównoważonego promieniowania,  $k$  zaś jest znaną z teorii gazów stałą powszechną, taką, iż iloczyn  $\frac{2}{3}kT$  jest średnią kinetyczną energią cząsteczki gazu doskonałego w temperaturze  $T$ .

Niestety, hipoteza Jeansa nie jest zgodna z faktami. W połączeniu z (podanem w poprzednim artykule) twierdzeniem, które pozwala znaleźć liczbę możliwych drgań fundamentalnych, zasada równego podziału energii pro-

wadzi do prostej formuły zrównoważonego promieniowania, zwanej *prawem Rayleigha*. Według tego prawa natężenie zrównoważonego  $n$ -promieniowania byłoby wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej  $T$  i do drugiej potęgi częstości  $n$ ; natężenie zrównoważonego  $\lambda$ -promieniowania (którego długość fali wynosi  $\lambda$  lub różni się nieskończenie mało od  $\lambda$ ) byłoby zatem wprost proporcjonalne do  $T$  i odwrotnie proporcjonalne do czwartej potęgi długości fali  $\lambda$ . Natężenie przypadające bardzo krótkim falom w zrównoważonym promieniowaniu byłoby więc nadzwyczaj wielkie i musiałyby rosnąć bez żadnego kresu dla fal coraz krótszych. Prawo Rayleigha może zatem być tylko twierdzeniem granicznym, do którego zbliża się, w miarę malejących częstości, prawdziwy wyraz zrównoważonego promieniowania. Tak właśnie rozumiał swą formułę jej znakomity twórca, który ograniczył ją, wyraźnie i wyłącznie, do fal bardzo długich; spostrzegł on naturalnie natychmiast, że wzór przez niego podany znalazłby się w jaskrawej sprzeczności <sup>1)</sup> z doświadczeniem, gdyby miał być rozciągnięty do fal krótkich. Tymczasem zaś hipoteza Jeansa wymaga, ażeby właśnie ten wzór był ważny i ścisły w całej rozciągłości widma.

Powracając do założeń, możemy zrozumieć najważniejszą przyczynę naszego niepowodzenia. Jak wyżej widzieliśmy, liczba wszelkich drgań fundamentalnych,

---

<sup>1)</sup> Doświadczenie wykazało, że natężenie zrównoważonego  $n$ -promieniowania, w każdej temperaturze, przechodzi przez największość dla pewnej częstości; natężenie zrównoważonego  $\lambda$ -promieniowania przechodzi podobnie, w każdej temperaturze, przez największość dla pewnej długości fali; miejsce największości przesuwa się wraz ze zmianą temperatury według wiadomego nam prawa. Tymczasem prawo Rayleigha nie przewiduje wcale podobnych miejsc największości, na miejsca takie wcale nie pozwala.

możliwych w skończonej próżnej dziedzinie, jest nieskończenie wielka. Jeżeli więc przypuszczamy, że ta próżnia, przez stosunek wymiany ze skończonym ciałem materjalnym, osiągnęła stan równowagi, jeżeli przypuszczamy, że każde drganie fundamentalne uzyskało przytem skończoną ilość energji  $kT$ , przeto energia promieniowania zawartego w skończonej próżnej dziedzinie musi wypaść nieskończenie wielka. Taki też jest oczywisty sens formuły *R a y l e i g h a*. Ponieważ jednak skończone ciało materjalne może zawierać tylko skończoną ilość energji, zatem widzimy, że, według zasady ekwipartycji, stan równowagi pomiędzy skończonym ciałem materjalnym a skończoną próżną dziedziną jest wogóle niemożliwy. Skutkiem stosunku wymiany, całkowita energia materjalnego ciała, według zasady ekwipartycji, musiałaby przenieść się do próżni; temperatura promieniowania w próżni nie podniosłaby się, pomimo to, w sposób ocenialny. Próżnia okazywałaby nieograniczoną tendencję do odbierania i pochłaniania energji; do osiągnięcia równowagi między materją a próżnią potrzebaby było w ciałach materjalnych niewyczerpanych zasobów energji.

Dochodzimy zatem do wniosku, że zasada ekwipartycji energji *nie* stosuje się do równowagi promieniowania w próżni. Doniosłość tego wyniku jest wielka. Wiadomo, iż w Kinetycznej Teorii Gazów możemy tylko wówczas określić pojęcie temperatury gazu, gdy odwołujemy się do pomocy zasady ekwipartycji energji; uzasadnienie pierwszych praw gazów doskonałych, praw *Boyle'a*, *Gay Lussaca*, *Avogadra*, za pomocą kinetycznych założeń, zależy zatem od ważności, w przypadku gazów, tej zasady Mechaniki. Stąd widzimy, jak ważna jest zasada ekwipartycji, jak rozległe jest jej doświadczalne podłoże. Rola zasady ekwipartycji rozciąga się jednak daleko poza obręb teorii gazów; zawiera



ona znaczną część zdobyczy wszystkich molekularnych teoryj, jest i długo pozostanie zapewne kierującą formułą wszelkiej multytudynarnej teorii równowag w jakimkolwiek materjalnym układzie. Ażeby tylko jeden przykład przytoczyć: ruch Browna, oraz inne zjawiska molekularnej chwiejby w ważkich ośrodkach, opanowaliśmy, za przewodem Smoluchowskiego, Einsteina, Perrina i innych uczonych, dzięki niezachwianej pomocy, której zasada ekwipartycji<sup>1)</sup> użycza. Wszystko to wiemy oddawna i pewnie; tymczasem w Teorii Promieniowania ta sama potężna zasada załamuje się, okazuje się jawnie daleka od prawdy. Oto jest fakt pierwszorzędny, z którym, od lat przeszło dwudziestu, nauka nasza napróżno usiłuje się zgodzić. Z pomiędzy lekcyj, które otrzymaliśmy w usiłowaniu zrozumienia Natury, ta negatywna jest jedną może z najwymowniejszych.

---

<sup>1)</sup> Zasada równego podziału czyli ekwipartycji energii, przezwana przez Waterstona w r. 1845, w rozprawie wówczas nieogłoszonej, została odkryta przez Maxwella w r. 1859-ym, w przypadku szczególnym. Boltzmann, który tej zasadzie oraz związanym z nią prawom Mechaniki i Termodynamiki poświęcił trzydzieści lat nieprzerwanego badania, rozwinął i uogólnił ją znacznie, wplatając ją w pasmo założeń teorii materji. W jednej z ostatnich prac swoich (1878) Maxwell powrócił do tego przedmiotu i nietylko ponownie rozszerzył zakres zasady podziału energii, lecz nadto, w polocie geniuszu, rzucił zarysy Statystycznej Mechaniki, nowej nauki, którą Rayleigh, J. J. Thomson, Lorentz, zwłaszcza zaś J. Willard Gibbs (1901) a następnie inni uczeni doprowadzili do wysokiego stopnia doskonałości. Rozwinięta i umocniona w ten sposób, wielokrotnie sprawdzona w zakresie prostszych równowag materji, zasada ekwipartycji energii budziła jednak zawsze wątpliwości lub opór; jeden z pierwszych przywódców myślenia naukowego w XIX-em stuleciu, Lord Kelvin, był trwale (1891—1904) jej przeciwnikiem; Clausius zresztą, Boltzmann, Maxwell i inni wiedzieli oddawna, że zgodność z doświadczeniem niektórych wynikających z niej wniosków jest niedostateczna, tych mianowicie, które tyczą się kalorymetrii gazów o cząsteczkach wieloatomowych.

O zjawiskach odbywających się w materialnych układach Dynamika, lub elektromagnetycznie uogólniona Dynamika, pozwala utworzyć obraz, który długo uważano za trafny w istotnych przynajmniej zarysach; dziś w tym obrazie dostrzegamy tylko graniczny, z pewnej niejako strony zdjęty widok materji. Jako wizerunek Natury, ten obraz jest niewątpliwie za prosty, za pozytywny, za prozaiczny (jeśli tak wyrazić się wolno), ażeby własności próżni, ażeby możliwości promieniowania mogły w nim się pomieścić. W dynamicznej konstrukcji teorji materji ukazywały się już zresztą skazy i rysy, niemal ginące w trudnych i nieściśłych rachunkach, nie-dostrzegalne wobec nieustannych i nieuchronnych naszych przybliżeń; w subtelniejszej teorji promieniowania te skazy i rysy przerodziły się w ostre rozłamy.

## VII

Jeżeli równy, niejako sprawiedliwy podział energii pomiędzy falowania rozmaitych częstości nie jest prawdziwy, tedy zapytujemy: który podział, gdy równowaga jest osiągnięta, wybiera Natura? Według Plancka: ten podział, który w danych warunkach jest *najprawdopodobniejszy*. Powinniśmy rozważyć, według Plancka, wszelkie w danych warunkach możliwe metody dokonania podziału i z pomiędzy nich wybrać sposób, którego prawdopodobieństwo jest najwyższe.

Ale jak obliczać prawdopodobieństwa rozmaitych sposobów dokonania podziału? Statystyczna metoda wzbogaca niezmiernie możliwości naszego myślenia, ale trudności, w które nas wikła, bywają zgoła niezwykle. Rozważmy zadanie jeszcze raz od początku. Jak wiemy z § VI-go, mamy znaleźć, w danej temperaturze, w stanie równowagi, średnią energję upatrzonej częstości,

obliczoną na jedno drganie fundamentalne według Jeansa lub, według Plancka, na jeden atomistyczny wibrator. W tym celu, zawsze w obrębie określonego widmowego przedziału, wypada nam znać prawo rozdziału energii na indywidualne drgania fundamentalne lub indywidualne wibratory Planckowskie. W podstawach teorii gazów Maxwell uchwycił i pokonał podobny problemat; w tej nauce rozpoczynamy badanie od szukania prawa rozdziału energii na indywidualne cząsteczki, z których, jak wyobrażamy sobie, składa się każde ciało gazowe. Ażeby zatem rozpoznać prawo rozdziału energii na drgania, wibratory albo cząsteczki gazowe, wyobraźmy sobie, jak to Boltzmann w r. 1872-im po raz pierwszy uczynił, że energia, którą mamy obdarzać te (jak dla zwięzłości powiemy) rozmaite *przedmioty*, składa się z osobnych elementów, cegiełek lub części, z *jednostek energii*. Przypuśćmy, że  $N$  drgań, wibratorów, cząsteczek,  $N$  wogóle przedmiotów chcemy uposażyć  $n$  jednostkami energii. Przypuśćmy, że jest nam wiadomo, *ile* jest przedmiotów, z których każdy posiada określoną liczbę jednostek energii. Powiadamy, że wiadomo nam, *ile* przedmiotów, lecz niewiadomo *które*; taki stan rzeczy nazwijmy *rozdziałem* energii. Jeżeli ponadto jest nam wiadomo, *które* przedmioty (znane nam, więc jakkolwiek bądź przez nas wyróżnione, na przykład ponazywane) otrzymały wszelką daną liczbę jednostek energii, wówczas mówimy, że wiadomy nam jest *rozkład* energii w uważanym zespole przedmiotów. Każdy rozdział energii mieści w sobie widocznie rozmaite rozkłady; wiele, niekiedy bardzo wiele rozkładów składać się może na rozdział. Za miarę prawdopodobieństwa rozdziału Boltzmann i Planck poczytują liczbę rozkładów, które on obejmuje, które do niego należą. Innemi słowy, Boltzmann oraz Planck postępują, jak gdyby było rzeczą *a priori* widoczną, że rozkłady są wydarzeniami o jednostkowym, równem



prawdopodobieństwie. Jednakże, z pewnego punktu widzenia, rozkłady są znowu zawilemi, wypadkowemi wydarzeniami. Gdybyśmy przypuścili, że, operując jednostkami energii, potrafilibyśmy każdą osobicie odróżnić, o tożsamości każdej jednostki przekonać się pewnie, wówczas rozkłady mogłyby wielu sposobami dochodzić do skutku; rozkłady byłyby wówczas bynajmniej nie równoważne, nie identyczne, prawdopodobieństwa rozdziałów wypadłyby zgoła inaczej aniżeli Boltzmann i Planck przypuścili; ich założenia nie są zatem *a priori* oczywiste ani konieczne. Ale żadna owocna w nauce metoda myślenia nie była aprioryczna.

Możnaby mniemać, biorąc rzecz powierzchownie, że wybór miary prawdopodobieństwa zależy od umowy; że możemy go dokonać dowolnie. Określenia pojęć, u wstępu nauki, są tylko pozornie dowolne. Tworzymy pojęcia, mniej lub bardziej świadomie, dla uporządkowania, dla uproszczenia i umocnienia wiedzy, którą posiadamy o pewnych zjawiskach. Ulegając względom historycznego rozwoju (a one są zwykle psychologicznemi i fizjologicznemi względami), wykształcamy te pojęcia stosownie do celów, które chcemy i które w chwilowem stadium badania możemy osiągnąć. Tak mają się rzeczy również w zastosowaniu do Fizyki pojęcia prawdopodobieństwa. Od pierwszych prób mechanicznego lub statystycznego pojmowania treści uogólnień naszej nauki zaczęto dostrzegać podobieństwo, które między niem a sposobami rozumowania Rachunku Prawdopodobieństwa zachodzi. Idąc tą drogą, Boltzmann ustanowił wielkiej wagi twierdzenie: istnieje związek między prawdopodobieństwem rozdziału energii w układzie a jego entropją. Ale ów związek spełnia prawdopodobieństwo rozdziału, obliczone według Boltzmannowskiego określenia; inaczej obliczone prawdopodobieństwo go

nie spełnia. Musimy powołać się na ten fakt, ażeby uzasadnić *a posteriori*, dlaczego w określeniu prawdopodobieństwa rozdziału idziemy za Boltzmannem, za Planckiem. Co tkwi na dnie tego faktu? czego można się z niego nauczyć? mimo długich dyskusyj, nie mamy niewątpliwej odpowiedzi na te i podobne pytania. A gdy twierdzenie Boltzmann'a gra dziś coraz ważniejszą rolę w najtrudniejszych badaniach, utwierdzamy się jeszcze raz w spostrzeżeniu dość gorzkim, że wielkie uogólnienia nauki, dopóki są owocne i dobroczynne, bywają zazwyczaj najbardziej niejasne.

## VIII

Gdy umiemy obliczyć prawdopodobieństwo każdego rozdziału energii, rzeczą prostego rachunku jest znalezienie najprawdopodobniejszego rozdziału w zakresie promieniowania każdej wybranej częstości oraz średniej energii, która tem samem na jeden przedmiot przypada. Rozwiązanie tych zadań, jak wiemy z poprzedzających wywodów, jest rozwiązaniem całego zadania.

Idąc tą drogą, Planck został doprowadzony do słynnej formuły, która nosi jego nazwisko i która, o ile wiemy dotychczas, zgadza się dobrze z wynikami pomiarów, w granicach nieuniknionych błędów dostrzeżeń. Nie będziemy tu przytaczali formuły Planck'a; zwrócimy raczej uwagę na najważniejszy wniosek, który z niej natychmiast wypływa. Oznaczmy przez  $e$  elementarną ilość czyli jednostkę energii, o pewnej wybranej częstości; literom  $k$  oraz  $T$  zachowajmy ich przeznaczenie poprzednie. Formuła Planck'a wskazuje nam wówczas, że średnia wartość energii jednego wibratora (lub drgania fundamentalnego) *nie* wynosi  $kT$ , jak wymagałaby tego zasada ekwipartycji energii; stosunek tej średniej

do  $kT$  nie równa się jedności, lecz zależy znów od stosunku  $e$  do  $kT$ . Wprawdzie średnia energja wibratora lub drgania dążyłaby do przybrania granicznej wartości  $kT$ , gdybyśmy uczynili  $e$  znikającą, lecz rzeczywistość nie pozwala na to przypuszczenie; gdy bowiem  $e$  dąży do zera, formuła Plancka w granicy przeobraża się w prawo Rayleigha, wiemy zaś pewnie, że temu prawu doświadczenie stanowczo zaprzecza rzeczywistej ważności i prawdy. Musimy zatem pozostawić  $e$  skończoną w formule Plancka, różną od zera. Istnieją skończone *quanta* czyli jednostki energji; uczy nas tego, w oświeceniu rachunku, rzeczywistość promieniowania.

Taki wniosek opanowuje natychmiast nasze myślenie. Prawa tworzenia się związków chemicznych przyzwyczały nas oddawna do pojęcia *chemicznego atomu*, który jest atomem masy. Badanie zjawisk elektrolizy, ionizacji, katodowych promieni doprowadza, jak wiemy, do hipotezy *elektronu*, który jest atomem elektrycznego ładunku. Roztrząsając warunki równowagi promieniowania, czy odkryliśmy teraz *quanta* czyli atomy energji? Czy powinniśmy istotnie wyobrażać sobie spójne i łączne, niepodzielne, niezmiennie jednostki promienistej energji? Czeka nas tu ogromne trudności. Atomy chemiczne, przynajmniej w Chemji wczorajszej, klasycznej, są niezmiennie; atom H lub O lub Cl jest elementem najprostszym, nietykalnym w (zwyczajnych) reakcjach chemicznych. Elektron jest, podobnie, najprostszą, stałą jednostką ładunku w elektromagnetycznych zjawiskach. Jednostka  $e$  energji jest, przeciwnie, czemś złożonem, zależnem i zmiennem; według Plancka  $e$  zależy od częstości uważanego elementarnego promieniowania. Ażeby pozostać w zgodzie z ogólnymi, termodynamicznymi prawami równowagi, Planck przypuścił, że jednostka  $e$  jest wprost proporcjonalna do częstości drgań promieniowa-



nia lub odwrotnie proporcjonalna do jego długości fali. Zależna od charakteru, od tężna promieniowania, zmienna wielkość  $e$  nie może być trwałym, wiecznym atomem, nie może być elementem pierwotnym, z którego świat zjawisk jest zbudowany. Lecz jeżeli pomnożymy wielkość  $e$  przez okres  $\tau$  drgania promieniowania, otrzymamy iloczyn  $e\tau$  *niezmienny*. Iloczyn energii przez czas nazywamy w Dynamice *działaniem*; ważne twierdzenie tej nauki nazywa się *zasadą najmniejszego działania*. W nowoczesnej teorii *quantów* twierdzimy dziś zatem, że w fizycznych zjawiskach, lub przynajmniej w promieniowaniu, istnieje pewna *stała i powszechna ilość*, pewna *norma* działania; ta norma  $e\tau$  lub też krócej  $h$ , jak za Plancka przykładem przyjęto ją pisać, wynosi

$$h = 6.55 \times 10^{-27} \text{ erg} \times \text{sek.}$$

Gdybyśmy znali dokładnie postać praw rządzących najdrobniejszymi przemianami Natury, wiedzielibyśmy zapewne, co znaczy  $h$ ; w tym względzie Bohra teoria, która do normy  $h$  odwołuje się także, budzi niejaką nadzieję. Zadawaliśmy się tymczasowo (niewątpliwie abstrakcyjnym) założeniem, że uniwersalna stała  $h$  wyobraża *minimum* możliwego działania; z jednostek, z atomów  $h$  wznosimy różnorodność ruchów i zmian w ostatnich okrucach dostępnego nam świata.

Jeśli od takiej *quantowej*, wręcz rewolucyjnej mechaniki powrócimy w myśli do dawnej, Newtonowskiej, klasycznej, doznajemy wrażenia, że owa uświęcona nauka była statystycznym przybliżeniem, że przeceniała prawdziwość *liczb wielkich*, że przeslizgiwała się niejako po ziarnistości *quantów*  $h$  działania. Wiemy, że statystyczne twierdzenia, zwane na przykład *prawem śmiertelności*, *prawem urodzeń* i t. d., sprawdzają się wystarczająco w zastosowaniu do dziesiątek lub setek milionów

ludzkich jednostek; lecz nie tyczą się one, najoczywiściej, naprzykład pewnej rodziny, złożonej z kilku osób. Podobnie prawa gazowego stanu skupienia, prawa ściśliwości, rozszerzalności, rozprężliwości, dyfuzji, prawa wewnętrznego tarcia i przewodnictwa cieplnego w gazach obowiązują w olbrzymich zbiegowiskach molekuł; w miarę znacznego rozrzedzania gazowego ośrodka zaczynają odbiegać od prawdy. Prawa równowagi i prądów elektryczności, prawa elektrostatyki, elektrokinetyki, elektrolizy, indukcji sprawdzają się, gdy mamy do czynienia z nieprzejrzanym zastępem swobodnych lub związanych elektronów; w nielicznej grupie ważność praw takich niknie, ich postać zmienia się całkowicie. Granice uprawnień klasycznej Dynamiki możemy wyobrażać sobie zupełnie podobnie. Według zasady ekwipartycji energii, średnia energia jednego wibratora lub jednego drgania fundamentalnego, odpowiadającego pewnemu elementarnemu promieniowaniu (którego okres jest  $\tau$ ), powinna zawsze wynosić  $kT$ , działanie powinno wynosić  $kT\tau$ . Jeżeli działanie  $kT\tau$  jest nieporównanie większe niż stała  $h$ , klasyczna Dynamika powraca do głosu, zasada ekwipartycji energii spełnia się, zatem jej bezpośrednio następstwo, prawo Rayleigha, powinno zgadzać się z prawdą. Wiemy istotnie, że własności zrównoważonego promieniowania zbliżają się ku normom, przepisany w prawie Rayleigha, tem bardziej, im dłuższe są fallowania lub im wyższa jest temperatura, ku którym zwracamy badanie; im krótsze są fale, im temperatura jest niższa, tem jaskrawszy rozłam stwierdzamy między wymaganiami Dynamiki a rzeczywistością, tem widoczniej zawodzi nas prawo Rayleigha, tem bardziej przewyższa ją quantowa formuła Plancka.

## IX

Przytoczmy niektóre wyniki liczbowe, które pozwolą nam ująć zagadnienie z nowego punktu widzenia. Powiedzieliśmy w § VI-ym, że w każdej temperaturze natężenie zrównoważonego elementarnego promieniowania przechodzi przez największość dla pewnej częstości. Owóż w miejscu takiej największości średnia energia wibratora lub drgania fundamentalnego nie wynosi wcale  $kT$ , jak tego żąda zasada ekwipartycji; jest 29 razy mniejsza niż  $kT$ ; przykład, w którym niemoc tej zasady okazuje się jawnie. W miejscu największości jedno *quantum* działania przypada przeciętnie na 145 wibratorów. Skoro *quanta* są niepodzielne, więc tylko bardzo nielicznym wibratorom udaje się pochwycić jedno lub kilka i przywłaszczyć je sobie; wszystkie inne są nieme lub, jak Kamerlingh Onnes wyraża się obrazowo, są *z m r o ż o n e*.

Tu zatem odsłania się nowy i bardzo istotny widok zadania. W teorii równowag promieniowania okazuje się zwykle, że w uważanym układzie jest mało *quantów* energii, tak iż znaczna większość wibratorów układu nie ma żadnego udziału w zjawisku. Wibratory wysokiej częstości będą z pewnością szczególnie upośledzone przy podziale energii; ponieważ *quanta* energii odpowiednie ich nastrojeniu są ogromne, rzadko taki wibrator okaże się przygotowany i zdolny do wchłonięcia naraz ilości *quantum*, tem bardziej zaś wielokrotnej. Gdy zwłaszcza temperatura jest jeszcze stosunkowo dość niska, wibratory, które w chórze winnyby brzmieć najwyższymi tonami, będą zatem przeważnie pogrążone w milczeniu; skąd oczywiście wynika, że w składzie całkowitego zrównoważonego promieniowania znajdzie się znacznie mniej krótkich falowań aniżeli wypadałoby z prawa Ray-



leigha. W takich razach mówimy, że układ jest *ubogo* uposażony w jednostki energii.

Do wprost przeciwnego typu równowag należą przypadki, które roztrząsamy zwyczajnie w kinetycznych teoriach. Gaz, do którego możemy stosować zwykle założenia statystycznego rachunku, musimy poczytywać za układ *sowicie* zaopatrzony w jednostki energii. Podobne twierdzenie nie zawierałoby wcale treści, gdybyśmy przypuszczali, że energia zmienia się ciągłym sposobem; lecz jeśli istnieją przerywane *quanta* energii, ich liczba w danych warunkach jest określona i może być mała lub wielka w stosunku do liczby obecnych atomów albo cząsteczek. Plancka formuła promieniowania wymaga, jak wiemy, pierwszego założenia, mianowicie, iż układ jest skąpo obdarzony energją. W przeciwnym przypadku, gdy zasób quantów w układzie jest nadzwyczajnie obfity, znajdujemy się wobec zagadnień, obejmujących w sobie znane z Teorii Gazów zapytanie, jak rozdziela się energia gazu na jego indywidualne cząsteczki; rachunek prowadzi nas wówczas w granicy do słynnego prawa Maxwella, które przepisuje najprawdopodobniejszy sposób tego rozdziału. Mamy tu dwa skrajne i wprost sobie przeciwne, a przytem bardzo szczególne przypadki prawdziwości ogólniejszej ale zawilej.

W cieczech, poniżej temperatury krytycznej, nie możemy oczekiwać takiego jak w gazach nadmiaru energii; ciecze zatem nie stosują się prawdopodobnie dokładnie do zasady ekwipartycji. Wiadomo istotnie, że odkryte przez J. D. van der Waalsa rozległe prawo termodynamicznej zgodności, uogólnienie, które Kamerlingh Onnes połączył z zasadami klasycznej Dynamiki, nie jest ścisłym twierdzeniem, że sprawdza się tylko w pewnym stopniu przybliżenia. Ten fakt możemy zapewne przypisać, przynajmniej w części, niedoskonałemu stosowaniu się cieczy do zasady ekwipartycji energii.

Największych odstępstw od zasady ekwipartycji możemy spodziewać się w termodynamicznym zachowaniu ciał stałych; taka hipoteza, która sama przez się wypływa z przyjętych założeń, stanowi myśl główną Einsteina molekularnej teorii budowy ciał stałych (1907). Wspominamy tylko dorywczo, w tem miejscu, o dalszych losach tej myśli. Okazało się przedewszystkiem, że znane empiryczne spostrzeżenie o cieple właściwem ciał stałych, dokonane przed stu laty (1819) przez Dulonga i Petita, jest wnioskiem, do którego łatwo prowadzi zastosowanie zasady ekwipartycji energii; odwołując się zatem do hipotezy *quantów*, tłumaczymy natychmiast przybliżoną ważność prawidła w niektórych przypadkach, jego zupełną niemoc wobec innych, zwłaszcza w niskich temperaturach czynionych doświadczeń; dochodzimy tą drogą do twierdzeń ogólniejszej postaci, w których reguła Dulonga i Petita mieści się jako graniczny przypadek. Gdy i te, przez Einsteina i innych uczonych podane, uogólnione twierdzenia są, jak okazało się, niedostateczne, P. Debye, skądinąd zaś Born i Karman opracowali w ostatnich czasach znacznie ogólniejszy i bardzo głęboki zarys molekularnego ustroju materji w stałym, lub lepiej powiedzmy w *krystalicznym* jej stanie skupienia.

## X

Gdybyśmy próbowali najogólniej wyrazić treść istotną zdobyczy, którą zostaliśmy wzbogaceni przez teorię *quantów*, musielibyśmy zapewne powiedzieć, że w fundamentalnych faktach promieniowania zauważyliśmy istnienie w Naturze pewnej *nieciągłości*; że odnaleźliśmy ją następnie w korowodzie innych zjawisk fizycznych, o których bardzo pobieżnie lub wcale nie wspominaliśmy w niniejszym szkicu ulotnym. Ale w czem ta nieciągłość? Planck wyobrażał ją sobie pierwotnie w procesach

emisji oraz absorbcji, dokonywanych przez cząstki materji; później próbował ją ograniczyć do samej tylko emisji. Niels Bohr, jak widzieliśmy, dał założeniu Plancka postać konkretną i jasną, zagarniając zarazem pod panowanie teorii ogromne pasmo zjawisk spektralnych. Powracając poniekąd do optycznych wyobrażeń Newtona, Einstein, Stark, J. J. Thomson i inni uczeni chcieli upatrywać nieciągłość we włóknistej budowie promieniowania, w jego niejako przestrzennem utkaniu. W najprostszej postaci nieciągłość, jak wiemy, występuje w pojęciu dynamicznego *działania*, które w czterowymiarowym Minkowskiego świecie staje się bardzo pierwotnem pojęciem; ale możemy ją według życzenia przesuwac do rozmaitych z kolei porządków myślenia. Umieścimy ją, być może, w geometrycznych pojęciach; ogłosimy próżnię za stwór popękany, nieciągły. Zgodzimy się kiedyś zapewne, że czas jest atomistyczny, jak już nawpół ironicznie zalecał Poincaré. Ale pozbyć się nieciągłości nie potrafimy żadnym sposobem. Powzięliśmy podejrzenie, że jakowaś nieciągłość tkwi gdzieś w głębi świata wydarzeń; a jest to myśl świeża i silna, która może się wsaczyć do całego naszego sposobu pojmowania Natury, która może wszystko przekształcić, co nie jest z nią zgodne.

Dziś jednak w Optyce natrafia na nieprzewyciężone trudności. Zasób doświadczeń, nagromadzonych w Optyce przez przeciąg kilku stuleci, zasób bogaty i ścisły i pewny, stoi w rażącej sprzeczności z jakąkolwiek bądź hipotezą świetlnych przesylek, ładunków albo pocisków. Wobec precyzji zjawisk optycznych myśl *quantów* wydaje się nietylko bezsilna, zbyticzna, lecz sama z sobą niezgodna. Tylko skończony ciąg promienistych w próżni zaburzeń może wyniknąć z emisji skończonej ilości energii; tylko skończony ciąg może dać powód do absorbcji skończonej ilości energii. Tymczasem zwykle pojęcia długości



fali oraz częstotści lub okresu drgania *nie* stosują się wcale do skończonego, do urywającego się ciągu falowań; są to pojęcia oznaczone i jasne w *nieskończonym* tylko, w wiecznie trwającym, w nieograniczenie rozległym ciągu, którego amplituda jest bezwzględnie stała. A zatem pojęcia długości fali, częstotści i okresu drgań *nie* mają określenia w quantowych teorjach; gdy w tych teorjach piszemy  $n$ ,  $\lambda$  lub  $\tau$ , grozimy Naturze narzędziem, które strzaskaliśmy sami.

Ufajmy jednak przyszłości. Niezrozumiałe dzisiaj zagadki *jutro*, uśmiechu pełne jutro zapewne wyjaśni. W panującej jeszcze ciemności, pod dotknięciem ogromnej, choć nam samym dotychczas niejasnej idei, nieoczekiwany, rozgałęziony splot prawdy z nieobjętego pola rzeczywistości wyrasta.

---

## VIII. PRZEMÓWIENIE, W DNIU 6-ym WRZEŚNIA 1917-go ROKU WYPOWIEDZIANE NAD TRUMNĄ MARJANA SMOLUCHOWSKIEGO.

Staję przed Wami, Żałobni Słuchacze, w przygniatającem uczuciu osierocenia. Pragnę złożyć wyrazy hołdu i żalu nad tą oto trumną imieniem Polskiej Akademji Umiejętności, z której polecenia przemawiam.

W pełni sił, w rozkwicie twórczości, odchodzi nas jeden z najświetniejszych umysłów, któremi chlubiliśmy się w naszej Rzeczypospolitej Nauk. Marjan Smoluchowski zapisał swe imię niezatartemi zgłoszkami w dziejach poznawania i pojmwowania Natury. Zebrał bogaty plon odkryć, rzucił hojny siew myśli, których owoce przypadną pokoleniom następnym. Czystą i gorącą miłością kochał naukę i oddawał jej, bez rachuby i miary, usilny trud całego żywota. Myśl jego dziwiły i przykuwały wszystkie te rzeczy, które *nie od wczoraj są*, o których, skąd wzięły się, nikt nie umie powiedzieć. Byстрыm, przenikliwym wzrokiem wpatrzony w zrozumiałość Natury, wrażliwy na jej ukrytą harmonję, szczęśliwy swą pracą, wynagrodzony dokonanemi dziełami, wolny nawet od owej goryczy, którą nieraz trzeba przypłacać umysłowy wysiłek, szedł krokiem swobodnym i pewnym ku podniosłym zadaniom, które sam postawił był sobie. Niestety, już przeszedł przez życie, już stanął u wrót, które przed człowiekiem potęga śmierci dopiero otwiera; już

jest w tej krainie, na którą, ponad całun zniszczenia, rzucamy nadzieję.

Podziwialiśmy go od tak dawna, pokochaliśmy go później tak bardzo serdecznie; dzisiaj musimy go już opłakiwać. Słowa zamierają na ustach, myśl zdumiewa się pod uderzeniem takiego nieszczęścia; serce krwawi się, tajne struny duszy drgają krzykiem zgrozy!

Wysokim lotem szybowwały myśli Zmarłego ponad wi-  
dnokreгіem rzeczywistości. Ale jest-że myśl ludzka prostą  
czytelniczką ustanowienia dzieł Stwórcy? Czy śni tylko  
ogromy, w których nie znajduje dna ani kresu? Czemże  
jesteśmy i czy wogóle jesteśmy, zgubieni wśród bezmiaru  
pozorów? Czujemy się echem Przedwiecznej Twórczej  
Potęgi, Mocy Bożej. Ona wzniciła tego ducha, który sięgał  
tajemnic; Ona go dziś odwoływa nieubłaganem zrządze-  
niem; w Niej rozplynął się, do Niej powrócił, jak kiedyś  
świat, cały świat migotliwy, powróci.

---



## IX. BŁĘKIT NIEBA.

Niebiosa są błękitne; o tem wiemy wszyscy; każdej chwili, w dniu nienazbyt pochmurnym, możemy dokonać tego spostrzeżenia. Któż jednak zastanawia się nad zjawiskiem, dostrzeganem codziennie? Przez tysiące lat sklepienie niebieskie zamykało się wspaniale ponad szaleństwem i ponad cierpieniem mrowia ludzkiego; przez tysiące lat unosiło się niedosiężnie ponad granicą lotu myśli człowieka. Dopiero pomiędzy 1871-ym a 1899-ym rokiem Lord Rayleigh, w Terling Place, w Anglii, po raz pierwszy na tej planecie zrozumiał, *dlaczego niebiosa są błękitne*. Idąc za rozumowaniem wielkiego angielskiego myśliciela, zaczynamy pojmować, że owa gra barw, na którą spoglądamy codzien obojętnie, może odślonić nam nieoczekiwane widoki urządzenia rzeczy w Naturze. Gdy w nim cokolwiek zdołamy zrozumieć, świat zawsze nas dziwi, zawsze nas olśniewa; myśl wyrывa się wówczas radośnie z ciasnego koła potocznych ludzkich zabiegów.

### I

Wyobraźmy sobie ośrodek gazowy, jak atmosferyczne powietrze, złożony z olbrzymiej liczby małych cząsteczek, t. zw. *molekuł*. Powiadamy, że w jakiejś dostrzegalnej objętości, wypełnionej gazem normalnej gęstości, liczba cząsteczek jest olbrzymia; liczbę tę znamy dzisiaj dokładnie. W temperaturze 0°C i pod ciśnieniem jednej

atmosfery (czyli w t. zw. warunkach normalnych) każdy sześcienny centymetr gazu doskonałego zawiera  $27 \times 10^{18}$  molekuł. Pomimo, że ich jest tak wiele, cząsteczki gazów w warunkach normalnych nie są hynajmniej gęsto nagromadzone. Cząsteczki są niezmiernie drobne, są niezmiernie małe w stosunku do odległości, które oddzielają je od siebie zwyczajnie; gaz zwykłej gęstości jest niemal próżnią, zamąconą przez znikający ślad tylko materji. Na litr wodoru, w warunkach normalnych, przypada 0·00009 litra substancji wodoru czyli czegoś, co mniej albo więcej jest istotnie materją; reszta zaś, t. j. 0·99991 litra, przypada na próżnię. Widzimy, że w gazie normalnej gęstości oceany próżni oblewają dokoła dalekie od siebie wysepki materji.

Cząsteczki gazów nie pozostają w spoczynku; przeciwnie, biegną wciąż, we wszystkich kierunkach, pospiesznie, bezładnie. Gdy dwie cząsteczki spotykają się z sobą, załamują drogi, odwracają kierunki; odskakując od siebie, poruszają się zwykle zupełnie inaczej aniżeli biegły przed spotkaniem. Stąd wynika, iż cząsteczki gazów, chociaż są rzadko rozsiane, przeszkadzają sobie nawzajem niezmiernie; stąd wynika, że posuwają się naprzód bardzo powoli, jakkolwiek mkną naogół z prędkością ogromną. W normalnych warunkach temperatury i ciśnienia cząsteczka wodoru biegnie średnio z prędkością około 1700 metrów na sekundę; lecz ponieważ w ciągu każdej sekundy odbywa około 9-ciu miliardów spotkań z innymi cząsteczkami, zatem bez zakłócenia, bez starcia, może dążyć prosto przed siebie zazwyczaj tylko przez czas bardzo krótki; przeciętna swobodna jej droga wynosi tylko około 0·00002 centymetra. Rozumiemy teraz, że cały ów tłum molekularny szamoce się wciąż w gorączkowym tumulcie. Co chwila, w tym wrzątku wydarzeń, dzieje się coś, co jest najmniej spodziewane. Gdzieś w gazie gromadzą się nagle zbiegowisko cząsteczek, ale rozprasza się zaraz;

to znowu któraś cząsteczka wyskakuje ze zgiełku z nadzwyczajną, niebywałą prędkością, ale pozostałe cząsteczki odbierają jej tę prędkość natychmiast. Fantastyczne zdarzenia trafiają się rzadka, jak wśród ludzi, tak w społeczeństwie molekuł. Ale wszystko, co stało się, przemija natychmiast; wszystko dzieje się, wszystko znika, wszystko dokonywa i rozchwiewa się z zawrotną szybkością.

## II

Przypuśćmy, że przez taką burzliwą hałastę dygocących cząsteczek płynie fala świetlna, czysty i spokojny dźwięk próżni powszechnej. Przypuśćmy na chwilę, że jest to fala jednorodna, prosta, niezmienna, perjodyczne wstrząśnienie określonej i stałej częstości. Wyobraźmy sobie, że fala ta biegnie z nieskończonej oddali, przez bezbrzeżne puste przestrzenie; nazwijmy ją, dla zwięzłości, falą *pierwotną*. Dopóki gra w próżni, fala pierwotna nie roni nic z właściwej swojej energii; dopóki przez próżnię się szerzy, snop fali pierwotnej niesie nienaruszony strumień energii, który nie ucieka, nie rozprasza się w żadnym ubocznym kierunku, ani też nie przeobraża się w żadną inną postać energii.

Dopadłszy granicy materialnego ośrodka, fala przenika do wnętrza; ale i tam biegnie tylko przez próżnię; tylko próżnia jest dość doskonała, ażeby ją mogła roznosić. Wiemy, że w gazach jest mało właściwej materialnej substancji; gazy są to bardzo rozcieńczone roztwory materji w próżni. Fala pierwotna biegnie więc przez puste obszary, które oddzielają od siebie cząsteczki; po drodze musi jednak uderzać o rozsiane fragmenty materji. Co dzieje się wówczas? Jaki jest mechanizm oddziaływania pomiędzy falą a materialnym atomem? Jest to pytanie fundamentalne w zagadnieniu, którem jesteśmy obecnie zajęci.

Możemy odpowiedzieć na to pytanie, w obecnej chwili



stosunkowo najłatwiej, w elektronowej teorii budowy atomu. Według tej teorii, materjalne atomy zawierają w sobie, oprócz innych części składowych (t. zw. jąder dodatnich), drobne, elektryczne punkciki, elektrony, obdarzone stosunkowo znacznymi, ujemnymi elektrycznymi ładunkami oraz bardzo małymi, pozornymi masami. Z pomiędzy elektronów atomu, niektóre są w nim, być może, trzymane na uwięzi; inne krążą w nim bystro, mniej więcej podobnie jak planety w układzie słonecznym. Przypuśćmy, że na taki zawity elektryczny budynek spada elektromagnetyczna fala, która otacza i przenika go nagle. Elektrony, które znajdowały się dotychczas w spoczynku, poczynają drgać; te, które krążyły po regularnych orbitach, zalachają odłąd drogi nowe, zwichrzone, odmienne od dawnych. Od rozkołysanych, od zakłóconych w obiegu elektronów dążą przez próżnię drobnutki, molekularnie znikome elektromagnetyczne zaburzenia; nazwiemy je krótko falami wtórnymi\*). Dokoła zatem każdego atomu, wstrząsanego przez falę pierwotną, szerzy się drobna fala wtórna; nieustannie wzbudzana przez atom, fala ta nieustannie od atomu ucieka. Skąd pochodzi energia, którą niesie w sobie ta fala? Wybiegając z atomu, fala wtórna odbiera mu energję, którą dalej przewodzi; atom zaś czerpie energję z fali pierwotnej; każda więc fala wtórna musi w drobnej mierze hamować i tamować falę pierwotną, musi z niej wydobywać, za pośrednictwem atomu, pewną małą ilość energii, którą roznosi następnie we

\*) W opisany sposób, według wszelkiego prawdopodobieństwa, wytwarzają się fale wtórne dokoła atomów. Fale pierwotne, wysyłane przez materjalne atomy, powstają inaczej, jak widzieliśmy w poprzednim rozdziale tej książki. Dalszy bieg myśli w obecnym naszym wywodzie nie zmieniłby się zresztą istotnie, gdybyśmy, chcąc uniknąć dzisiejszego dualizmu optycznych teoryj, próbowali zastosować również i do wtórnego promieniowania atomów hipotezę katastrof, która, jak wiemy, szczęśliwie tłumaczy pochodzenie ich pierwotnego promieniowania.

wszystkich kierunkach przestrzeni. Energja falista nie ginie ani przeobraża się istotnie w takim procesie, ale rozsiewa się, gubi się; mówimy, że promieniowanie *rozprasza się*. Dopóki fala pierwotna pędzi przez próżnię, jej strumień energii, choć w podskokach, leje się bez uszczerbku w określonym kierunku. Gdy jednak, dobiegłszy gazowego ośrodka, przedzierać się musi przez chaos molekuł, fala bryzga pianą bezładną, która w nią wsiąka, zmienia jej ustrój i wyczerpuje jej pierwotną żywotność.

Co dzieje się w gazie, możemy wyobrazić sobie, jak następuje. Wybierzmy którykolwiek bądź punkt  $M$  owych pustek, które rozciągają się pomiędzy cząsteczkami materji. Którykolwiek punkt  $M$  tych odstępów wzięliśmy pod uwagę, możemy być pewni, że krzyżują się w nim miljarde miljarde małych zaburzeń, które z miljarde miljarde bliższych i dalszych atomów wzięły początek. Krzyżując się, niezliczone te wstrząśnienia zespalają się z sobą; jednoczą się one zarazem z falą pierwotną, która przebiega te same obszary; wszystkie te bowiem zjawiska faliste są okresowe w jednakim rytmie, są zmienne z tą samą częstością. Musimy jednak rozumować ostrożnie i wystrzegać się wniosków pośpiesznych. Kojarząc się z sobą, fale wtórne, pochodzące od dwóch różnych atomów, niezawsze wzajemnie wzmacniają się; mogą się one również osłabiać, mogą się nawet zobojeźniać i znosić. Wszelka fala składa się ze zjawisk *wektorjalnych*, z których każde odbywa się w określonym kierunku. Przypuśćmy, że pod wpływem fali, biegnącej z atomu  $A$ , powinno odbyć się w chwili  $t$ , w punkcie  $M$ , pewne elektryczne zjawisko skierowane wprost przeciwnie niż to, które w tej samej chwili, w tym samym punkcie, wywołałaby fala, idąca z atomu  $B$ ; skutki tych fal wówczas sprzeciwiają się sobie, wynik zespołu dwóch fal może być słabszy niż efekt jednej fali składowej; wynik ten nawet może być zerem.

Dopóki mówimy o wzajemnem nakładaniu się na siebie dwóch wtórnych fal, zagadnienie jest określone; możemy je rozwiązać bez głębszej trudności. Lecz skoro pragniemy zrozumieć bieg promieniowania przez molekularny ośrodek, musimy rozważać interferencję, w danej chwili i w danym punkcie ośrodka, niezmiernej liczby fal wtórnych, których mnogość i różnorodność jest nie do objęcia. Takie zagadnienia w istocie nie są nierozwiązalne; ale przez nadmierną wielość wiadomości, które byłyby potrzebne do rozwiązania, stają się nieoznaczone. Na szczęście, zagadnienia fizyczne, które uchylają się z pod władzy dawniejszych deterministycznych metod nauki, podpadają tem samem, w zmienionej postaci, pod możność i zdolność *statystycznego* sposobu rozumowania; nazwa jest trafna, albowiem znany pod nią piękny i szczodry prąd rozpoznania kieruje się myślą przewodnią, którą t. zw. matematyczna Statystyka oraz inne zastosowania lub działy Rachunku Prawdopodobieństwa oddawna są przesiąknięte. Spoglądamy dziś w Fizyce na stany i zmiany w otaczającym nas świecie mniej więcej podobnie jak meteorolog rejestruje opady atmosferyczne w Islandji lub około Przylądka Dobrej Nadziei, jak demograf zapisuje urodzenia i zgony w Indjach lub Chinach, jak historyk przebiega w myśli tysiącoletnie zamęty wędrówek i walk ludów i ras w dolinie Eufratu lub Nilu. Nie zapytujemy o szczegóły, których nikt nie potrafiłby objąć; szukamy tylko wielkich sum lub przeciętnych. Nasza zdolność myślenia nie pozwala nam zwykle wpatrywać się w świat bystrzej i dostrzegać w nim więcej; zmysły nie mogą zapoznawać z drobiazgami wydarzeń, które widzimy, jak z wyniosłego szczytu górskiego, przez mgłę oddalenia. Oddawna, lecz nieświadomie Fizyka rządziła się temi prawdami; w naszych czasach zaczyna kierować się nimi odważnie i konsekwentnie. Największe uogólnienia naszej nauki okazują się spostrzeżeniami o zastępach



atomów, o rojnych chmurach elektronów, o spłotach wektorów i pól, o zbiegowiskach wydarzeń i wrażeń. Przykładem takiego twierdzenia jest zasada Carnota, szerokie, wspaniałe spojrzenie na wszechświat, ślizgające się jednak ogólnikowo po rubieży rzeczywistości. Prawa Statyki i Dynamiki, prawa Hydrostatyki i Hydrodynamiki, prawa zjawisk sprężystych, kapilarnych, elektrycznych, magnetycznych, elektromagnetycznych i chemicznych są podobnie najczęściej statystycznymi prawdami.

Na przeciętnych poprzestaje także Optyka molekularna. Rozmieszczenie cząsteczek gazu w przestrzeni, w pewnej dowolnej chwili, jest dziełem przypadku; rozdział faz ich wewnętrznych przemian i przejść jest nieobliczalny. W rozkładzie cząstek, w ich chwiejbie i wirze niema ładu, systematu, porządku; bujny świat molekularny żyje nieprzejrzaną mnogością zdarzeń odrębnych, niepodległych, niezależnych nawzajem od siebie. Dlatego rozwiązanie zadania o interferencji molekularnych fal wtórnych jest statystycznie możliwe w przypadku gazowego ośrodka. W gazie, jak Rayleigh pokazał, fale wtórne pomagają sobie naogół, przysięgając się w walce z falą pierwotną. Wzdłuż całej drogi, którą fala pierwotna toruje sobie w ośrodku, mociuje się ona nieprzerwanie z zespołem fal wtórnych; w tych zapasach wyczerpuje się powoli energia fali pierwotnej, jej charakter poczyną stopniowo się zmieniać; fala omdlewa i cichnie, nadto biegnie powolniej. Powiadamy, że fala *załamuje się* w przejściu z próżni do materjalnego ośrodka; o samym ośrodku mówimy, że rozprasza fale, że optycznie jest *mętny*. Choć w drobnej mierze, każdy gaz musi być mętny, albowiem jest kapryśnie niejednolity, albowiem jest rojem niezgodnie brzęczących cząsteczek, jest mgławicą, którą wstrząsają niekończące się kolebania i dreszcze; albowiem to, co jest w nim właściwie materją, trzęsie i miota się w nieustającym szaleństwie.

Jakże odmienny musi być przebieg wydarzeń w architekturze kryształu! Kryształ (lub może raczej nasz ideał krystalicznego ośrodka) jest układem spójnym i zwartym, składa się bowiem z atomów solidarnych i karnych. Gaz jest luźną zbieraniną swawolnych cząsteczek, nie troszczących się wcale o jedność; wynikiem ich brzmień jest szmer szary i mdły, jak szum odległego morza. Kryształ jest chórem zestrojonych atomów; gra wyraźnie i dźwięcznie, harmonijnym zespołem, nieporównanie czyściej i przezroczystiej aniżeli nasze orkiestry. Biegając przez gazowy ośrodek, wiązka świetlna ugina się zatem, bryzga, rozprasza się, w stosunku do słabej gęstości ośrodka, bardzo obficie; w kryształce to rozpraszanie, mimo słoczenia atomów, jest conajwyżej nieznaczne, do dzisiajszego dnia nawet jeszcze wątpliwe<sup>1)</sup>. Przeciwnie, rozpraszanie się światła w gazach jest dziś niewątpliwe; po raz pierwszy dostrzegł je Exner; późniejsi badacze: Cabannes w Marsylji, dzisiajszy Lord Rayleigh

---

<sup>1)</sup> Obecny Lord Rayleigh (syn i dziedzic nazwiska wielkiego badacza, którego dziełem zajmujemy się w szkicu niniejszym) dostrzegł w roku 1919-ym rozpraszanie się światła w bloku przezroczystego kwarcu, lecz przypisuje je wpływowi ubocznym. Do nieco odmiennych wniosków doszedł prof. C. V. Raman z Kalkuty w r. 1922-im.

Ażeby objaśnić myśl powyższego wywodu na prostym przykładzie, wyobraźmy sobie doświadczenie następujące. Przygotujmy pewną ilość szkła zmielonego na proszek; takie szkło jest nieprzezroczyste. Sporządźmy mieszaninę benzolu i dwusiarczku węgla, której współczynnik załamania byłby równy współczynnikowi załamania użytego gatunku szkła. Gdy szklany proszek oblejemy taką mieszaniną, wyda się zupełnie przezroczysty. Wzajemne dostosowanie współczynników załamania nie może rozciągać się jednak do wszystkich zakresów widma, ponieważ dyspersja szkła różni się od dyspersji mieszaniny benzolu i dwusiarczku węgla. Gdy spoglądamy zatem przez zalany cieczą szklany proszek, widzimy, że źródło światła, w powietrzu bezbarwne, wydaje się zabarwione.

w Londynie, niemiecki uczoney R. Gans, prof. C. V. Raman w Kalkucie, nieodżałowany nasz M. Smoluchowski w Krakowie postawili sobie podobne zadania i znaleźli w zasadzie tę samą odpowiedź.

### III

Wyobraźmy sobie kulę promienną, którą nazywamy słońcem i naprzeciw niej naszą małą, wystygłą planetę, otuloną w stosunkowo dość sporą i zawiłą atmosferę gazową. Słońce przysyła nam fale promieniowania, które muszą przedrzeć się przez atmosferę, zanim dotrą do powierzchni ziemi. Z poprzedzających objaśnień wynika, że promieniowanie słoneczne nie dobiega nas w pełni początkowego swego natężenia. Wiadomo o tem istotnie oddawna, że atmosfera ziemi nie jest doskonale przezroczysta. Dzięki badaniom mnóstwa uczonych, dzięki zwłaszcza długoletniej, wytrwałej pracy astrofizyków amerykańskich C. G. A b b o t a i F. E. F o w l e ' a, znamy dzisiaj dokładnie rodzaj i miarę przezroczystości naszej atmosfery. Prawda, że ta atmosfera, przeważnie zresztą tylko w dolnych swych warstwach, unosi w sobie zmienne ilości kurzu, pyłu, kryształków lodu i innych stałych okruszyn, nieraz mgłę i leciutkie chmurki, złożone z małych wodnych kropelek; prawda, że przez tę atmosferę biegnie nietylko bezpośrednio, pierwotne promieniowanie słoneczne, lecz również światło rozsiane przez nią samą a także odbite od chmur i od powierzchni ziemi. Lecz umiemy obliczać, rugować albo okrążyć rozmaite te zakłócenia i uboczne wpływy; wiemy dzisiaj, że, w ode-rwaniu od nich, powietrze atmosferyczne *nie* jest ściśle przezroczyste; wiemy, że jest mętne, właśnie w tym stopniu, jakiego każe oczekiwać teoretyczny rachunek. Że na drodze czystego rozumowania możemy przepowiedzieć, jakie są, jakie muszą być optyczne własności powietrza,



nie jest-że to zadziwiającem zwycięstwem nad otaczającą nas mgłą niepojmowania?

Przypomnijmy sobie obecnie, co nam z pierwszych zasad wiedzy wiadomo: światło słoneczne nie jest jednorodne; żadne światło białe, żadne wogóle światło nie jest jednorodne. Niema w Naturze, ani też możemy wytworzyć w pracowni fizycznej, promieniowania ściśle jednej barwy, jednej częstotści. Każde promieniowanie jest od-mętem naogół niezwiązanych zaburzeń, albowiem każde pochodzi od zbiegowisk atomów; każde zresztą ludzkie świetlne wrażenie jest sumą rozpościerającą się na długie eony indywidualnych atomistycznych przebiegów, na nieprzejrzone stłoczenia i nagromadzenia ich wpływów. Mimo to jednak, że światło słoneczne jest taką płataniną wydarzeń, możemy je przecież przedstawić (dzięki matematycznym metodom Fouriera) w postaci gamy czystych tonów optycznych, w postaci kompleksu fal prostych czyli elementarnych; ale częstotści tych fal muszą przebiegać wszystkie możliwe wartości, od najmniejszych aż do największych; ich barwy muszą przybierać wszystkie odcienie, nietylko te, które pomiędzy fioletem a czerwienią widzialnego widma się mieszczą, lecz i te wszystkie, poza krańcami widzenia leżące, których nie zdoła wyśnić nicyja wyobraźnia malarska. Możemy przypuszczać, że każde z tych elementarnych falowań jest obecne w promieniowaniu słonecznem, że każde ma własną częstotść drgań, sobie właściwą; że każde uderza o cząsteczki powietrza i rozpryskując się, strzela we wszystkich kierunkach. W spotkaniu tętniącej próżni z rozigraną materją energja w różne strony tryska jak świetlista fontanna. Czy jednak to rozpylanie energii w rozmaitych elementarnych promieniowaniach, w rozmaitych falach składowych słonecznego światła, odbywa się *jednakowo*? Fale elementarne różnią się między sobą częstotścią. Zapytujemy zatem, czy rozpraszana przez atom w jednostce czasu

energja zależy od częstości falowań: pierwotnego, które nań spada i wtórnego, które on od siebie odrzuca? Na to pytanie rachunek daje odpowiedź, która rozstrzyga o zagadnieniu naszym obecnem. Ilość rozpraszanej energii jest *caeteris paribus* proporcjonalna do czwartej potęgi częstości, jest zatem nader niejednakowa dla rozmaitych falowań, składających (choćby w zakresie widzialnego widma) promieniowanie słoneczne. Za granice widzialnego widma poczytuje się zwykle te jego miejsca, w których długość fali wynosi

0'000039 cm. oraz 0'000080 cm.

Granice te zależą wprawdzie od wrażliwości wzroku obserwatora; możemy je przecież przyjąć, jako przybliżone średnie, za podstawę oszacowania. Stosunek drugiej długości fali do pierwszej wynosi 2'05; czwarta potęga tej liczby jest 17'7. Rozsiewanie energii falistej odbywa się zatem 17'7 razy usilniej w najkrótszym, fioletowym promieniowaniu widzialnem aniżeli w czerwonym, najdłuższym. Ten wynik rachunku wyjaśnia, dlaczego niebo wydaje się błękitne. Tak zwaną barwę nieba poznajemy dzięki rozrzucałemu przez cząsteczki powietrza, dzięki rozsypywanemu przez nie wtórnemu promieniowaniu; otóż obecnie widzimy, że w tem promieniowaniu fioletowe składniki muszą znacznie przeważać nad wszelkiemi innymi.

Zrozumieliśmy dotychczas jedną stronę zjawiska; pozostaje druga, niejako odwrotna. Przekonaliśmy się, że z pomiędzy falowań, wirtualnie zawartych w promieniowaniu słonecznem, każde tem bardziej jest rozpraszane w atmosferycznem powietrzu, im jego częstość jest większa, im jego długość fali jest mniejsza. Gdy zatem dobiega powierzchni ziemi, promieniowanie słoneczne musi zawierać stosunkowo więcej energii długich falowań, mniej krótkich, aniżeli jej zawierało w swoim składzie pierwotnym. Największego wzbogacenia promieniowania

w długofalowe, czerwone składniki powinniśmy oczekiwać, gdy słońce zachodzi lub wschodzi; promieniowanie słoneczne przeciska się wówczas przez stosunkowo najgęstsze warstwy atmosfery; gdy słońce wznosi się wysoko, w okolicy zenitu, droga promieniowania prowadzi przez warstwy przeważnie rozrzedzone i zatem mniej czynne. Wiemy w istocie, jak tragicznie słońce umie zachodzić i wschodzić. W południe słońce sieje na ziemię blask złoty; lecz gdy na dnia hasło pęk ogniów wylata, gdy oko słońca wzeszło, wówczas

...jeszcze nieco senne,

Przymruża się, drżąc wstrząsa swe rzęsy promienne,  
Siedmią barw błyszczy razem: szafirowe razem,  
Razem krwawi się w rubin i żółknie topazem.

Jakże mamy rozumieć te zjawiska? Niewątpliwie są bardzo zawile. Musimy o tem pamiętać, że nieśmiałe rumieńce brzasku i rozpasane purpury wieczornej pożogi płoną w ośrodku niejednorodnym i z dnia na dzień zmiennym. Musimy niewątpliwie przypisać znaczny udział w tych zjawiskach uginaniu światła, sprawianemu przez różne kropelki, igielki, odrobiny, rozsiane wśród tłumy gazowych molekuł powietrza. Lecz możemy być pewni, że i samo czyste i suche powietrze wzbogaca w żółtawe i czerwone składniki światło, które przepuszcza; współczynnik ekstynkcji powietrza w okolicy długości fali 0'00007 cm. jest 10 razy mniejszy aniżeli w pobliżu długości fali 0'00004 cm.

Przed Lordem Rayleigh, a nawet i po nim, przypuszczano niekiedy, że przyczyna błękitu niebios leży w zwykłym pochłanianiu (czyli absorbcji) promieniowania przez tlen, azot, ozon, przez parę wodną lub wodę utlenioną; sądzono, że wszystkie te ciała lub niektóre z nich są (w przenikającym je świetle) błękitne. Gdyby to zapatrywanie było uzasadnione, wschodzące lub za-



chodzące słońce musiałyby dla nas przybierać barwę błękitną.

#### IV

Doznajemy nieustannie wrażeń zmysłowych; dla każdego z nas życie jest nieprzerwanym gwarem wrażeń zmysłowych różnorodnych, splątanych i bezmiernie zawitych, niekiedy tak ostrych, że nas bołą i ranią, często tak niejasnych, tak nieujętych, że nie potrafilibyśmy ich nazwać w żadnym ludzkim języku. Tę rozmaitość i mnogość wrażeń zmysłowych gromadzimy w umyśle od wczesnego dzieciństwa; świadomie i nieświadomie, wciąż usiłujemy pojąć je, opanować. Staramy się tego dokonać zapomocą naszych wyobrażeń i pojęć, zapomocą twierdzeń i sądów, zapomocą uogólnień, przypuszczeń, teoryj. Jeżeli taka próba powiodła się, jeżeli doszrzegliśmy prawidłowość, chociażby w skromnym zakresie wrażeń zmysłowych, nie stoimy wobec nich całkowicie bezbronni; posiadliśmy wówczas nad nimi pewną wyższość, pewną potęgę.

Niektóre z pomiędzy naszych wrażeń zmysłowych wydają się nam prostsze od innych; wrażenia například rozmiarów, kształtów, kierunków, wrażenia trwania i ruchu, ciężarów i sił, ciśnień i ciągnięć, ciepła i zimna, ciemności i blasku. Wydaje nam się, że możemy odłączyć albo *oderwać* te wrażenia od innych, że możemy wówczas łatwiej im sprostać, zawładnąć nimi mniejszym wysiłkiem. Taki jest początek długiej i krętej drogi, która zawiadła nas do zbudowania nauk historycznie najstarszych, tak zwanych nauk *ścisłych*: Geometrii, Kinematyki, Statyki i Dynamiki, Termodynamiki, Teorji zjawisk elektromagnetycznych oraz mnóstwa ich rozgałęzień lub zastosowań. Całość tych nauk jest wielkiem duchowem zjawiskiem; każda z nich obfituje w nieprzebrane bogactwa i skarby. Ale w porównaniu z niepojętą Naturą

ta całość jest tylko szkicem, jest owocem pierwszego usiłowania. Albowiem nauki nasze nie postępują zwartym szeregiem, raczej skaczą w przypadkowej rozsypce; albowiem nie uzupełniają się wzajemnie, raczej zahaczają i zadzierają o siebie; albowiem przedmiot każdej z tych nauk jest dowolnie wyrwanym szczegółem; lub lepiej powiedzmy: widok każdej jest dowolnie pochwyconem spojrzeniem.

Ilekolwiek razy otworzymy oczy na wszechświat, jest nowy, jest inny. Czy świat doprawdy *jest* zrozumiały? Gdy powiadamy niekiedy, że możemy w nim cośkolwiek zrozumieć, wyznajemy tem samem, że go nie pojmujemy; krucha bowiem jest prawda, która łamie się na kawałki. Nie! obszar rzeczywistości nie jest podobny do kraju czy łądu, który można pokrajać na zagony i pola; jest może raczej podobny do rozszalałej zawieruchy wydarzeń i zjawisk, których skłębienie ginie nam z oczu co chwila w pomroce ciemności.

Rozkładanie Natury na martwą i żywą, na nieświadomą i uświadomioną naturę polega ostatecznie na pewnego rodzaju umowie; kto jej zawiera i na niej buduje, dopuszcza się conajmniej hipotezy zbytycznej. Zegarek, który leży na stole, zaliczamy do martwej natury. Ale zegarek jest tylko symbolem, jest skróceniem, formułą dla pewnego kompleksu wrażeń zmysłowych. Wszelki więc podział Natury jest tymczasowym wybiegiem, jest ułatwieniem praktycznem, którego nie powinniśmy rozumieć dosłownie. Wszystko, co wiemy albo powiemy, przeszło do umysłu przez zmysły; zatem nasze wiadomości, nasze fizyczne, biologiczne i psychologiczne twierdzenia i wnioski są obarczone nieuniknioną i nieprzeniknioną względnością. Nie wiemy i zapewne nie będziemy nigdy wiedzieli, czy wszystkie są jednakowo obarczone, czy jednakowo są zgniecione, skrzywione, odkształcone. Cała nauka ludzka będzie zapewne w przyszłości jedno-

litą nauką o wrażeniach zmysłowych człowieka, z nich i tylko z nich nieuchronnie, bez uprzedzeń, bez złudzeń, bez dowolnych założeń płynącą. Lecz czemu są w takim razie nasze klasyfikacje obecne, nasze przegródki i rozgraniczenia? Są to błahe objawy niepojmowania i dzisiejszej naszej niemocy.

---



## X. PAMIĘCI KAROLA POTKAŃSKIEGO <sup>1)</sup>.

Wysokiego, godnego życia uczył Karol Potkański; nie uczył jednak słowami, życiem uczył, uczył sobą. Dzięki niemu mógł każdy zrozumieć, że myśl mądra obejmuje i pojmuje wszystko, nawet niemoc własną, pobłażliwym uśmiechem, subtelną dobrocią, rezygnacją smutną lecz (na własnym terenie) dzielną i mocną; że łatwo przebiega od podziwu i czci aż do litości i przemagającej odrazy, nie wpadając w gniew próżny, w namiętną złość, w śmieszne i miałkie zaślepienie; że wszelka zaciekłość jest w obrzydzeniu duszy życzliwej, szlachetnej, bogatej; że trzeba gardzić lichotą i głupstwem i nie zniżać się do nich. Karol Potkański był żywym wzorem prostoty, tego najwyższego wykwintu; duma i szczerość nie byłyby mu pozwoliła na ślad udawania, na pozór wybiegu. Była w nim taka szlachetność, taka moralna wytworność, taka moc udoskonalenia przebijała z jego słów, spojrzeń, postępków, że niepodobna było z nim przestawać, nie dostrajając się do jego dźwięku, nie kształtując się, chociażby potrosze, na wzór jego wyczelowania. A niepodobna było zarazem nie przywiązać się do niego węzłem głębokiego uczucia, albowiem był nietylko mą-

<sup>1)</sup> Zob. *Pisma pośmiertne Karola Potkańskiego*, tom I, Kraków, nakładem Polskiej Akademji Umiejętności, 1922; na wstępie: *Życie i działalność Karola Potkańskiego (1861 – 1907)* przez prof. Franc. Bujaka.

drym, prawym i świetnym, był również nieszczęśliwym człowiekiem, kapryśnym, wrażliwym, przeczulonym, często chorym, prawie zawsze niezdrowym, niejednokrotnie przygnębionym i smutnym, trudnym, drażliwym, zamkniętym, przez całe niemal życie samotnym. Był małomówny; nie lubił skarg i próżnych narzekań; nie chciał spólcucia, niekiedy niemal nawet nie chciał uczucia. Brzydził się powszedniością, unikał wszystkiego, co pospolite; niechętnie znosił banalność, w której umysł głębszy nie znajduje dla siebie pokarmu. Co jednak było rzetelne, co było silne, podniosłe, opanowywało go w jednej chwili. Żyliśmy ze sobą w porozumieniu, zawsze pewni ufności wzajemnej, nie obawiając się niczego, co w nieprzerwanym stosunku mogłoby dotknąć, urazić, zabołec. Poczytując życzliwą uprzejmość za sztuczną i nieszczerą przebiegłość, ludzie są w częstym błędzie; taka uprzejmość jest tylko wrażliwem doznawaniem wirtualnego bólu cudzego, jest niemal nieświadomem czuwaniem nad popędami własnego egoizmu.

Myśli moje toczyły się w owych latach torami górnych abstrakcyj. Były to chwile rozkwitu Termodynamiki, wielkich nowych zwycięstw Elektromagnetycznej Teorii; były to czasy odkryć ogromnych i prób uogólnień. Prąd europejskiego myślenia obejmował nas w sobie, Witkowskiego, Potkańskiego i mnie. Dzisiaj nadeszły inne przedmioty zajęcia, wraz z nimi inne narzędzia badania, inne pomoce myślenia; dziś są nam potrzebne konkretne modele, hypotetyczne wzory, obrazy, konstrukcje. Ale myśl ludzka zmęczy się kiedyś dowolnością i sztucznością koncepcyj, które muszą stać zawsze poniżej rzeczywistości; nauka wówczas powróci do uogólnień szerokich, do prawd wielkich, do rozumowań oderwanych i czystych, chociażby nawet oschłych i trudnych.

W takich uogólnieniach żyliśmy wówczas, nurzaliśmy

się w nich z młodzieńczym zapałem. Z jakim podziwem, z jaką radością dostrzegaliśmy naprzykład nieodwracalność fizycznych, biologicznych, psychicznych i społecznych zjawisk! Rozmyślając łącznie, entuzjazmując się wspólnie, wierzyliśmy wówczas, może tylko roiliśmy, że powszechne prawo nieodwracalności musi sięgać daleko poza zakres martwej Natury. I tej myśli i dziś, mimo licznych trudności i niejakich ostrzeżeń, nie mogę się oprzeć. W nieświadomych i świadomych objawach życia i spóżywania umysł, przywykły do uogólniającego myślenia, wyczuwa spłoty prawd, znane mu ze świata faktów stosunkowo najprostszych. Jakże mogłoby być inaczej? Owe związki proste, owe prawa geometryczne, kinematyczne, dynamiczne, fizyczne są przecież tylko wynikiem pewnego ludzkiego sposobu ujmowania ludzkich znowu wrażeń zmysłowych, są ostatecznie ułamkiem, odrobiną, odsłoną psychiki naszej.

I wówczas dobrze wiedzieliśmy, rozumieliśmy jasno, że co dostrzegamy w nieożywionej Naturze jest mdłym spojrzeniem poza oblicze istnienia; że tak zwane nauki *ściśle* tylko dzięki temu mogą (niekiedy) być *ściśle*, iż zadawalniają się uproszczonym schematem, niepodobnym do rzeczywistości, jak mapa niepodobna do kraju, jak architektoniczny plan do budynku. Ale jasność i siła uchwyceń ilościowej analizy zjawisk czarowały nas, kształciły i kształtowały nasze myślenie. Potkański był zawsze spragniony twierdzeń pozytywnych, oznaczonych, dokładnych; czując w sobie niejaką mglistość i mętność, walczył z nią uporczywie; niekiedy rozpaczliwie z nią walczył, albowiem wybornie rozumiał, jak dalece jest zgubna. Mieliśmy zwyczaj wzajemnego zapoznawania się ze zdaniem pełnymi mądrości. Przytoczyłem mu kiedyś zdanie Fouriera, wyjęte z *Théorie Analytique de la Chaleur*: »l'attribut principal de l'Analyse est la clarté; elle n'a point de signes pour exprimer les notions con-



fuses«; jakże poruszyły go te słowa, które wyrażały, co sam długo odczuwał. Rozmawialiśmy też nieraz o metodach Rachunku Prawdopodobieństwa, których byłem zawsze wyznawcą, które jeszcze i dzisiaj, po tylu odkryciach, mają niezmiernie posłannictwo w nauce. Mówiliśmy o tem niejednokrotnie, jak płodne będzie zastosowanie tych metod we wszystkich gałęziach poznawania ludzkiego; niektóre nasze ówczesne nieśmiałe domysły są dzisiaj dokonanyim zbiorowym postępem.

Żyliśmy zawsze życiem własnego kraju, niedolą Narodu; czuliśmy zgodnie krzywdę i upokorzenie podziału i uciemienia. Ale w polityce stronnictw i gazet, w sporach i swarach koteryj i frakcyj nie uczestniczyliśmy; w rozmowach naszych, bądź w cztery oczy, bądź z przyjaciółmi, pragnęliśmy oddychać innym powietrzem.

Wybiegaliśmy nieraz poza widnokrąg nauki; wkraczaliśmy w zakresy, gdzie mało pomaga wiedza, nic rozumowanie, gdzie trafną drogę obiera tylko natchnienie. Konstanty Górski wiodł nas przez najwyższe arcydzieła piśmiennictwa i sztuki z zapalem młodości, ze smakiem i wytrawnością znawstwa, ze swobodą i delikatnością wysokiego obyczaju, z przywiązaniem przyjaźni, z wesołością, dobrocią i wdziękiem, które próżno silę się tutaj słowami opisać; ale nawet i on bywał niekiedy przez Karola wiedziony; rzut oka Potkańskiego był taki daleki, tak nieomylny! Potkański, Konstanty Górski, prof. Kazimierz Kostanecki, »pan Napoleon« (Cybulski), »pan August« (Witkowski), Jacek Malczewski, Ojciec Pawlicki, pan Ludwik Michałowski, inni jeszcze — ile wspomnień, ile czystego zadowolenia, ile bogactwa. Żyliśmy bez niskich rachub, bez lęku, bez jeszcze niższych zazdrości. Ile było uroku, ile cichej radości w bliskiej przyjaźni, w zaufaniu wzajemnem, w obcowaniu

łatwem, prostem, krzepiącem, w rozmowach śmiałych, polotnych, po których pozostawało mi niekiedy wrażeń odegranego koncertu. Pan August rzucał myśli garściami, »Kocio« po mistrzowsku deklamował wiersze, drogi, niezapomniany Ojciec Pawlicki zarazem miękko i mocno, a zawsze dobrotliwie, pogodnie, wytwornie kładł zagadnienia przed nami; Ludwik Michałowski serdecznie do umysłowej gonitwy zachęcał; pan Napoleon niepokoił dręczącym pytaniem; Jacek żartobliwą przekorą wstrzymywał, niekiedy popychał; »Kazio« trzeźwo prostował, mądrze drogę wskazywał. Ile było mocy i pomocy w tej spójni, ile w dążeniach rozpędu, ile nadziei! Za młodu życie jest takie ponętne; niepodobna uwierzyć, iżby mogło być straszne, okrutne. Życie za młodu jest pełne wiary, chęci, dobrej wiary i dobrych chęci jest pełne; więc gdy Karol powoływał się kiedyś na zapewnienie wielkiego pisarza: *c'est icy un livre de bonne foy, lecteur*, wydaje mi się, że nietylko własnej swej pracy, nietylko całemu życiu, lecz i nam wszystkim wydał świadectwo.

Do Potkańskiego przywiązani byliśmy gorąco. Henryk Sienkiewicz, któremu był równie drogi, zapożyczył z duszy Karola, może zresztą bezwiednie, niektórych zarysów wizerunku Płoszowskiego. Ale Karol był tak dziwny, niespodziewany, zawily; był człowiekiem, był zatem splotem zagadek. Zachwycająco dobry dla dzieci i przez dzieci instynktownie kochany, całym sercem oddany przyjacielowi, twardy dla niezręczności, nieubłagany dla niewczesnego natręctwa, nieraz uprzejmiejszy dla stróża niż wobec magnata, dobry i słodki, ale w potrzebie ostry i zimny jak nóż, Karol był sobie wierny, był zawsze sobą:

This above all: to thine ownself be true;  
And it must follow, as the night the day,  
Thou canst not then be false to any man.

Świadomy swej wysokiej wartości, był sto razy za mądry, ażeby być zarozumiałcem, sto razy za kulturalny, ażeby stać się pyszałkiem. Ucywilizowany i prawie przycywilizowany, nie znosił gminności, chociażby była w strój światowca odziana. Czczył talent i zdolność, ważył zasługę, głęboko wierzył w cnotę; ale nadętą pustkę, próżnię próżności, blichtr blagi umiał nielitościwie obnażyć, odepchnąć. Wobec ludzi miał wzrok przenikliwy; lisa lub sępa, orła albo osła potrafił natychmiast pod maską ludzką odgadnąć.

Niema dzisiaj Karola Potkańskiego; niema wielu, o których tu myślę i piszę. Odeszli; z nimi krasa i żywotność życia odeszła. Z nimi przeminęła mi młodość, przepadła beztroska; pieśń pracy zamilkła, polot i szum skrzydeł ustał. Tak, życie jest rzeczywiście pasmem obumierania. Odeszli, ale zostawili po sobie tylko wdzięczne i drogie uczucia. Warto przeżyć życie, zaznawszy przyjaźni

---

Jakże boleśnie mi dzisiaj pisać o Tobie, druhu serdeczny; jakże bliski mi jesteś, mimo lat rozłączenia! Kamienista droga wiodła Cię tutaj, pod niebem milczącym, aż do wiekuistego zmęczenia. Gdziekolwiek jesteś, dokądkolwiek wędrujesz przez niepojętą krainę, towarzyszy Ci miłość, którą tutaj wzbudziłeś.

Lecz czemuż jest śmierć, skoro życie jest tylko pozorem? Trzeba cierpliwie znosić, co nam wydaje się życiem, dopóki z za światów moc ponadludzka nie uwolni nas od życia, od świata.

---



XI. PRZEMÓWIENIE, WYGŁOSZONE W DNIU 11-ym  
KWIETNIA 1920-go ROKU, PODCZAS PIERWSZEGO,  
INAUGURACYJNEGO ZGROMADZENIA POLSKIEGO  
TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO.

Niechaj wolno mi będzie powitać Panów radośnie, Czcigodni Koledzy. Jeszcze niedawno tak liczne, tak piękne zebranie fizyków polskich mogło wydawać się niepodobieństwem. Że ono zgromadzi się w niepodległej i zjednoczonej Ojczyźnie, że pierwsze posiedzenie towarzystwa naszego odbędzie się w męczeńskiej Warszawie, o tem długo roiliśmy tylko, o tem marzyliśmy w niewypowiedzianej tęsknocie.

Nie oddawajmy się bolesnym wspomnieniom; kierujmy raczej w przyszłość nasze spojrzenia; czeka nas droga daleka i trudna, droga znoej pracy i nieprzerwanego wysiłku. Związani w tem towarzystwie, postanawiamy gorliwie i wiernie służyć Narodowi naszemu. Powołanie każe nam poznawać i rozważać Naturę; od niej, od pramacierzy, od pierwowzoru wszystkiego, co *jest*, chcemy uczyć się myśleć; ona bowiem karmi nas nietylko chlebem codziennym, ona wznieca w nas wrażenia, ona budzi pojęcia, ona wytwarza i kształci nasze życie duchowe. Chcemy iść razem, iść naprzód z wielką nauką świata; chcemy korzystać ze wszystkich zdobyczy szerokiej myśli wszechludzkiej, chcemy uczestniczyć spólrzędnie i *czynnie* w jej niepowstrzymanym i wspaniałym pochodzie. Pragniemy uczyć się nieprzerwanie i innym pomagać się uczyć, ażeby przyczynić się do postępu i, da

Bóg, do rozkwitu Narodu, ażeby spełnić nasz obowiązek względem jego przyszłych pokoleń.

Rozpoczynając tę pracę, czy możemy zapomnieć o tych, którzy kładli podstawy pod budowę fizyki polskiej? W dzisiejszym dniu święta wspominamy z czcią o Wojciechu Urbańskim, o Stefanie Kuczyńskim, o Babczyńskim, Żebrowskim, Prażmowskim, Przystańskim, o Strzeleckim, Staneckim, o Edwardzie Skibie i Oskarze Fabianie, o Chlebowskim, Tomaszewskim, Piotrowskim, Kwietniewskim, o Janie Nepomucenie Frankem, o Juliuszu Brühl, o Janie Jędrzejewiczu, o Eugenjuszu Dziewulskim, o Holewińskim, Abakanowiczu, Stanisławie Kramsztyku, Henryku Merczyngu, o Brunerze, Danyszu, Wiktorze Biernackim, Maurycem Rudzkim, o niezapomnianym i nieporównanym Władysławie Gosiewskim, o świetnym Zygmuncie Wróblewskim, o niezmiernie zasłużonym Karolu Olszewskim, o szlachetnym, gorąco umiłowanym Auguście Witkowskim, o Marjanie Smoluchowskim, którego strata okryła nas głęboką żałobą. Do nich zwraca się dzisiaj myśl nasza wdzięczna, nasza pamięć serdeczna. Od tych Zmarłych<sup>1)</sup> szczęśliwsi, możemy dążyć ku nowym zadaniom w zgoła nowych warunkach.

## I

Postanawiamy iść ku tym celom w karnym szeregu. Fizycy, wiemy może najlepiej, jak silna jest zwartość,

<sup>1)</sup> Śród słuchaczy powyższego przemówienia znajdował się śp. Tadeusz Godlewski, którego w lipcu 1921-go roku musieliśmy na zawsze pożegnać. Niechaj niniejsze słowo wspomnienia będzie drobnym znakiem czci, należnej zasługom badacza, dzielności profesora, przeczystej nocioie człowieka i obywatela. 1923.

jak istotna jest spójnia każdego zespołu, jak ona bezgranicznie góruje ponad anarchją i ponad chaosem. W Fizyce jasno widzimy, jak dalece niezwykle są *uporządkowane* zjawiska; rozumiemy, że wyróżniają się one pośród zjawisk bezładnych, podobnie jak ponad szarą pospolitość życia wybiega legenda, wznosi się epos. W naszej nauce uzasadniony byłby może tylko ten podział, który odróżniłby fizykę zjawisk mało prawdopodobnych od fizyki zjawisk bardzo prawdopodobnych lub może ten układ, który pozwoliłby uporządkować zjawiska według miary niezbędnych w nich i dokonywanych zmian prawdopodobieństwa. Proste, jednorodne i jednostkowe zjawiska to fikcje, do których zbliżamy się może niekiedy w wyjątkowych warunkach. Prozą codziennego życia Natury są tłumne zjawiska, powstające z bezmiernego splątania niezliczonych, mniej lub bardziej sprzecznych, indywidualnych wydarzeń. W takich gromadnych splotach przebiegów, w takich zwikłanych skupieniach zmienności objawia się zwłaszcza charakter czegoś niezrozumiałego, co nazywamy *materją*.

## II

Praw rządzących materją poszukuje myśl ludzka, na bardzo różnych drogach, od wielu stuleci. Wiemy jednakże, że ogólna i dokładna teoria materji w fizyce nie istnieje dotychczas. W żadnej, właściwie mówiąc, prowincji nauki nie zdołano ściśle wyrazić ilościowego przebiegu przemian, odbywających się, albo układających się do równowagi, w łonie materjalnych ośrodków. Hydrodynamika i aerodynamika, teoria ciał stałych sprężystych oraz akustyka są rachunkowo rozwinięte i udoskonalone przepięknie, ale w założeniach, wywodach, twierdzeniach i wnioskach oddalają się od rzeczywistości, nieraz bardzo daleko. Oderwana termodynamika wskazała wprawdzie



zasadnicze prawa przemiany i równowagi energii; ale zastosowanie tych praw, choćby tylko w teorii fizycznych i chemicznych równowag, wymaga stopnia znajomości materji, którego nie osiągnęliśmy; dlatego doprowadza ono dotychczas do wyników niedostatecznych, niejedno-  
litych i w najlepszym razie tylko przybliżenie prawdzi-  
wych. Podobnie dzieje się w teorii magnetyzmu, w teorii  
zjawisk lepkości, dyfuzji, elektrolizy, w teorii przewo-  
dnictwa cieplnego albo elektrycznego przewodnictwa  
metali. O ciałach stałych posiadamy mało wiadomości  
ścisłych, ogólnych; nie opanowaliśmy dotychczas ich me-  
chanicznych ani żadnych innych własności; poznaliśmy  
wprawdzie stosunkowo dość jasno najważniejsze cechy  
kryształów; ale i co do nich przechodzimy nieraz zbyt  
chętnie na pole zupełnej abstrakcji. Elektrostatyka tylko  
w podręcznikach jest prosta; w rzeczywistości niemal nie  
istnieje. Nauka o kolloidach jest u swoich początków.  
Co powiedzieć o promieniotwórczości, o bogatej Chemji,  
która odsłania nam rozległe i nowe, często w fizyce  
milczeniem zbywane widoki materji? Z pomiędzy zjawisk  
światła i promieniowania zdołaliśmy cośkolwiek tam  
tylko zrozumieć, gdzie możemy obejść się bez pomocy  
pojęcia materji lub gdzie możemy pewnym wybiegiem  
to pojęcie ominąć, naprzykład w elektromagnetycznej  
teorii próżni lub w termodynamice promieniowania zrów-  
noważonego; zresztą losy obu tych nauk, jak wiadomo,  
jeszcze się ważą. Ścisłego obrazu optycznych wydarzeń,  
działających się w łonie materji, nie umiemy dziś podać.  
Jakże mało jeszcze wiemy dotychczas o elektrycznym  
efekcie Kerra, o skręcaniu płaszczyzny polaryzacji  
(zwłaszcza o naturalnem skręcaniu, tak bardzo przecież  
wymownem), o istocie optycznej ekstynkcji oraz absorbcji;  
jak niezmiernie zawile jest zjawisko Zeemana, którego  
szczegółów nie możemy rozplątać; jak szybko gubi się,  
w miarę postępu badania, pierwotna pozorna prostota

molekularnego rozpraszania, któremu niebo zawdzięcza swój błękit. Do bardzo niedawna nie rozumieliśmy mechanizmu, który sprawia, iż fale elektromagnetyczne dążą naprzód w materialnym ośrodku z natężeniem słabnącem i zmienioną prędkością fazową; teorie załamania, pochłaniania i rozpraszania światła były do niedawna tylko zręcznym wybiegiem, okrążającym istotę procesów, które miały tłumaczyć.

### III

W takim stadium rozwoju naukowego poznania Natury przychodzą nam w pomoc obrazy, modele, konstrukcje czyli wyobrażenia konkretne, które pod rozmaitymi nazwami krzewią się bujnie w nauce, od jej pierwszych w starożytności początków. Nie mogąc wiedzy ująć w formuły jednolite i proste, myśl zamiast faktów próbuje podstawić własne swoje utwory, zamiast rzeczywistych zagadnień podsuwa domniemane. Od bardzo dawnych czasów, od Demokryta a zapewne i wcześniej, w niezliczonych molekularnych i atomistycznych teoriach lub usiłowaniach teoryj, próbowano zasłąpić fakty niezrozumiałe przez hypotetyczne wprowadzić ale mniej niezrozumiałe, lub może napozór mniej niezrozumiałe. Tak postępowano (i dziś jeszcze tak postępujemy) w różnych szkicach i próbach teoryj materji. Nasi poprzednicy usiłowali utworzyć molekularną teoryję kapilarności, sprężystości, lepkości; molekularną mechanikę kryształów albo magnesów; atomistykę płynów, gazów, nieważkiego cieplika lub powszechnego eteru. My chcemy dźwignąć kinetyczną teoryję gazów, statystyczną mechanikę, teoryję elektronów, naukę o budowie chemicznego atomu. Każda dawniejsza, każda nowoczesna teoryja niewątpliwie tłumaczyła lub dziś jeszcze tłumaczy pewne *zarysy* zjawisk fizycznych; każda, niejako w przenośni, ukrywa w sobie część prawdy i dzięki tej zawartości żywiła lub dziś

jeszcze żywi pewien postęp w pojmowaniu Natury. Lecz jakże łatwo nam dostrzec sztuczność, dowolność, przypadkowość, ciasnotę wszelkiej konstrukcji, która ma sięgać istoty wszechrzeczy, zapożycza zaś swoje pierwiastki z zakresu bezpośredniego zmysłowego poznawania. Takich przypuszczeń nie powinniśmy przyjmować ani nawet pojmować *dostownie*; nie wolno nam przecież popadać w filozoficzną naiwność. Musimy o tem pamiętać, że hypotetyczne rysunki utkania Natury są jedynie tylko narzędziem naszego badania; nie powinna nas zatem zajmować ich (zresztą nieuchwytna) prawdziwość, lecz tylko ich użyteczność, ich płodność chwilowa, ich przejściowa wartość.

Treścią nauki jest poznawanie rzeczywistości. To poznawanie jest bodźcem nauki i powinno być ostateczną jej troską; takie poznanie jest jej całkowitą wartością. Schematy i wzory dynamicznych, hydrodynamicznych lub elastycznych, elektromagnetycznych, hypergeometrycznych czy quantowych w Naturze urządzeń są przemijającą próbą i pośredniem usiłowaniem, które wiedzie ku owemu celowi i służy tej trosce.

Według Newtona mamy w nauce za zadanie i niejako za obowiązek: poznawać i wyrażać *to wszystko*, ale zarazem *to tylko*, co może być wyprowadzone z dostrzeżeń, nie mniej i nie więcej. *Quicquid ex phaenomenis non deducitur* mówi Newton (*Principia*, liber III. Scholium generale) *hypothesis vocanda est; et hypotheses in Philosophia Experimentalis locum non habent. In hac Philosophia*, dodaje, *propositiones deducuntur ex phaenomenis et redduntur generales per inductionem.*

#### IV

Żyjemy dzisiaj w epoce ponownego rozkwitu hipotez, które wykraczają daleko poza Newtonowską granicę nauki. Według tych hipotez wszelka nasza bezpośrednia



wiedza o materialnych zjawiskach jest nadzwyczaj powierzchowna i niedoskonała. Dostrzegamy na przykład ciśnienie lub temperaturę pewnego gazu; mierzymy natężenie prądu elektrycznego lub gęstość promieniowania. Lecz są to tylko wypadkowe sumy lub średnie ogólnikowe wartości olbrzymiej liczby indywidualnych wielkości. W chaotycznym splocie nadzwyczaj mnogich wydarzeń, z których każde jest dla nas samo przez się znikome, poruszamy się niejako niewypowiedzianie niezręcznie, nie umiemy wpływać na odrębne, elementarne przebiegi, działając tylko na wypadkowe, przeciętne. Taka hipoteza złożoności i wielokrotności pozornie prostych pojęć nauki wydaje się istotnym i jest zapewne jedynym istotnym założeniem statystycznych lub multytudynarnych teorii; zawdzięczamy je przedewszystkiem Clerk Maxwellowi, wiemy zaś wszyscy, jakim jest dziś jeszcze płodnym źródłem coraz dalszych postępów w naszej nauce.

Uwydatnilibyśmy zapewne dokładniej potęgę założenia Maxwella, gdybyśmy odrzucili od statystycznych teorii wszelkie szczegóły i dodatki zbyt konkretne, a więc zacieśniające i może zbytteczne. Takie przypuszczenia konkretne bywają pomocne, potrzebne a nawet niezbędne w pierwszym okresie budowania pewnej teorii; ale dojrzałszej, uogólniającej myśli wydają się niepożyteczne, może nawet szkodliwe i odpychają ją raczej aniżeli pociągają. Wiemy przecież, że znikająco małe prawdopodobieństwo za tem przemawia, ażeby w naszych domysłach leżało odgadnięcie prawdziwej gry warsztatów Natury. Dzisiejsze nasze modele funkcjonują sprawnie w rękach obecnego pokolenia; ileż starych uczonych zabawek, z przed stu, trzystu lub dwudziestu pięciu lat, jak potłuczone lalki, jak załamane drewniane koniki, złożyliśmy między rupiecie? Gdzie znajdują się dzisiaj niepodzielne atomy Daltona, kauczukowe Bertholleta

molekuły, sprężyste kule Clausiusa, Kelvina pierścienie wirowe i girostaty, Boscovicha punktowe ośrodki siły? Co powiedziałby Huygens, gdyby czytał współczesne nasze usiłowania atomistyczno-elektromagnetycznego poprawienia i pogłębienia jego wielkiej undulacyjnej zasady? Zapewne rzekłby raz jeszcze, co mówi na str. 18 *Traité de la Lumière: tout cecy ne doit pas sembler estre recherché avec trop de soin et subtilité*. O swem arcydziele Fourier mówi spokojnie: *les principes de cette théorie sont déduits, comme ceux de la Mécanique rationnelle, d'un très petit nombre de faits primordiaux dont les géomètres ne considèrent point la cause*. O wiele mocniej wyraża się zawsze ponury i namiętny Pascal; mówi: *il faut dire en gros: cela se fait par figure et mouvement; mais de dire quels et composer la machine, cela est ridicule, car cela est inutile et incertain et pénible*. Nie mówiąc o kształcie ani o wewnętrznej budowie cząsteczek, nie używszy nawet ani razu wyrazu *molekuła*, mogliśmy wyłożyć istotną, rdzenną zawartość kinetycznej teorii gazów i nie uronilibyśmy zapewne nic przytem z jej głębokiej myśli i treści. Przy pomocy środków, których dostarczają stworzone przez Fouriera metody analizy, możemy przedstawić optykę i teorię promienowania jako przykłady stosowania się nauki o rozkładaniu danego zaburzenia na nieskończoność elementarnych (jednakże niecałkiem niezależnych) wydarzeń. Jeżeli wspomniane elementarne zjawiska składają się według praw czystego przypadku, wstępuje w swe prawa fundamentalne twierdzenie, odkryte niezależnie przez Lorda Rayleigh i przez Markowa, które w optyce materji, w kinetycznych teorjach i w całej wogóle fizyce statystycznej powinno odegrać rolę pierwszorzędną.

Jeżeli wolno mi posłużyć się hasłem dziś popularnem, powiem, że atomistyczne, kinetyczne, strukturalne, elektronowe i quantowe teorje materji nie są jeszcze dosta-

tecznie relatywistyczne. Wyrażamy się zwykle w fizyce tak, jak gdybyśmy wierzyli w prymordjalne, w bezwzględne istnienie materji. Ale *materja* jest tylko skróceniem, które wiąże i łączy się z innymi skróceniami; materja jest tylko pojęciem, które zahacza o inne pojęcia. W fizyce mieliśmy zawsze zbyt wiele podstawowych, naczelných abstrakcyj.

Postać, w jakiej dostrzegamy przeobrażenia Natury, może nieograniczenie zależeć od biegu strumienia własnej naszej świadomości, nieznanego nam i niepoznawalnego. Wyrastaliśmy w założeniu milczącym, według którego zdarzenia dzieją się same przez się, jednakowo dla wszystkich, na teraźniejsze, przeszłe i przyszłe. Dla relatywistów założenie to jest wyrazem złudzenia, które, biorąc rzecz ściśle, nie ma nawet dokładnie określonego znaczenia. Relatywiści wyobrażają sobie, że nie wydarza się nic; przeszłość, teraźniejszość i przyszłość jednakowo istnieją; my, tylko my, posuwamy się wzdłuż koryta wypadków. Relatywizm odrzuca zatem nieodwracalność zjawisk fizycznych, determinizm zaś dawny, ewolucyjny, petryfikuje w statykę, w nieubłagane sztywną statykę. Czy taki sposób myślenia wystarcza, choć w samej fizyce, tego jeszcze z pewnością nie wiemy. Ale podział zjawisk na fizyczne i inne (pozafizyczne) polega przecież, w ostatniej instancji, na pewnego rodzaju umowie. Nasz stosunek do świata możemy wprawdzie w myśli układać bezmiernie rozmaicie, lecz z tego stosunku siebie samych nie możemy opuścić. *Wczoraj* różni się od *jutra*; być może, iż różni się biologicznie lub psychologicznie; ale *różni się*.

Świadomość każdego z pomiędzy nas ucieka i spływa do wspólnego, przedwiecznego łożyska. To płynięcie jest nieodwracalnem i niepowstrzymanem zjawiskiem; jest może jedynem nieodwracalnem zjawiskiem, które odbywa się w świecie; jest może jedynem zjawiskiem, które odbywa się; ale w niem streszcza się *wszystko*.

---



## XII. WYRAZY ŻYCZEŃ

ZŁOŻONE PROFESOROWI KAZIMIERZOWI MORAWSKIEMU, w dniu 3-im lutego 1923-go roku, w dniu hołdu Jego zasłudze, imieniem Ministerjum Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego, Polskiej Akademji Umiejętności oraz Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Otwierając to uroczyste zebranie, ożywione wdzięcznością, jednomyślne w uszanowaniu i czci, zwracam się, dostojny Panie, do Ciebie imieniem Ministerjum Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego, które mam zaszczyt tu reprezentować, imieniem również codziennych świadków i towarzyszy Twej pracy: w Uniwersytecie Jagiellońskim, którego dzieje skreśliłeś, w Polskiej Akademji Umiejętności, której przewodniczysz. Wszyscy, którzy Cię tutaj <sup>1)</sup> i tam otaczamy, przynosimy Ci w darze nie tylko ufność zupełną ale i przywiązanie nasze serdeczne. Pozwól, Panie, że szczerze i prosto powiem, za co Cię czcimy: za to, że od tak dawna, bez chwili zachwiania lub przerwy, jesteś nauczycielem, badaczem, pisarzem i twórcą, że doradcą jesteś i powiernikiem młodych i starych, że jesteś wodzem, który umie i chce być żołnierzem, że jesteś wyznawcą nieśmiertelnej czci piękna, szermierzem prawd wiekuistych. Jesteśmy Ci wdzięczni za ogrom Twych dzieł, za bogactwo i świeżość

---

<sup>1)</sup> Uroczystość, do której niniejsze przemówienie było wstępem, odbywała się w Auli Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Twych myśli, za smak i miarę wyborną, za łamiący się w tysiącne odcienie język Twój polski, za żar Twej wymowy, w której szcęk szabli słyhać, jęk dzwonów, niekiedy także stuk młotów, przyszłość naszą kujących. Podziwiamy Twój umysł, zawsze skory do lotu; wzbogacamy się sercem, na niedolę ludzką wrażliwem; dziękujemy Ci za trud, za mózół wielki, pocziwy, za tyle publicznej służby i troski, za czyste jak łaza i jak burza przemożne ukochanie Ojczyzny.

Myśl Twoją w zaraniu młodości oczarował niewysłowiony cud piękna, który ziścił się nagle, przed dwudziestu wiekami, w duszy małego ale bohaterskiego plemienia. Słońce greckiego genjuszu wyposażyło Cię na całe życie w radość twórczości, w szczęście natchnienia. Ale nad greckie piękno, ponad rzymski ład i porządek, wzbija się, aż do nieba wysoko, moc prawd moralnych i majestat ludzkiego sumienia. Wcześniej niż grecka pieśń, wiele lat przed miarowym tupotem rzymskich dywizyj, rozlegał się na tej ziemi okrzyk wzburzenia i zgrozy na widok samolubstwa, okrucieństwa i wyuzdania człowieka. Coś z goryczy proroków, coś z ich palącego bólu i męki drży w Twoich słowach płomiennych. Przypominałeś, że cała godność życia leży w prostocie serc i w czystości pobudek. Zaklinałeś, ażebyśmy zaniechali kłótni i waśni, ponieważ szczęście a nawet bezpieczeństwo Ojczyzny zawisło od naszej jedności i spójni. Mówiłeś, że rozkaz uczciwości zawsze jest jasny, że obowiązek dla każdego istnieje; że, wobec udręczeń losu i zagadek jutra, człowiek i naród powinien pozostać szlachetny. Mówiłeś, że cierpienie jest nietykalne, że boleść jest święta; że siła nie będzie nigdy prawem, że przeciwnie słuszność, chociażby nawet w kajdanach, jest niepokonana. Mówiłeś, że i nad wielkimi historycznymi zbrodniami wisi gniew Boga, grom kary. Tak Panie mówiłeś, albowiem słysza-

leś w ciszy serca owe groźne wyrazy: *na wszystko, na co cię pośle, pójdziesz; powiesz wszystko, co ci rozkażę.*

Płynie świadomość, życie ucieka; niepowstrzymany potok wydarzeń wpada w otchłań przeszłości. Z niezgłębionych nurtów Natury fala zjawisk za falą wyrasta; każda przez chwilę się wzdyma, każda niebawem opada i ginie. Jak chwiejna toń morskiego odmętu, zgiełkliwa i zmienna jest arena ludzkich zapasów; lecz ponad wrzawą i jałowym okrzykiem unosi się moc dzieł dokonanych i sprawiedliwość pokoleń. Sprawiedliwość i prawda przemawiać dziś będzie w tej sali; ona Ci powie: prawy synu Ojczyzny, zasłużyłeś się zacnie.

---



### XIII. O POZORNYPH SPRZECZNOŚCIACH W OBRAZIE NATURY.

Przemówienie powitalne, wygłoszone na inauguracyjnym zgromadzeniu I-go Zjazdu fizyków i chemików polskich, w Warszawie, w dniu 4-ym kwietnia 1923-go roku.

Jest to dla mnie zaszczytem, ale jest także radością, że mogę zabrać głos w tem pięknym zebraniu. Czyż ono o tem nie świadczy, że wzmagają się siły Narodu, że zespalają się, łączą, że układają się w nowe i trwałe równowagi? Dla młodszych spółtowarzyszy prac naszych widok tej sali jest zapewne tylko obietnicą przyszłości; starszych musi pobudzić do wspomnień i otuchę dać sercu.

#### I

Nauka jest obfitem źródłem szczęścia dla młodych i starych. Żądając zapału, porywów, poświęcenia bez granic, wymagając wysiłku, który tylko przed południem życia jest dozwolony, nauka zdaje się ku młodym przede wszystkim się zwracać, dla młodych przeznaczać najwyższe swoje radości. Jakże świeże i bujne bywa natchnienie! w zuchwałej teorii, w genialnem odkryciu jakże często brzmi ufnie uniesienie młodości!

Tak, twórczość bywa w nauce przeważnie przywilejem lat młodych. Ale i znużonym umysłem, gorzkim po trudach i walce, rozmyślanie nad bezmiarem Natury przy-

nosi ukojenie ciche i czyste. Po długim szukaniu, po mnóstwie umysłowych doświadczeń, dochodzimy nieraz do wniosku, że pewność naogół jest bardzo niepewna, że najmniej wątpliwości nastęrcza powątpiewanie; ale i w takiej bezsilnej konkluzji, jeżeli szczerze z pracy wyrasta, tai się słodycz wyrzeczeń i smutny wdzięk pożegnania.

Nauka nasza naogół jest młoda; radujmy się, że tak jest, z głębi serca. Młodość jest w sędzie surowa, młodość jest w czynach odważna; młodość wierzy i walczy, młodość zwycięża. Życzymy wszyscy nauce polskiej, ażeby była niepowstrzymana i promienna jak wiosna.

Czcigodni Panowie, przybywam z Uniwersytetu staro-  
rego, na którym czar wspomnień, milcząca wymowa kamieni, na którym powaga stuleci wyryły niezatarte swe piętna. Pozdrowienia tego Uniwersytetu Panom przynoszę; przynoszę życzenia Akademji Umiejętności, która, chociaż jest *polska*, a nie bynajmniej krakowska, jednakże pod opieką Jagiellońskiej Szkoły utworzyła się i urosła. Stare są nasze mury, które tyle nieszczęść widziały i tyle wesela. Po ulicy Św. Anny nie snują się już wprawdzie szkolarze w beretach i przykrótkich togach; z katedr nie płynie ku słuchaczom mądrość *Arystotelesa*, *mistrza świadomych*, jak go *Dante* nazywa; w refektarzach kolegów magistrowie nie odczytują już Świętych Żywotów podczas uczt wspólnych; w audytorjach nie odbywają się turnieje *legendi, arguendi et respondendi*, owe *disputationes* sobotnie, *praecipui facultatis actus*, w których wyostrzone umysły szermowały subtelnie ilością wiedzy małą i słabą. W naszym fakultecie *artium* (lub, jak dziś mówimy, filozoficznym) nie poprzestajemy obecnie na wykładzie gramatyki, retoryki, dialektyki, arytmetyki, muzyki, geometrji i astronomji (*lingua, tropus, ratio, numerus, tonus, angulus, astra*); uczy my wszystkich nauk: *toutes bonnes, honnêtes, saintes et salutaires Sciences*, jak

je król Franciszek I-szy nazywał. Zmieniły się nazwy, zmieniły się stroje; nazewnątrz przeobraziło się wszystko. Świat tak niedawno wydawał się mały; nauka była zbudowana, gotowa, mieściła się w księgach, których treść pojąć było całem nauczyciela i ucznia zadaniem. Dziś jest inaczej; dziś z trudem usiłujemy odczytać coś w Księdze Stworzenia. Nasze nauki są wielkie, ogromne, ale jeszcze bezładne, nieskładne; wciąż jeszcze opowiadają raczej dzieje błędzeń i błędów człowieka aniżeli urządzenie i ustrój kołyszącego nas świata.

Nauka ludzka jest wielka; lecz jakże czczy, błaha i nikła wydaje się wobec tętniącej Natury. Niezmierny świat jest nieprzeniknionym splotem sprzeczności, niewyczerpanem źródłem zadziwień. Im śmieiej schodzimy pod zewnętrzne pozory, tem głębsza przepaść otwiera się pod naszymi stopami. Natura jest uporczywsza niż wola, bogatsza niż wyobraźnia, mędrsza niż rozum, przebiegłjsza niż zdrada, szaleńjsza niż obłąd. Ona jest naszą kolebką i trumną; ona nas niesie i niewypowiedzianie przerasta; nie możemy z niej wyjść, nie umiemy do niej przeniknąć.

## II

Przez sto lat istota promieniowania wydawała się zrozumiała. W bezgranicznym ośrodku, który dzieli i łączy rozsiane fragmenty materji, wyobrażaliśmy sobie perjodyczne wstrząśnienia stałej i określonej częstości, rytmiczne fale stałej i określonej długości. Przyrównywaliśmy te wstrząśnienia do poprzecznych drgań stałego sprężystego ośrodku; przyrównywaliśmy je później do elektromagnetycznych zaburzeń; te porównania dopomagały badaniu, ale nie wyrażały wiedzy. Co nazywamy nauką, powinno odbijać każde spojrzenie, każdy uśmiech Natury; wszelka analogja, wszelkie podobieństwo powinny się w niej rzetelnie wyrażać. Gdy zatem wydobywamy



czyli abstrahujemy, co w zjawiskach jest jednakowe, zgodne i wspólne, wypowiadamy wszystko, co sumiennie wolno nam uważać za wiedzę. Tak przeto w Optyce: trwałą treścią i zdobyczą tej nauki, nauki Fresnela i Younga, Maxwella i Hertza, Kirchhoffa oraz Huygensa, było zrozumienie *falistości* zjawisk, ich geometrycznej i kinematycznej tekstury.

Dziś spostrzegamy, że gmach Optyki był zbudowany na zdrowych wprawdzie i mocnych, lecz szczupłych podstawach. Zналиśmy prawa przebiegu promieniowania przez próżnię lub przez ośrodki, które od próżni różnią się mało; rzeczywistego węzła między promieniowaniem a materją nie znaleźliśmy; nie znaleźliśmy praw powstawania ani zanikania promienistych zaburzeń. Nowy dopływ wiedzy doprowadził do utworzenia nowych, niezwykłych pojęć: w teorii promieniowania pojawił się szczególny atomizm, w tej dziedzinie nauki najmniej spodziewany. Mówimy dzisiaj potocznie o cząstkach *działania*, mówimy zatem o atomach iloczynu energii przez czas; sam twórca pojęcia działania byłby zapewne uznał taką myśl za czcze urojenie, choć on od fantastycznych teoryj bynajmniej nie stronił, ów Piotr Ludwik Moreau de Maupertuis, przyjaciel Fryderyka II-go i prezydent jego Akademji, wróg zacięty Voltaire'a, przez genialnego arcybłazna nieśmiertelnie acz niegodnie wysmiany.

Posługujemy się dzisiaj potocznie i rachujemy *quantami działania*; lecz nie umiemy wyobrazić ich sobie, nie możemy ich narysować; przyzwyczajeni do kierowania się przede wszystkim wskazówkami wzroku, tylko wówczas uznajemy, iż coś rozumiemy, gdy możemy przypuścić, że to, o czem mowa, moglibyśmy *zobaczyć*. Trudność atomistycznego ujęcia zjawisk promieniowania nie leży jednak wyłącznie w bezwładności lub w subiektywizmie ludzkich umysłów. Quantowa optyka nie ma

związku z undulacyjną, nie ma z nią wcale styczności; a chociaż Niels Bohr, Sommerfeld oraz inni uczeni usiłują je doprowadzić do zgody, w istocie przecież obiedwie doktryny nie mogą ze sobą dotychczas spóldziałać ani nawet spólistnieć. Nie możemy obecnie quantowo zrozumieć nawet najprostszych zjawisk interferencji; bezquantowo nie możemy zdać sprawy z elementarnych faktów zrównoważonego promieniowania. Quanta giną, nie wiemy dlaczego, w ciągłym ośrodku przestrzeni; tętno rytmicznych wstrząśnień ośrodka milknie u progu materji. Nie pojmujemy związku między spazmami materialnego atomu a falą w eterze; nie dostrzegamy połączeń, które między quantami a jednostkowym ładunkiem elektronu istnieć muszą; mając elektrony i quanta w myśli, poczynamy wątpić o równaniach Maxwella; istota zetknięcia próżni z materją jest nam coraz mniej zrozumiała.

Pamiętajmy o tem jednakże skądinąd, że umysł ludzki jest uporczywy w pomyłce, której się oddawna dopuszcza. Konieczne, a choćby tylko dogodne oderwane pojęcia wnet obdarzamy zdolnością obiektywnego istnienia; przenosimy do rzeczywistości nasze własne, subiektywne pomoce myślenia. Uwierzylismy w prawidłowość perjodycznych wstrząśnień w promieniowaniu, choć ona prawdopodobnie jest tylko pozorna. Falista budowa światła była wyborną umysłową konstrukcją; wypełniliśmy nią całą próżnię, zasnulismy znów świat pajęczyną, od której Newton niebiosą oczyścił. Bądźmy pewni, że wiązka rozigranego w przestworzu promieniowania jest małym chaosem, podobnie jak wielkim chaosem jest cały stary ten świat w kapryсах wiecznego swego szaleństwa.

Nie dowierzajmy zatem istnieniu fal prawidłowych i prostych; odmówmy również ufności obiektywnemu bytowi quantowych atomów. Niezgodność undulacyjnej i quantowej Optyki świadczy tylko o tem, że i jedna

i druga nauka, pochwyciwszy w zjawiskach wątłą nie podobieństwa, przeciągnęła, każda własną, poza właściwy ich zakres; że z analogji uczyniły tożsamość, że subtelną przenośnię pojęły dosłownie, naiwnie i grubo.

### III

Z wielkimi przeciwnościami walczy nasza młodzieńcza nauka; tej walce społeczeństwo dokoła przygląda się dość obojętnie. Kraj mało z nami spółczuje, spółdziela spółmyśli. Jako obserwatorowie oraz badacze, powinniśmy wytłumaczyć takie zjawisko; powinniśmy je przede-wszystkiem przeniknąć. Miejmy zawsze podziw dla Natury; dla ludzi miejmy wyrozumiałość i litość. Przypominajmy, że w kraju jest jeszcze dużo biedy, zacofania, ciemnoty, cierpienia, nieszczęścia; że w Polsce może i musi być lepiej. Mówmy, że bez nauki niema pracy nawewnątrz ani obrony nazewnątrz; że bez krańcowego wysiłku nie może być dobrobytu a może nawet i bytu. Uczmy, że życie pcha narody w przyszłość surową i twardą, w której dzielność zwycięży. Wołajmy, że udoskonalić się nie można bez troski, bez trudu; że w niepokoju i męce musimy szukać tajemnic sprawiedliwości i prawdy.

Zebranie dzisiejsze dodaje otuchy. Wszyscy zgromadzeni czujemy, że przywiodły nas tutaj dwa jednomyślne uczucia: wiara w Naukę, umiłowanie Ojczyzny.

---



XIV. PRZEMÓWIENIE, WYPOWIEDZIANE W DN. 12-YM  
MAJA 1923-GO ROKU, W AULI UNIWERSYTETU JA-  
GIELLOŃSKIEGO, DO MARSZAŁKA F. FOCHA <sup>1)</sup>.

Panie Marszałku! Mam zaszczyt złożyć Panu hołd podziwu i czci imieniem Uniwersytetu, który od pięciu wieków poczuwa się do obowiązku strzeżenia ducha swego Narodu. Witamy w Panu, Panie Marszałku, jednego z najznamienitszych naszych doktorów, jednego z tych, których imię przejdzie do potomności dalekiej.

Ku końcowi zamkniętego już dziejowego okresu wydać się mogło, że cywilizacja spoczywa na niewzruszonych podstawach; pewna swych zasad, dumna ze zdobyczy, zdawała się do spokojnego istnienia powoływać wszystkie te ludy, które po wielu wysiłkach zdołały narzeczcie ją dźwignąć. Jakże wspaniałem widowiskiem była Europa, porwana wytwórczością i pracą, wyzwalająca olbrzymie zasoby energii dla codziennych swych trudów; jakże zdumiewała wszystkich potęgą człowieka, która, przewyciężywszy wszystkie przeszkody, zapanowała, jak się zdawało, nad dążnościami, nad upodobaniami Natury. Niestety, bezpieczeństwo świata było pozorne, jego równowaga była nietrwała. Pod naciskiem nieokiełznanego egoizmu, życie narodów, w ponurej jakiejś rozpaczy, za-

---

<sup>1)</sup> Tłumaczenie z francuskiego oryginału.

błąkało się nagle wśród nieszczęść i wstydu ohydneho wybuchu nienawiści i zbrodni.

W tej chwili objawiła się duchowa moc Francji. Napaść poruszyła duszę francuskiego narodu; z jego łona wydarł się krzyk oburzenia; zapał, odwaga i pogarda śmierci ocaliły francuską Ojczyznę.

Świat zapragnął wówczas czegoś bohaterskiego. Istotny dramat rozgrywał się w głębi sumień, na dnie ludzkich dusz; nigdy przecież nie odbił się szeregiem okropniejszych wydarzeń na widowni historii. Wzburzenie moralne ludzkości stało się początkiem nowej w dziejach epoki. Była to rozstrzygająca godzina, w której wypadki biegły niepowstrzymane jak burza; była to chwila, w której duchy odważne i silne gromadziły dokoła siebie zastępy, gotowe pójść za ich przewodem. Gdy siły cywilizowanego świata sprzęgały się w walce z chłodno obmyślanym zamachem, pojawili się wówczas wodzowie, w których tajemne duchowe zasoby narodów skupiły i odsłoniły się nagle. Byłeś wtajemniczony w zrzędzenia losów, Panie Marszałku! W imię trwałych ideałów pokonałeś ciemności, które zniknąć powinny. Odwaga, nieugięta wola, wytrwała i jasna rozważa wyniosły Cię ponad poziom narodów i ludów. Zwyciężyłeś w strasznej i nieublaganej rozprawie; zgmiotłeś zły posiew; spełniłeś wyroki przeznaczeń.

Przez przeszło sto lat naród nasz krwawił niewymownemi ranami; przez przeszło sto lat rozpaczliwie walczyliśmy, jak przystoi tym, którzy nie chcą i nie mogą zginąć. Aż do dna wychyliliśmy nieszczęsny kielich goryczy; rozdarcı, zmiżdżeni, nie przestaliśmy przecież wołać sprawiedliwości dla siebie, kary dla zbrodni. Ofiary nasze i nasze żaloby nie były próżne; echem sumienia ludzkości stał się nareszcie głos naszej skargi; wielki akt zadośćuczynienia i prawdy wyszedł ze straszliwego zamętu. Do życia przywrócił nas Bóg; Bóg nam oddał Oj-

czynę; ale Pan, Panie Marszałku, byłeś Wiekuistego narzędziem, gdy zdradę i złość deptałeś stopą zwycięską.

Imię Twoje nie zatrze się w pamięci naszego Narodu. Nie przestaniemy powtarzać za wielkim pisarzem, iż *prawa dziejowe są sprawiedliwością Stwórcy*. Polska podziwia Cię, Panie Marszałku i błogosławi Twe imię. Ze wszystkich sił serca dzisiaj wołamy: wielki wódz i bohater, krzywd naszych mściciel, wybawca miłej Ojczyzny, Marszałek Foch niechaj żyje!

---



XV. MOWA DO PREZYDENTA RZECZYPOSPOLITEJ,  
P. STANISŁAWA WOJCIECHOWSKIEGO, WYPOWIE-  
DZIANA W AULI UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO  
W DNIU 15-YM CZERWCA 1923 R.

Panie Prezydencie, Rzeczypospolitej przywódcu, magistratury naczelnej dostojny piastunie! Z uszanowaniem i czią witamy Cię w murach starej i wiernej tej Szkoły, w której od wieków żyje samowiedza Narodu, duch prawa i ładu, myśl rządu i państwa. Nie zapomnieliśmy tu jeszcze straszliwych nauk niewoli. Pamiętamy, że chciano wyzuć nas z ziemi, mowę nam odjąć, uczucia z serc wyrwać, że usiłowano zabić nam matkę, zamiast niej narzucić macochę. Swobodna Ojczyzna dla nas wciąż jeszcze jest cudem; więc z uniesieniem radości witamy Cię, obywatelu najpierwszy, który wyobrazasz powagę i dostojęństwo Rzeczypospolitej naszej, który jesteś stróżem jej siły i spadkobiercą jej chwały.

Steruj szczęśliwie, prawowity Sterniku; wiedz nas ku zacnej sławie, ku społecznemu zdrowiu, ku zgodzie, ku spójni. W duszach ludzkich dziwnie splatają się złe i szkaradne, ale także przepiękne i przeczyste pierwiastki. Człowiek ma w sercu gotowość podziwu i upragnienie kochania; chce żywić cześć dla mądrości i piękno miłować, drgające w całej Naturze. Mimo wszystkiej chwiejności i tylu nieszczęsnych pomyłek, sumienie jest w nas niekończącym się cudem. Ale w sumieniu Narodu jest

dzisiaj jakaś próżnia! Jak za czasów pasterza A m o s a, dusze nasze opanował niepokój; głód i pragnienie nas dręczą, których chciwość i zazdrość, nienawiść i kłótnia nie zaspokoją. Do czegoś szlachetniejszego tęsknimy niż co nas dokoła otacza, co nas zmniejsza, uciska i coraz bardziej obniża.

Wiedź, Panie Prezydencie; pragniemy wodza. Męskie postanowienie przywódcy jest wyrazem żywych sił kraju, jest aktem woli, która nie powątpiewa o jutrze. A gdy w oczach naszych przelewa się społeczny ocean, gdy tai w sobie nieobliczalne energie i moce, nie godzi się wówczas wyrzekać się własnej przyszłości. Ale popędy ludów nie bywają świadome, nie słanowią więc *woli* ani jej nie mogą zastąpić; za pokolenia rozstrzygać muszą mężowie, w których zbiorowy instynkt położył swe zaufanie. Tłum wprawdzie bywa rzadko wdzięczny, bardzo rzadko szlachetny; jak rzekł A n t y s t e n e s, dumą najlepszych jest, czyniąc dobrze, służyć bez żalu obmowy i złorzeczeń bez skargi. Lecz sprawiedliwość zupełna jest bardzo trudno dostępna. Rzadko czyn bywa doskonale dobry i słuszny; nawet w uczciwym naszym postępku czai się może czyjaś niedola lub krzywda. Tylko oderwane myślenie może być całkowicie wszechstronne; w zamiarze, w postanowieniu, w działaniu, w każdym kroku i ruchu tkwi wybór, zatem niejaka wyłączość. Chłodno, z zewnątrz przyglądając się światu, nie możemy być pewni, czy całe wszecharcydzieło istnienia nie jest tylko sennem naszym marzeniem. Lecz skoro do czegoś dążymy, coś budujemy, tworzymy, jeśli nawet chcemy dzień przeżyć, musimy mieć wiarę, że przyszłość od nas zawisła, że można do pomocy cierpieniu i błędom zapobiec, że jedyną radością jest dzieło a jedynym bogactwem uczciwość.

Ból i cierpienie, niedola i krzywda leżą w rdzeniu Natury. Ponad nasze pojęcia zamiaru i celu, ponad ludzkie widzenie zasługi i winy i kary, wiekuista konieczność

zapładnia i zgladza, wytwarza i niszczy, rozkrzewia i łamie, niweczy i sieje, zmusza do życia i popycha do śmierci. Dlatego oczekiwanie przenika Naturę; dlatego rozlega się w niej i ogromny głos szczęścia i powszechny jęk bólu. Dlatego obowiązek nie może człowiekowi wystarczyć; dlatego potrzeba mu czarodziejskiego pocałunku fantazji, dlatego potrzeba mu nieskończonej radości nadziei.

Panie Prezydencie, pozwól nam śnić, że nasz właśnie Naród, może pierwszy w rodzinie ludów, błogosławione owe prawdy zrozumie, które okażą się kiedyś nietylko najszlachetniejsze, najlepsze, ale i najrozumniejsze, najtrwalsze. Okrucieństwo i dzikość, przemoc i ucisk, nienawiść i pycha, łupiestwo i wyzysk — wszystko to rozproszy się kiedyś, jak nizinne opary, przed blaskiem uczciwości narodów. Ludzie zrozumieją nareszcie, że wzajemne ich walki, pod miażdżącą stopą Natury, są nietylko bezecne, lecz są niedorzeczne. *Bądźmy uczciwi, powiedzą, jeśli chcemy być mniej nieszczęśliwi.*

Niechaj Bóg prowadzi Cię, Panie Prezydencie; za trud Twój czysty, ofiarny, siebie samego niepomny niechaj obdarzy Cię najwyższą nagrodą: szczęściem Ojczyzny.

---



## XVI. SCHOLIA.

### I

*Cagion diletta d'infiniti affanni...*

Powracałem z teatru i miałem duszę pełną Hamleta. *Dobranoc, miły książę!* powtarzałem za Horacjem; *niechaj chór anielski do snu cię ukołysze!*

Bolesny jak życie, zawily i dziwny jak świat, chwiejny jak ludzkość i jak ona pełny sprzeczności, Hamlet jest niewyczerpanem, niepojętem zwierciadłem duszy człowieka. Ach zapominam i nie chcę pamiętać o grubych drwinach, które Szekspir, jak kości psu, rzuca gawiedzi. Myślę o drgającym w Hamlecie splocie urojeń i mąk, które powracają odwiecznie w naszych znękanych sercach; mówię o mamidlach i widmach, które w nas wszystkich mającą, którym nieufni ufamy, które przeciw woli kochamy. Nieszczęsny królewicz! na tarasie zamku w Elsinore nie umiał oczu od widowiska oderwać, na które ciągnęła go przemożna gorycz jego własnych rozmyślań.

Przypatrzcie się, jak Hamlet ludźmi pogardza. Wprawdzie próbuje niekiedy zabawić się ich podłością lub niewymowną głupotą, ale niebawem odrzuca z rąk tę zabawkę ze skończoną odrazą. Może kochał kiedyś słodką dziewczynę, którą los chytrze na jego drodze umieścił; może Natura rzuciła go na chwilę, wyrwaną z nicości, w jej upajające ramiona. Ale szął minął i oto krzywdzi

ją brutalnie, oto ją obraża bezkarnie a więc postokroć niegodziwie. Cierpi bez miary. Kocha występłą matkę; ale kocha ją tylko w podświadomych zakrętach życia, które wziął od niej; z matką złączony jest tylko tajemnymi nićmi, utkanymi ze zwierzęcej tkanki, które, szarpnięte, odzywają się w każdej żywej istocie. W świadomości swej Hamlet matkę potępia; lecz w owej scenie, w której on jest oskarżycielem, sędzią i katem a hallucynacja obrońcą, w rozdzierającej tej scenie, od której wzdryg się serce, on wije się z bólu, równie okropnie, okropniej niż winowajczyni.

Biedna grzesznico, ukarana okrutnie! Nie mógł przebaczyć ci własny twój syn, ale przebaczył ci Ten, kto wyrzekł: *кто з вас jest bez grzechu, niechaj pierwszy rzuci na nią kamieniem.*

Nie pytajcie mnie o króla i o jego liche rachunki; mniejsza o króla, to karzeł. Karli jest króla rosnący niepokój, szamotanie się zwierzątka, które poczuło sępa nad sobą. Jak drapieżny ptak nad zdobyczą, miecz prawdy coraz ciaśniejsze kręgi zatacza nad królem; albowiem, im okrutniej skępowana jest prawda, tem bardziej jest przerażająca; niejeden Klaudjusz nad Sprewą i Newą musiał w duszy drzeć przed nią od lat stu pięćdziesięciu. Lecz wobec Hamleta król jest figurką tak drobną, tak nędzną, że olbrzym długo nie raczy jej nawet dostrzeżać, cóż dopiero z nią walczyć.

Hamlet odrzuca od siebie nietylko króla, nietylko cały świat ludzki, którego zachody wydają mu się *jałowe i płaskie, męczące i nudne*; Hamlet odrzuca samo istnienie. Nie chce być marjonetką, która po scenie życia drepce śmiesznie pięć minut, tam i napowrót, poczem idzie do kosza; nie chce być ślepą igraszką, przez burzę ułud miotaną bez celu. Hamlet nie pragnie żyć. Prawda, że nieufnie przygląda się śmierci; nie rozumiejąc życia, nie wie tem bardziej, czem może być śmierć; ale i w życie

i w śmierć patrzy bez przywiązania, bez trwogi. *I do not set my life at a pin's fee* powiada nam z precyzją, ze spokojem, który wszystkie uczucia zepchnął aż na dno duszy; ale to wyrok zagłady, który wydaje na siebie. Zabójstwo jest czynem brzydkim, przed którym cofa się wytworność, do którego tylko w oszołomieniu gniewu jest zdolna; choć zatem nie zgadza się na życie, Hamlet nie przystaje i na samobójstwo. Lecz gdyby mógł, gdyby musiał codziennie wybierać pomiędzy jawą a snem? między zgiełkliwym życiem a ciszą, do której stęskniona jest jego dusza? Gdyby słońce, budząc zrana Hamleta, papytywało go: chcesz żyć?

Za Szekspirem stała Śmierć, gdy pisał *Hamleta*; Śmierć zaglądała piszącemu przez ramię.

Dobranoc, drogi książę, dobranoc nieszczęsny; nie mogę ci dać innego imienia. Niechaj chór aniołów do snu cię ukołysze! Temi słowy żegna się z tobą nieśmiertelny twój twórca; te słowa i ja składam nieśmiało na twoim w ludzkich duszach grobowcu.

## II

Dziwiło mnie zawsze, że ludzie samotności się boją. W samotności ośmiela się myśl i wybiega nad gwiazdy. W samotności dusza tężeje i wydzwania własną melodję. Tylko zdala od ludzi można być lepszym od ludzi; tylko w ciszy zupełnej można dosłuchać się harmonji Natury.

Dzieckiem będąc, tęskniłem do morza. Nęciło mnie morze otwarte i niepodzielone, morze wabiące i pełne obietnic; nie znając go, tęskniłem do morza. Nie wiedziałem, jak umie leniwie odsuwać się, kapryśnie i zalotnie się wzdragać; jak potrafi hucząc napadać, szarpać, wywracać i gryźć. Nie wiedziałem, że morze zmaga się w sobie bez wytchnienia, bez zmiłowania, bez końca;



że w jego wołaniu jest skarga, że w jego rozpacz jest grom.

Od próżni słów ludzi, od smutku i wstydu ich walk uciekałem, wiele lat później, na puste i piaszczyste wybrzeże. Fale uporczywie szły ku mnie; przyglądałem się ich grze niezłomnej. Za pierwszą falą biegła druga, trzecia i tak dalej bez końca. Dalsza któraś fala w szeregu zwyczajnie sunęła prędzej aniżeli ich cały zbiór; zatem dopędzała falę naczelną, przeskakiwała ją lekko i zwinnie, wreszcie, zatoczywszy łuk szeroki, pienisty, zamierała na piasku.

Drobny to szczegół w nieskończonym bezmiarze wydarzeń; lecz we wszechświecie czyż istnieją szczegóły? W najmniejszym swem drgnieniu Natura przegląda się cała.

### III

Wszyscy razem stoimy na wybrzeżu oceanu wszech-rzeczy; przyglądamy się wszyscy niezłomnej grze zjawisk. Wszyscy razem wobec czegoś stoimy, co nie jest ludzkie, co jest pozaludzkie, co zarazem niestety jest także nieludzkie. To coś, co jest wszystkim, może również być niczem. Może niezawisła, bezwzględna jest w sobie zamknięta Natura; może jest tylko zespołem sypiących się wrażeń, pod których gradem przeżyjemy się od urodzenia do śmierci. Może na podobieństwo pyłu jesteśmy zgubieni w bezdennej przepaści przestrzeni; może przestrzeń jest złudą, odbłaskiem błędnego światła, które myśl rzuca na odmęty przejść swoich własnych. Może, podobnie jak my, światy żyją, rosną, starzeją się; może wszystko idzie z przeszłości i w dal niewiadomą podąża; może i przyszłość i przeszłość zarówno istnieją, jak księga, której odwracamy kartę za kartą; może w naszym rachunku czas jest pomyłką, w którą fatalnie wciąga nas ustrój nasz własny. Po przekreśleniu przestrzeni i czasu

może dostrzeżemy niebawem, że pozostała reszta Natury jest spójna i prosta; może i wówczas uderzymy o nową sprzeczność wewnętrzną, o nową przegrodę dla myśli, dzisiaj tajemną. Może za sto lat dzieci naszych dzieci będą litowały się nad Euklidesem i nami; może psychologia obejmie całość wiedzy; może tego dokona inna nauka, której nie domyślamy się nazwy. Materja, którą napozór mamy nieustannie przed sobą, nie jestże przesądem zmysłów pospolitym? Czy może istnieć inaczej lub rzeczywiście więcej przestrzeń i próżnia, aniżeli czas i zjawiska, aniżeli przeobrażenia energii, życie, świadomość i myśl? Co poznajemy, nie jestże węzłem zaburzeń w różnaitości, rozłożonej pod spodem istnienia, w różnaitości, której pierwiastki są nie do pojęcia? Może podobna oglądać Naturę z tysiąca stron rozmaitych i z każdej dostrzegać inne zwodnicze oblicze. Może nasi następcy nie zrozumieją, czemu drobny krok naprzód po drodze pojmowania upaja pokolenie obecne; czemu, poprawiwszy tylko jeden z wielu błędów ludzkiego umysłu, radujemy się, że posiadliśmy tajemnicę stworzenia? Może plan urządzenia Natury jest tak głęboko ukryty, że nie odgadniemy go nigdy; może odstonimy powoli, cierpliwie, cząstkę za cząstką posągu rzeczywistości; może ścigamy tylko bańki mydlane, gdy uderzamy o ściany zawierającej nas klatki.

Nie, nie lękajmy się samotności. Wystrzegajmy się raczej, ażebyśmy nie musieli powtórzyć za tajemniczym pisarzem, za wielkim znawcą dusz ludzkich, za przedziwnym artystą, tych słów przejmujących: *nieraz ogarniał mnie żal, że nie zamilczałem; nieraz pragnąłem, abym był nie znalazł się między ludźmi.*

#### IV

W Cambridge poznałem męża, który wiele zrozumiał i wiele wyjaśnił; wytłumaczył on także gonitwę fał na

piasku wybrzeża. Nazywał się Sir George Gabriel Stokes, Bart. Drobna to była postać, cicha, w sobie skupiona, milcząca; twarz, ostrym ryłcem rzeźbiona, była niejako zakrzepła; oczy patrzyły przenikliwie i mądrze ale zarazem szlachetnie. Nie zapomnę tego spojrzenia, nie przestanę czcić ducha. Spokojny i prosty, nie znając pośpiechu, nie potrzebując wypoczynku, rozmyślał przez pogodny czas życia; aż do sędziwych lat niosła go niezachwiana prawość, powszechna cześć towarzyszyła mu do grobu.

Jakże odmienny był serdeczny jego druh i wielbiciel, olbrzym pracy i myśli, wódz pokolenia badaczy, William Thomson, genialny Lord Kelvin. Entuzjazm płomienny, polot nieporównany, stalowa dzielność i trwałość, bystrość i przenikliwość niemal nadludzka, wszystko było w twarzy tego najpotężniejszego, z którym dane mi było obcować, człowieka; wszystko drgało i grało w jego odkryciach i dziełach, w jego życiu i czynach, w rozpaczliwej, tytanicznej jego walce o prawdę z dręczącą Naturą.

Wstępując w progi Cambridge, kto nie wykrzyknie, jak monarchini angielska: *o domus antiqua et religiosa!* Jakże opisać Cambridge słowami? Jest jednocześnie świątynią i klubem, jest zgromadzeniem zakonnem i kipiącą naukową pracownią; jest bezmownym pomnikiem przeszłości i kuźnią przyszłości wielkiego Narodu. Jest pepinjerą przyszłych gwiazd parlamentu, rządu i sądu, zarazem zaś promienistym ogniskiem najbardziej oderwanego myślenia. Jest źródłem wiedzy, jest ochroną smaku, zwyczaju i obyczaju. Jest szkołą rozrywki i zawodów młodzieńczych, ale także kolebką Bacona, Milтона, Newtona, Byrona, Macaulaya, Darwina, Kelvina, Maxwella, Rayleigha. W Cambridge uczą nie tylko sale szkolne i laboratorja, nie tylko muzea i biblioteki; tam uczy i kształci spokój i cisza idących za sobą



w łańcuchu dziedzińców, piękno dziwnych bram (napoły fortecznych, napoły tryumfalnych), siła twardych wież i opanowane bogactwo strzelistych wieżyczek, wybredny przepych łuków i sklepień, wykończenie sprzętów, cały czar i powaga skupionej, mądrej, szlachetnej architektury; tam uczy i wychowuje świeżość i miękkość ogrodów starych, parków rozmarzonych, które surowość murów otaczają krasą wiosenną; wdzięk rzeczulki, przekradającej się cicho pod gotykiem mostów; życie pracowite, godne, uprzejme, łagodne ludności miasteczka oraz ludności wiejskiej dokoła, od wieków uczciwie na roli siedzącej. Tam przedewszystkiem do duszy przemawia wspańska duma tradycji, chwała dzieł dokonanych, urok wysiłków tylu potężnych umysłów, pamięć polotu genjuszu, którą przesiąkł tam każdy kamień; tam napomina i przykładem tam świeci spokój i równowaga przeciwnych a przecież szanujących się nawzajem poglądów, dążeń i prądów, nieograniczona swoboda uczciwych przekonań, moc potępienia wszystkiego, co jest rzeczywiście nikczemne. Z Cambridge nie może powierzchowność wypełzać, niedbalstwo lub kłamstwo; sumiennosc, dzielność, prawdziwość tak rozumnie zachęca tam do naśladownictwa. W Cambridge nie może wyhodować się lekkomyślność i zarozumiałość oraz zaślepienie namiętne, które wywraca bez potrzeby i celu; tam przeszłość zbyt wymownie żąda od nas podziwu, zbyt serdeczną i trwałą wyradza w nas wdzięczność.

## V

Mamy w Polsce nasze Cambridge i Oxford i Canterbury razem; mamy je w starym Krakowie, w jedynym i własnym Krakowie. Dbajmy o Kraków! o drogi nasz Kraków, zamyślony i brudny, jak mędrzec w łachmanach; o dziwny nasz Kraków, nieumyty i wielki, mały i szczytny,

tonący w błocie i w abstrakcjach myśli, w czarodziejstwie sztuki i w pyle, w królewskich wspomnieniach i w mądrości stuleci. Kraków niechaj będzie szkołą Polski, inną niż Cambridge lub Lejda, równie piękną, bardziej tragiczną. Mamy w Krakowie źródło wiedzy; tam jest *fons doctrinarum irriguus*, jak chciał Założyciel; ognisko pracy i myśli, warsztat badania, świątynia pamięci, czujna i baczna strażnica, pochodnia w mroku niewoli. Lecz ona w takim ubóstwie, owa *Scientiarum praevalentium margarita*, w cieśni, w niedostatku, w bolesnym i upakarzającym smutku bezsilności! Przed pięćciu wiekami błogosławiona nasza Królowa przekazała temu Uniwersytetowi swoje klejnoty; czy poskąpi mu powszedniego chleba Polska dzisiejsza?

## VI

Car Piotr wypuścił rumakowi wodze  
Widać, że leciał, tratując po drodze.....

Powracałem do studenckiego mego mieszkania wzdłuż brudnego kanału, który od brudnej kobiety wziął nazwę. Stały w szeregu koszary, stajnie, więzienia, szynkownie. Snułem się wśród domów bezkształtnych i nieuzasadnionych pałaców, przez dorywcze miasto zgnilizny, które z błota pod przymusem wyrosło, nie poczęło się w ziemi błogosławionej, karmiącej; przez miasto chore i złe, wczoraj pozbawione radości słońca i światła, jutro znów ukojenia, które człowiekowi przynosi noc. Tyle lat upłynęło! Widzę jeszcze przed sobą okrutną stolicę, ponurą, posępną, jak niedola nieszczęsnego ludu, który umie być wolny li tylko w rozbestwieniu; który i dzisiaj, ogromny, bezsilny, potrafi znów tylko się pastwić. Nazywam i ciebie nieszczęsnym, tragiczny narodzie; kto zdoła zstąpić na dno twojej hańby i męki? Twój syn, może największy pisarz pokolenia, powrócił stamtąd w obłądnie.

## VII

*On se lasse de tout excepté de comprendre.* Jakże często powtarzał poważne te słowa Karol Potkański, on, który był tak bardzo strudzony, zanim mu było dane odpocząć.

Dlaczego wszystko powszednie i nuży, wszystko przesyca i wszystko zniechęca, prócz niekiedy uśmiechu myśli bolesnej, oprócz zadowolenia, nieraz przecie zaprawionego goryczą, które rodzi się z pojmowania? Dlaczego? Albowiem pojmować, to tylko spoglądać, rozważać, dostrzegać, to biernym i obojętnym być widzem, który nie chwali, nie gani, nie raduje się ani się smuci, który nikogo do niczego nie wiecie, wieść nie chce i wieść nie potrafi. Albowiem pojmować, to bynajmniej nie pragnąć, nie dążyć, nie walczyć; to jeszcze nie — żyć. Można wiele rozumieć i niczego nie dokonać na ziemi. Na ziemi zwycięża nie myśl ale wola; tylko wola w życiu zwycięża. Myśl oderwana jest sama przez się bezpłodna.

Piotr, zwany Wielkim, czynny, dzielny, sprawny i silny, do okrucieństwa bezwzględny, aż do zwierzęcości okrutny, Piotr nie był Hamletem, gdy kosztem wielu tysięcy istnień ludzkich dźwigał z bagien swe miasto. Bismarck nie dbał o sąd *kilku pedantów*, gdy butem kirasjera deptał prawa boskie i ludzkie a zwyciężonym pozostawiał tylko szyderstwo. Napoleon, gdy chwycił Europę w wypieszczone, śliczne i nieubłagane swe dłonie, nie podsłuchiwał z pewnością, nie rozpamiętywał własnej swej duszy; wierzył w siebie samego, gdy, równie biegle grając na najwyższych uczuciach i na najniższych instynktach, pędził dokąd chciał tłumy ludzkie, którymi bezgranicznie pogardzał.



W chwili, w której przełamuje się życie i rozstrzyga się los, Hamlet, ironiczny, niedbały, zajęty jest błyskotkami; Hamlet układaniem aforyzmu się bawi; nie może nawet, niepoprawny gryzmoła, powstrzymać się od zapisania go sobie. Umieszczony w notatkach, stryj dla Hamleta już jest ukarany; oto czyn, do którego prawdziwy Hamlet jest zdolny. *Giń, stado wilków, ja się uśmiecham*, taka jest krótka treść uczuć, które żywi względem ludzkości. Ale ten uśmiech jest bardzo bolesny.

Dla pojmowania czystego, nie dbającego o zastosowanie i korzyść, dla twórczego polotu, oderwanego od życia, dla uogólnień, które myśl ludzką do najwyższej potęgi wynoszą, Napoleon ma tylko lekceważenie, niechęć, pogardę; do rezonerów, gadulów, ideologów, adwokatów i metafizyków żywi odrazę, graniczącą z fizycznym wstrętem. Widnokreśli nauki, tęsknoty poezji, uroki sztuki, ogłada i wykwint dobrego obyczaju, tolerancja i umiarkowanie, wyhodowane w atmosferze subtelnej kultury uczciwość, łagodność i prostota serc czystych, dobra wiara, lojalność, moc przekonania, wierność danemu słowu, uszanowanie praw cudzych, przywiązanie do swego języka i kraju, patriotyzm, religja, wszystko, co gra w duszy ludzkiej, co życiu nadaje znaczenie i wartość, wszystko to dla Napoleona są puste, dziecinne albo kłamliwe wyrazy<sup>1)</sup>. Treścią ludzkości jest on sam, Napoleon; on jest osią świata i jego istotą. Ludzie są jego rzeczą,

<sup>1)</sup> »Il ne pardonnait à la vertu que lorsqu'il avait pu l'atteindre par le ridicule« (Madame de Rémusat). »Il n'a jamais éprouvé un sentiment généreux; c'est ce qui rendait sa société si sèche, c'est ce qui fait qu'il n'avait pas un ami. Il regardait les hommes comme une vile monnaie ou comme des instruments« (Comte Chaptal). »Général« (słowa Napoleona do generała Dumas) »vous étiez de ces imbéciles qui croyaient à la liberté? Vous ne vous êtes pas rendu compte de vos motifs; vous ne pouviez pas être différent des autres; l'intérêt personnel est toujours là«.

własnością; są i być nią powinni, na inny los nie zasługują; ich przeznaczeniem jest słać się pod jego stopy Tytana. Porwany sennem marzeniem, uniesiony wizją wspaniałą, godną zarazem Cezara i dziecka, wznosił z trupów ludzkich budowlę gigantyczną, potworną, aż wreszcie legł zdruzgotany pod bezkształtną ruiną jej szczątków.

Tak, woła w życiu zwycięża; czy jednak *buduje*? Piotr, który nieposłusznych własną ręką na śmierć zadreślał ohydnie, czy nie kładł podwalin pod rządy dzisiejszych swoich następców? Bawiąc w Wersalu, w 1871-ym roku, w sercu zgniecionej Francji, Bismarck zapewne nie wiedział, że z tłumu ciekawych przypatruje mu się młody, błady z oburzenia i bólu żołnierz francuski, któremu na imię jest Foch. Co pozostało z okrutnej chytrłości Katarzyny, z wybuchów wściekłości Mikołaja, z katowskiej roboty Murawjewa, z żandarmskich Pobiedonoscewa zabiegów? Nowosilcow, który nas nienawidził, brutalną ręką potracił struny, dla Polaka bezcennie grające. A gdy ten, którego pióro wymienić się wzdraga, rozpoczynał w Warszawie siejbę karkolu, rzekł w obecności stu osób: *wkrótce w tym kraju piastunki będą dzieciom do snu po rosyjsku nuciły*. Gdzie moje notatki? zapiszmy czem prędzej: można być człowiekiem niepospolitym, jednocześnie oszalałym w zaciekłości głupcem.

### VIII

Przechylałam się może ku rozmyśleniom smutnym w tych dorywczych zapiskach, które kreślę pobieżnie na brzegach księgi mojego żywota. Ale zaślepienie, zawziętość, ciasne roznamiętnienie musi nas razić i boleć; zawiść, swarliwość, niekarność, złość licha powinna nas niepokoić, nieuczciwość do żywego poruszać. O ileż szlachetniejsze jest oblicze Natury! Natura nie zna podstępów,

wybiegu i kłamstwa; wszystko jest prawdą, co w niej się ziściło; każde nią odetchnięcie uczy nas rzetelności. Wszystko w Naturze jest ściśle; matematyka i logika ludzka jest tylko słabem odbiciem jej precyzji i miary. Wszystko w Naturze jest ruchliwe i zmienne, ale może nic chaotyczne; pozorny hałas wydarzeń jest może tylko niezrozumianym akordem. Wszystko w Naturze jest spójne i zgodne i harmonijnie spokojne, wszystko postanowione, zapewne konieczne; bez praw, bez choćby pozoru prawidłowości niema nauki, myśli, świadomości, niema nawet Natury.

Jaka śmiałość i groza w widokach wszechświata! Przez otchłań przestrzeni, przez lodowate i bezdenne przestworze biegną bryły wystygłe, zakrzepłe, milczące; oto płoną w czeluści słońca młodzieńcze, tryskając dokoła obłąkanemi miotami; oto strumienie gwiazd płyną i krzyżują się cicho, oto kłębią się potworne mgławice, kolebki dalekich i niewiadomych nam światów. Patrzmy! Tu przed wzrokiem odsłania się budowa materji. Oto przepiękna architektura kryształów, dziś już odrysowana; oto gorączkowy rozgwar śpieszących gazowych molekuł, dziś już ujęty w formuły ściśle. Oto tłum nieprzejrzanym drobnych i małych, coraz drobniejszych i mniejszych fragmentów materji; wszystkie te ziarenka umiemy poznawać i liczyć i mierzyć i ważyć. Oto straszliwy popłoch chemicznej reakcji, w której rodzi się nowy układ materji; w tym nieobjętym zamięcie obowiązują przecież prawa, od których niema ucieczki. Oto atom chemiczny, ostatnia cząstka, przed którą zatrzymywał się do niedawna wzrok wiedzy; dostrzegamy w nim dzisiaj maleńkie jąderko, niezmiernie w sobie skupione, potężne; dokoła snują się elektryczne pyłki, niekiedy skaczą niezrozumiale, raptownie, wstrząsając ocean próżni; fale tworzą się wówczas, któremi świat daleki dygoce. Niekiedy w konwulsjach pryska misterny ustrój atomu; wy-



rzucone zeń elektryczne pociski biegną wówczas przez pustkę jak potępieńczy huragan.

W sztuczkach cyrkowej szarlatanerji szukacie cudów, głusi i ślepi, dobrowolnie ślepi i głusi! O ileż dziwniejsze są dziwy podmuchu wiatru, kropelki rosy, błękitu nieba; o ileż głębsze są tajemnice bicia serca, brzęczenia owadu, zapachu kwiatu, barwy liścia a nawet czerni sadzy pokornej. Wszędzie dokoła są cuda, gdzie czczą niewiadość dostrzega tylko pospolitość i nudę. Niepojęta jest rzeczywistość Natury; lecz jej treść jest tak przejmująca, że stajemy olśnieni, zagłębiwszy się pod codzienny, zewnętrzny jej pozór. W Naturze spełnia się, o czem nikt nigdy nie marzył; nasze marzenia umieją tylko w splątaniu powtarzać to, co istnieje; nikt nigdy nie wyśnił, co spostrzegamy, gdy potrafimy uchylić zasłonę wszechrzeczy. Natura jest źródłem naszych myśli i wzorem naszych zachwytów; jest arcydziełem niedostępnego nam cudu, jest tajemnicą, której tylko widmo niepochwytnie migoce przed nami. Ona nam daje niewyczerpany skarb i ból życia; ona koi wszystkie cierpienia i zamyka wszystkie nadzieje; ona ukryje nas, gdy zniknie ostatni, przelotny ślad naszego istnienia.

## IX

W miasteczku Dôle, wśród gór francuskiego Jura, mieszkał przed stu laty skromny garbarz, Jan Józef Pasteur, były żołnierz napoleoński, jeden z tych, którzy kilka lat przedtem z rozpaczą w sercu bronili Ojczyzny. Temu prostemu ale dzielnemu człowiekowi, 27-go grudnia 1822-go roku, urodził się syn Ludwik. Po ojcu odziedziczył surową, niezachwianą prawosć i czystość moralną; mawiał sam, że przykład domowy nauczył go, czem jest karność, czem cześć i czem obowiązek. Matka obdarzyła go entuzjazmem, którego nie wyczerpało dłu-

gie życie, pracowite i znojne. Ciche to było dziecko, marzycielskie, nieśmiałe, w sobie zamknięte, gorąco przywiązane do ostrych skał i do miękkich swoich pagórków, do dolin winogradem pokrytych, do sennego domu rodziców, ukrytego wśród zieleni i kwiecica. Z pospolitego na pozór chłopca, w szkołach raczej miernego, mało nagół obiecującego, miał z biegiem lat wódz w badaniu życia i świata wyrosnąć, nauczyciel ludzkości, którego ona cześci dzisiaj cała, dobroczyńca, godny nie tylko podziwu ale i niewygasłej wdzięczności.

Pasteur otworzył nowe widnokreśli przyrodniczego myślenia, nowe zakresy lekarskiego działania; nauczył nas także nie gardzić pyłkiem, prochem, okruszyną, za ledwie widoczną odrobiną żyjącą; w zgniliznie, w chorobie, w straszliwej zarazie pokazał, jak szukać źródeł wiedzy i rękojmi życia. Powiedziano w XV-iej księdze Koranu, że Eblis, księżę aniołów, odmówił posłuszeństwa, gdy Stwórca rozkazał mu złożyć hołd *A d a m o w i*. *Duchem jestem rzekł Eblis; nie przystoi mi cześć stworzenia, które z nędznej gliny jest ulepione*. I za tę odpowiedź Eblis wygnany jest z Raju na całą wieczność. Nie pogardzajmy żadną cząstką dzieł Stwórcy. W ziarenku piasku, w znikomej bakterji tają się prawdy, których zrozumienie niepomiarne przerasta siły ducha ludzkiego.

Badacz życia, zwycięzca strasznych chorób, od cierpienia obrońca, *L u d w i k P a s t e u r* wzrósł (chciałbym to jeszcze raz wspomnieć) w atmosferze cichej i uczciwej pracy, w atmosferze wierności i posłuszeństwa oraz umiłowania Ojczyzny. I w tych uczuciach trwał zawsze. Kochał naukę, kochał Francję, wierzył nieugięcie w wielkie i wieczne zasady sprawiedliwości, ludzkiej życzliwości, braterstwa. Gdy ciężkie cierpienie wisiało groźbą nad jego życiem, mówił przyjacielowi: *byłbym chciał oddać jeszcze jakąś usługę memu krajowi*. Gdy stał już u szczytu

bezprzykładnej swej sławy (a *jego* sława nie kosztowała ani jednej łzy ludzkiej), gdy był obdarzony wszelkimi dowodami czci i wdzięczności, powiedział wówczas: *nauka nie ma ojczyzny, ale ma ją uczoney*. Kiedyindziej zaś, w ciszy pracowni, w skupieniu umysłu, napisał szlachetne słowa: *w księdze postępów nauki brak jednej karty, równie pięknej jak dobroczynnej: tej, którą podyktowałoby serce*. I tę właśnie kartę on sam zapisał, wyrył ją niezatartymi zgłoskami w duszy najdalszych pokoleń.

Powtórzmy za poetą, który imieniem Sławy przemawia:

Si je t'ai proposé des épreuves si rudes,  
Je sais faire des lits dignes des lassitudes!  
Va! les sommeils qui te sont dus,  
Loin du heurt des marteaux, du grincement des limes,  
Berceront ta fatigue en des hamacs sublimes,  
D'une étoile à l'autre tendus!.....

## X

Gdy młodzież zwraca się do nas z prośbą o opiekę, o pomoc, czyż możemy odmówić? czy podobna przypuścić, ażebyśmy przyglądali się obojętnie udręce naszej własnej młodzieży?

Na nieprzerwany łańcuch wysiłków jesteśmy wszyscy skazani. Natura zmusza nas do niekończącego się nigdy mozołu; walka z jej groźbą jest tłem, co mówię? jest treścią naszego istnienia na ziemi. Lecz niechże ten trud spada na barki przygotowane, dojrzałe. Nasza młodzież ugina się pod podwójnem brzemieniem: kształci się i pełni obowiązki już wykształconej, pracuje i zarazem przyspasa sobie do pracy przyszłości; nasza młodzież walczy jednocześnie o wiedzę i życie. W jednym dniu dwa takie zadania, dwie troski, dwa umęczenia, gdy organizm jeszcze nieodporny, plastyczny, gdy potrzeba mu zdrowego i obfitego, moralnego i fizycznego pokarmu, gdy



myśl młodzieńcza niezaufana onieśmiela się własną słabością, gdy niedoświadczona sto błędów popełnia, gdy długo się błąka, zanim dotrze do prawdy.

Dziś nasza młodzież boryka się z chłodem i głodem, z cieśnią i ciemnią, z wyczerpaniem, chorobą, kalectwem; ale wczoraj oddawała przecież ofiarnie zdrowie Ojczyźnie. Młodzieży, która wróciła do szkoły z obozu, z okopu, należy się nie litość lecz wdzięczność nasza serdeczna. Zrozumiemy, że w pozornej ciszy czasu pokojowego toczy się walka mniej głośnie, ale równie jak orężna tragiczna, że wre dokoła nas bitwa nieustanna, codzienna, okrutna, która kosztuje niemniej ofiar i łez. Stwórzmy dla naszej młodzieży dobre i tanie kuchnie, ażeby dla niej nie budować sanatorjów gruźlicznych. Zamiast obcych do kraju sprowadzać, chrońmy i kształćmy naszych własnych młodzieńców; pomagajmy dzisiaj uczciwym i dzielnym, zamiast jutro niedouków znosić i wykolejenców zastęp mieć w kraju.

Prawda, że wszystko wypłynęło z cierpienia: i mądrość i miłość i wiedza i wola. Wszystko z cierpienia wyrosło, nawet nadzieja. Cierpienie jest płodne, znój jest błogosławiony, ale tylko dlatego, że na ból jest lekarstwo, że dla niedoli znajduje się ukojenie, że wobec niebezpieczeństwa pojawia się pomoc. Każda zatem próba ratunku jest odruchem zdrowego społecznego instynktu, jest nieodzowną siejbą przeszłości.

Nie zgodzimy się w Polsce na zmierzch myśli, na upadek obyczaju. Dopomożemy młodzieży.

## XI

Jakiej postawy winniśmy żądać od człowieka na widok zewsząd grożącej mu nawałnicy cierpienia? Czy mamy oczekiwać od niego naprężenia sił, opanowania bólu w milczeniu oraz dumnej pogardy, która wznosi

nas wysoko ponad gryzącą udrękę? czy mamy rozkaz *Aequanimitas* rzucać światu, jak Antoninus Cezar, gdy spokojnie umierał w pałacu swym w Lorium, dnia 7-go marca 161-go roku po N. Chr.? Czy może raczej powinniśmy nauczać cierpliwej pokory, odrzucenia doczesnych upragnień, wyrzeczenia się ziemskich radości? czy biedną ludzką istotę wieść mamy przez coraz wyższe szczeble uduchowienia w świat utęsknionej nadziei?

Jeszcze inne drogi stoją przed nami otworem. Spoglądając na powszechny, na nienasycony pęd życia, musimy coraz mocniej odczuwać łączność idących po sobie pokoleń, spójnię żywych i zmarłych, oraz bezmiar splełtania, w którym uwikłani jesteśmy, gdy mozolnie wywiązujemy się z sieci przeszłości i zasnujemy się w przyszłość. Poczynamy wówczas dostrzegać, że tragiczne i piękne cierpienie może być marnotrawstwem; że nieszczęście, choć drogocenne i święte, bywa przecież biologicznym uszczerbkiem. Zaczynamy rozumieć, że niedola i niemoc to często przestroga lub kara za społeczne zaniedbania i winy. Wszczynamy wówczas walkę z okrutną Naturą, którą umiemy zwyciężać, pod warunkiem, iż jej prawom jesteśmy posłuszni. Obieramy wówczas inne niż Antoninus hasło; mówimy: szczęście jest niemożliwe, ale nieszczęście nie jest konieczne.

Lecz te, tylko napozór różne i sprzeczne przepisy, wezwania oraz ideały życia, zrodzone z tysiącznych potrzeb, popędów i zdolności człowieka, wszystkie one zgadzają i jednoczą się wszystkie: w przykazaniu dobroci, która poprawia, ogrzewa, podnosi; w porywie miłosierdzia, tej najgłębszej mądrości; w dalekiem spojrzeniu rozumu, który dostrzega to samo, co przeczuło serce: moc i mus ludzkiego braterstwa.

## XII

Nauka rozwija się przed naszymi zdziwionymi oczyma; rozwija się zaś według praw niewzruszonych. Nie znamy dzisiaj tych praw i historia nauki jest dotychczas prostą opowieścią jej dziejów; lecz skoro w niej odwrócimy uwagę od ludzkich, zatem małych i błahych wydarzeń, gdy pominiemy próby bezpłodne, dążenia zawodne, upodobania nietrwałe, cóż dostrzeżemy w nieustannem przeobrażaniu się oblicza nauki? Dostrzeżemy, że, pomimo pozornych zmian i przewrotów, pokolenia naogół ciągną cierpliwie przekazaną im pracę duchową, rozszerzając i udoskonalając ją nieraz, bardzo rzadko stawając z nią w istotnej sprzeczności. Dostrzeżemy, że poznawanie Natury rozrasta i pogłębia się niemal automatycznie, według wzorów, które nauka Biologii wyjaśnia. Zauważymy, że uogólnienia, które stanowią klucz wiedzy, wynikają z poprzedzających prac i zdobywszy niejako same przez się, często bez świadomego zamiaru badaczy i twórców, niekiedy wbrew ich odmiennym usiłowaniom. Zrozumiemy wówczas, że w prawdziwej swej treści rozwój nauki jest nieprzerwany, jest nieprzypadkowy, że (w ścisłym znaczeniu wyrazu) jest *ciągły*, że dokonywa się, jak gdyby był dyktowany przez spokojną konieczność.

## XIII

Nauczanie ma tylko jednego wroga: nudę; ale ów jest nielitościwy. Ktokolwiek uczy, winien o tem pamiętać, że zachęca albo zniechęca, że zraża albo pociąga; że podnieca ciekawość i pozostawia zdziwienie albo też, kładąc grubą rękę na budzącej się duszy, tłumi jej brzmienie, dławi jej poryw. Odpowiedzialność nauczyciela jest więc bezgraniczna.



Niema w nauce nic, co byłoby płaskie i nudne; niema w świecie nic, co byłoby próżne i czerze. Wszystko jest wielkie w Naturze, wszystko jest piękne, albowiem wszystko jest spójne, zwarte i łączne, wszystko jest jedyne, całkowite i wspólne. Szare i płytkie bywają tylko odbicia świata w miałkach umysłach.

Gdy raczył dopuścić młodego Baudelaire'a przed swoje oblicze, Teofil Gautier zapytał go przede-wszystkiem, czy zwykł czytywać słowniki; niejeden zaś szkolny podręcznik potrafi nawet baśń czarodziejską zasnuć mgłą szarą obojętności.

Otwieram książeczkę, przeznaczoną dla ucznia; spotykam tablicę ciężarów właściwych: korek 0'24, nafta 0'80, żelazo 7'5, ołów 11'4. Taka tablica wydaje się sucha; taka tablica nie budzi w nas uczucia radości; dlaczego? ponieważ nie my sami utworzyliśmy pojęcie ciężaru właściwego, ponieważ nie wynaleźliśmy nowego sposobu wyznaczania jego wartości. Lecz Alhazen głęboko był przekonany, że *w dniu wielkiego sądu Bóg miłosierny ulituje się nad duszą Abur-Raihana, albowiem na tym padole płaczu Abur-Raihan pierwszy ułożył tablicę ciężarów właściwych*. Archimedes był uniesiony radością, gdy przeniknął wspaniałe twierdzenie, które dziś dręczy dzieci nasze szkolne. Odkrywca poczytuje zawsze za klejnot swoje odkrycie i musi je uważać za zdobycz bezcenną; bez niejakiego zaślepienia nie byłoby wcale odkrycia. Odkrywcą, wynalazcą, zdobywcą jest również młody, rozwijający się (*powoli*) umysł; dopomagając mu *w trudnej wędrówce* przez pracę i dzieła pokoleń, zachowajmy dziecku radość, sprężynę powodzeń.

Nie ulegajmy pospolitej rutynie; usiłujmy myśleć, nie tylko zaś umieć. Szukajmy sposobów myślenia; szukajmy ich w książkach, szukajmy ich w faktach, ale nie szukajmy książek i faktów. Książka jest ujęciem odrobiny rzeczywistości w pęk formuł; książka jest pośrednikiem

i poradnikiem w pracy, ale pracy nie może zastąpić. Zjawiska powinniśmy poznawać przez zmysły. Od zmysłów do uogólnień umysłu droga jest męcząca i długa; niestety, zbyt często idziemy po niej wstecz w nauczaniu i utykamy u początku, który powinien być końcem.

Mądrość książkowa tem bardziej jest niebezpieczna, iż napozór jest bardzo łatwo dostępna. Łatwiej jest czytać aniżeli myśleć; dlatego tak często czytujemy bezmyślnie. Gdy *znaki* bierzemy za *rzeczy*, gdy zdania podstawiamy za fakty, popełniamy błąd gruby i mściwy. Przypuśćmy, iż wychodzący ze szkoły młodzieniec umie posługiwać się *wyrazami*; czy już tem samem potrafi opanować *zjawiska*? *Prospero* kochał się w książkach; zatem *Antonio*, uznawszy, że *dość wielkiem państwem książki są dla brata*, łatwo wyzuł go z księstwa. Najwyższą wykształceniem warstwa naszego społeczeństwa wydaje mi się niekiedy niepokojąco do *Prospera* podobna; niechaj strzeże się losu *Medjolańskiego ksiączęcia*.

Człowiek jest kompleksem faktów nie mniej, lecz owszem stokroć bardziej godnym uwagi aniżeli ołów lub bezwodnik węglowy, aniżeli równoległobok sił lub przecięcia stożkowe; ale jako przedmiot rozmyślań, jest niepomernie trudniejszy. Naukowe badanie zjawisk duchowych zaledwie rozpoczyna się dzisiaj. Dziecko szkolne nie jest zdolne do pojmowania, ani nawet do podziwiania człowieka. *Homer* nuży chłopca, *Sofokles* go odstręcza; przyczyna jest prosta: trzeba żyć długo, trzeba przejść wiele, ażeby odczuć urok *Homera*, głębię *Sofoklesa*. Ażeby pochwycić coś z *Fausta*, trzeba, choćby zdaleka, być małym *Faustem*; wszak każdy czytelnik, cokolwiekbądź czyta, myśli o sobie samym zawsze. Co stulecia znalazły w bezmiarze Natury, w zaułkach dusz ludzkich, trzeba to wchłonać, ażeby uwielbić *genjusz*, niemal przerażający *genjusz Szekspira*. Czy *Dziady* może pojąć dziecko, które nie zna *Litwy*, nie było w *Pe-*

tersburgu, nie widziało rosyjskiego żandarma, nie zaznało uciemnienia niewoli; które nie wie, co rozpacz i co jest kochanie? Na dnie życia jest coś, czego niepodobna wydobyć. Trzeba czuć się mocarzem szczęścia lub czarodziejem natchnienia, trzeba spłakać się goryczą łez lub niewypłakanego obłędu być bliskim, ażeby zrozumieć, czego życie może dosięgnąć.

Przez długie lata ludzie naogół nie raczyli obserwować metali i soli i kwasów i innych związków chemicznych, lecz usiłovali narzucać im własne swe widzimi się. Czy niektórzy pedagogowie (z pewnością nie wszyscy) nie pozostają jeszcze dziś, wobec dziecka, na poziomie Alchemji? Uważajcie, jak dziecko samo dostrzega, rozważa i uczy się, dopóki mu w tem szkoła nie przeszkodzi. W każdym normalnem dziecku istnieje potrzeba myślenia; kształćmy ją, chrońmy ją. Nie zamęczajmy pamięci, nie zatruwajmy zaciekawienia. Dajmy dziecku trochę swobody i samodzielności, więcej umysłowego i fizycznego ruchu; nie nadzorujmy tak czujnie; zapraszajmy, nie popychajmy!

Wyobrażam sobie, że mówię w lekcji szkolnej o średniej gęstości kuli ziemskiej; lub o dielektrycznej stałej dielektrycznego ośrodka; lub o składzie chemicznym wody, o naturze powietrza, o azocie, argonie. Wymieniłem nazwisko Henryka Cavendisha; lecz to nazwisko jest pustym dźwiękiem dla szkolnego chłopaka. Biorę wówczas do ręki *Essays in Historical Chemistry* prof. T. E. Thorpe'a i czytam w szkole, wśród głębokiego milczenia, ustęp następujący:

»Nowoprzybyły gość, okazały mężczyzna, wystrojony w żabot wspaniały, wspina się powoli po schodach, ku utrapieniu drobnego, cienkiego, niestarego jegomości, przybranego w perukę i w staromodny, bladofioletowy strój dworski; mały ów pan krąży po podęście schodów, zakłopotany, nie mogąc widocznie znaleźć w sobie dość odwagi,



by wkroczyć do sali. Zbliżanie się wysokiego, okazałego przybysza zmusza jednak małego pana do tego rozpaczliwego kroku. Przebiega on salę szybko, krokiem niecierpliwym; na jego twarzy maluje się zakłopotanie; jest wprost niezadowolony, jest podrażniony, gdy ktokolwiek nań zwraca uwagę. To Hon. Mr Cavendish, słynny chemik i fizyk. Próbuje nareszcie zbliżyć się do koła osób, które rozmawiają widocznie o sprawach poważnych. Mówią o pogłosce, właśnie po Londynie krążącej, jakoby wojska Lorda Cornwallis doznały były w Północnej Ameryce wielkiej klęski, otoczone przez bandy owego obmierzłego arcy-rebelizanta, Washingtona. Temat ten nie interesuje Mr Cavendisha. Próbuje posłuchać, co mówią w innej grupie o dziwactwach Lorda Jerzego Gordona, o przygodach p. Watta, pewnego inżyniera, toczącego podobno zaciętą walkę z niegodziwcami, którzy chcą mu odebrać prawa i korzyści własnych jego wynalazków. I te wiadomości nie zajmują p. Cavendisha. Jego zachowanie zmienia się nagle, gdy ktoś wymienił nazwisko p. Herschla. Pan Herschel jest to pospolity muzykus, w Bath zamieszkały, który nieważne zachcianki; w wolnych od zarobkowej pracy chwilach zbudował teleskop; przy pomocy tego narzędzia odkrył niedawno, jak twierdzi, nową planetę. Mr Cavendish słucha z przejęciem; ma nawet zamiar otworzenia ust, zadania pewnego pytania, gdy spostrzega przed sobą nową twarz, nieznaną. Mr Cavendish ucieka w niewysłowionym popłochu. Ale owóż okazały mężczyzna w żabocie, znany mu ze spotkania na schodach, zabiega drogę p. Cavendishowi; pragnie przedstawić mu pewnego zagranicznego uczonego, który, jak powiada, przybył do Anglii, ażeby poznać znakomitego, słynnego badacza, Mr Cavendisha. Uczony zagraniczny potwierdza te słowa; dodaje, że gorąco pragnąłby mieć zaszczyt dłuższej z p. Cavendishem rozmowy. Lecz Mr Cavendish nie może ani wyrazu wykrztusić; jest tak zakłopotany, że nie wie, co ma począć ze sobą; aż upatrzawszy nagle wśród tłumu gości przejście swobodne, spieszy niepowstrzymanie tamtędy i dopadłszy swego starożytnego pojazdu, z niewymowną w duszy ulgą jedzie do domu.

#### XIV

*I'll set a bourn how far to be belov'd;* z temi drażniącemi słowy na ustach Kleopatry Szekspira występuje na scenę. »Ustanowię granicę, do której chcę być kochana; ukażę ci kres, mój kochanku, uniesienia i szalu.« Tak mówi uroczą i okrutną kobietą; gdy dręczy, najdroższą, upragnioną, jedyną, po sto razy przeznaczoną, po tysiąc konieczną. Tak mówi zalotną, wie bowiem, że dzika i straszna namiętność, którą nazywamy miłością, przepelnia duszę mężczyzny, wstrząsa całym jego jestestwem, zaciemnia myśl, tłumi rozwagę, wiąże i obezwładnia wolę, w sercu zaś wznieca burzę wszystkich ludzkich uczuć, od najszlachetniejszych, najtkliwszych, do najbardziej ohydnych.

*Then must thou needs find out new Heaven, new Earth* odpowiada Antonjusz. Żle mówię; ból odpowiada i radość oddania, rozpacz i rozkosz niewoli, odpowiada męka, słodycz i polot nieziemskiego marzenia, świadomość bliskiej zguby tak mówi i widzenie śmierci.

»Stwórz przedtem inne niebo, nową ziemię, umiłowanie mej duszy!«. Czy prawdziwy Antonjusz mógł tak czuć, tak powiedzieć? Wraz z królewską kochanką przebiegając w przebraniu zaułki Rhakotis, napadał przechodniów, włamywał się do podejrzanych szynkowni, staczał potworne walki z pijanymi majtkami. Nie posiadał się z rozradowania, gdy wśród szalonej orgji, w obecności tłumu dygnitarzy, przesliczna, pieściwa rączka biła go w twarz z nieudaną wściekłością; gdy ów cudny głos, którego urok próżno Plutarch opisać się sili, dzwieniał plugawym żartem z pod wrót Eskwilińskich lub sprosną piosenką, przyniesioną z jaskiń Suburry. Wielka miłość jest wielką twórczością, w tłumie ludzkim najrzadszą; czy był do niej zdolny Antonjusz, z pozoru

żołdak rubaszny, niepohamowanie rozwiązły? Dusze ludzkie są nieskończenie dziwne, zawile. Antonjusz nie był prostakiem; był porywczy, gwałtowny, nieobliczalny, ale był zarazem wesoły, miły, wspaniały, niekiedy delikatny i miękki, szlachetny. Kochał Kleopatę żarem duszy burzliwej, bogatej; do niepamięci ją kochał, do granic obłędu. Od chwili, gdy ujrzał ją, niż Afrodyta piękniejszą, spoczywającą pod złocistą zasłoną, wśród tłumy wachlarzy, spowitą w róże i kwiaty lotosu, gdy jej lśniącą w wieczornym blasku galera, powiewając purpurowemi żaglami, bijąc setką srebrnych wiosł, brzmiąc chórem lir, sambuk, fletów i głosów dziewczęcych, usiana grupami różowych pacholąt, otoczona mgłą słodką i upajającą wonią kadzideł, jak tęcza, jak baśń nieprawdziwa, jak nieziemskie zjawisko wpłynęła na Cydnuś, od tej chwili Antonjusz jest ofiarą, jest zdobyczą Greczynki, jest poddanym jej sługą i powolnym w jej dłoni narzędziem. Ona nim włada zuchwale, okrutnie, bezwzględnie. Przez niego znieważa szlachetną i czystą Oktawję, przez niego katuje i ścina, nawet siostrę swoją rodzoną Arsinoe. Jego rękoma zagarnia korony i skarby, zdobywa królestwa, krainy i ludy, roznieca krwawe powstania, rozpala straszliwe wojny, unieszczęśliwia tysiące ludzkich istnień, unicestwia je bez chwili wahania. Królowej Egiptu, dyszącej nienawiścią do Rzymu, rzymski Imperator poświęca bezpieczeństwo państwa i równowagę świata, za cenę uśmiechu oddaje cześć wodza i potęgę władcy, narzeczcie życie swe kładzie pod stopy kochane. Ona zaś, zrazu nędznie wyrachowana, kocha go niebawem zmysłami i duszą, równie jak on frenetycznie. A jeśli żyła niegodnie, umiera tak pięknie, tak po wschodniemu, po królewsku wyniosłe, że nawet młodzik lodowaty, tchórzliwy, ambitny, przebiegły, okrutny, pod którego złym wzrokiem skonała, pojmuje na chwilę, że istnieje inny, prócz brutalnej przemocy, majestat.



*Meretrix Regina!* wykrzykuje ze złością Rzymianin, który, że drżał przed nią, nie może zapomnieć. Bądźmy litościwsi cudnej postaci, w której imieniu streściło się tyle szczęścia i tyle nieszczęścia. W szale, w grzechu, w upojeniu miłości i w panice trwogi, ostatnia z Lagidów była słabą kobietą, mściwą, występłą, uroczą i czarującą, umiejącą i kochać i nienawidzić. Błądziła, cierpiała; drżała rozkoszą, wiła się z bólu i lęku pod uciśkiem przeznaczeń; odpokutowała swe zbrodnie.

## XV

*Durch Leiden Freude!* poprzez ból do radości, od cierpień i męki ku szczęściu tworzenia! W znękanii biedy i wzgardy, w dziwactwach osamotnienia i nieprzystawania do ludzi, w udręce okropnego kalectwa — do najwyższych szczytów uczucia, do nadludzkiej potęgi natchnienia! Niema gniewu, niema wzburzenia i buntu w tej skardze, w której *Beethoven* streścił własne swe życie a może i życie powszechne; niema w niej nawet goryczy. Lęk to prosty, bolesny; załkanie duszy górnej, wielkiej, wrażliwej chociaż wyniosłej, namiętnej choć marzycielskiej, duszy zdolnej do lotu zachwyty i do nieśmiałości obawy, wnet uniesionej szczęściem kochania, pianej naraz rozpaczą obłędu.

## XVI

Czemże jesteśmy, jeśli nie szczegółem przeobrażeń dziwacznych na powierzchni kruszyny, porwanej wichrem przestrzennym? W sercach czujemy się nieskończeni; ale w Naturze jesteśmy drobnostką, przelotnem drgnieniem jej woli, dorywczą próbą znikomą, ginącą wśród odmetu wydarzeń. Nie możemy zrozumieć gry Wiekuistej Potęgi, przeczuwamy ją raczej, która rodzi wciąż, ślepo, fatalnie,

bez celu i myśli, bez wiedzy i troski, bez litości i żalu, bez zmiłowania i końca, która zapładnia i niszczy, która tworzy i miażdży, która woła do życia i życie zabija. Od dębą do znikomej bakterji, od muszki do wieloryba, od atomu do rojnej mgławicy, kolebki gwiazd i źródła przyszłych światów strumieni, wszystko biegnie po torze przymusu, wszystko pragnie radości istnienia i wypija zagładę, wszystko na chwilę otrzymuje dar bytu i musi go zwrócić natychmiast następującym w szeregu jestestwom, wszystko jak we śnie przesuwają się przez wielką widownię i ginie niebawem w mroku nicości.

Dlaczego ten tryb, ku czemu ten popęd, ten niezmierny łańcuch pokoleń? Czego domaga się głos ogromnej całości, której jesteśmy przemijającymi fazami? Czego żąda nienasycona nigdy, wciąż uśmiechnięta Natura, nieustannie nowych istot pragnąca, nowych kwiatów i ofiar, nowych wiosen i cierpień? Czemu budujemy domy, w których będziemy tak krótko mieszkali? Czemu ojciec trzodzi się krwawo, skoro wie, że plon nie dla niego? Czemu matka dla dziecka, bez chwili wahania, zapomina o sobie? Czemu z długu wdzięczności dzieci wypłacają się, bynajmniej nie własnym rodzicom, lecz swoim, następnym znów dzieciom? Czemu w znoju i trosce, w niepokoju i smutku dźwigamy szczęśliwszą Ojczyznę, której nie będziemy widzieli?

## XVII

Ażeby Piotrów i Napoleonów zrozumieć, ażeby, po Shelley'u, czyni i żywot Ozymandyasów ponownie osądzić, ażeby rolę imperatorów ocenić, której sami nie mogli i nie chcieli przeniknąć, musimy w tym celu rozwinąć skrzydła abstrakcji, musimy wznieść się wysoko ponad zgiełk ciżby, ponad myopję kronikarzy i spisowaczy anegdot, ponad niedolę nawet pokoleń, ponad krew, ponad łyżę. Spójrzmy na ciemną, drobną, błotni-

stą planetę, która, jak błąd zataczając się śmiesznie, unosi na sobie narody i państwa. Starajmy się dostrzec niespokojnie kłębiące się ludzkie mrowisko. Małe, wątłe istoty! nieudolne i niewytrzymałe, źle zaopatrzone, błędzące, w pocie czoła walczą o nędzny swój byt; żyją pod nieustanną groźbą nieszczęścia i od tej groźby zasłaniają się wciąż rozpaczliwie. Ile niebezpieczeństw otacza człowieka: głód i pragnienie, zimno i ciemność albo żar i spiekota, ogień i powódź, huragan lub susza, pustynia śniegu i pustynia piasku, gorączka błot i straszna topiel wód. Morza i góry tamują mu ruchy, podziemne pokłady i chmury równie zazdrośnie bronią dostępu. Wkoło niego czai się brud i zgnilizna, pasorzyty i bakterje grożą zarazą; za jego życiem, jak posępny cień, wlecze się orszak chorób, niemocy i cierpień gorszych niż trumna. Wszystko człowiekowi jest nieprzyjazne, uciska go wszystko: krótkość życia, snu, który trwa chwilę; niedołęstwo zmysłów, niedostatek sił, ciasnota granic fizycznych, organicznych, psychicznych, w których zamyka się możliwość jego istnienia. Jego umysł jest ociężały a przecież skory do błędu; pomyłka korzysta z każdego niedbalstwa, niedorzeczność czeka w zasadzce na nieuwagę i płytkość. Jego mądrość jest późna, ogranicza ją dzieciństwo i starość; łamie się bez niej niedoświadczenie, bezsilność z niej nie ma pożytku. Jego wola jest słaba; wiodą go ciemne instynkty, gnają popędy, jemu samemu niezrozumiałe; koszą go złośliwe nałogi, które wżerają się w życie jak polip. Jego dusza jest chwiejna; płami ją złość, zazdrość, obłuda; zatruwa ją niegodziwość, której niema granic ni końca. Na każdym kroku towarzyszy ludziom niepokój i troska, obawa i trwoga, która wypija siły; gdzieś daleko, może blisko, ukrywa się upiór obłędu. Ponad ludzkim plemieniem unosi się śmierć, widmo nicości; a chociaż ona bywa nieraz stokroć litościwsza niż życie, przeciwko zagładzie wszystkie siły jestestwa podnoszą się w buncie.



## XVIII

Natura bawi się nami; ale tę swoją zabawkę zmusza do bolesnego wysiłku. Zaledwie zbudowaliśmy chatę czy pałac, groblę czy tunel, wiadukt ze stali czy pomnik z granitu, rysuje się zaraz, wykrzywia, niszczy i pęka, wietrzeje, załamuje i rozsypuje się w proch. Zaledwie coś sporządziliśmy, młot parowy czy igłę, wiązanek kwiatów czy książkę, wiolonczelę czy suknię, fabrykę czy statuetkę, zaledwie coś wydobyliśmy z pierwotnego stanu zwikłania, zmieszania, zbrukania, w którym lubuje się nienawidząca naszego ładu przyroda, natychmiast dzieło rąk ludzkich poczyną psuć się, rozprzegać, płowieć, rdzewieć, gnić, butwieć, wysychać albo rozplýwać się, natychmiast poczyną zmieniać się, przetwarzać, przeobrażać, uciekać i ginąć. Budujemy mozolnie, niezręcznie jak dzieci; Natura lekko wyzwala zjawiska. Gromadzimy trwożliwie zapasy, zasoby i zbiory; Natura z uśmiechem kruszy nasze mury, rozprasza bogactwa, niszczy muzea, niweczy biblioteki. My płótna pokrywamy kąśliwymi farbami; ona drga falą powietrza i promieniem słońca. My z gliny lepimy i kujemy w kamieniu, ona strzela łodygą lub kwiatem, oddycha piersią dziewczęcą. My wnosimy prostopadłościenną pudełka i skrzynie, ona tworzy pagórki, doliny, wodospady, wulkany i perły. My układamy matematyczne równania; ona kołysze kłosa polne i fale na morzu, ona elektrony w atomach rozpędza i w konstelacjach gwiazdy. My rozumiemy, snujemy mozolne przypuszczenia, twierdzenia i wnioski, ona gra w niewysłowionej harmonji; ona żyje, my na kawałku papieru kreślimy czarne literki, zabawki nieszczęśliwych, do życia niezdolnionych, niezdolnych.

## XIX

Na wschodzie, w przenośni, nazwano już przed wiekami pracę *przekleństwem*; ona tam wówczas musiała być wprost nieznośnym ciężarem, okrutną daniną niewoli. Jednak trud wszędzie jest trudny; przy robocie laborujemy zawsze, jak pod karą ponurą i twardą. Oprócz nielicznych i przemęczonych manjaków, kto pragnie, kto lubi pracować?

Ale czemuż miałbym się trudzić? Wszakże mój sąsiad zebrał już plon swojej pracy; może był wytrwalszy, zabiegliwszy lub oszczędniejszy odemnie, ale krzyczeń jak ja nie potrafi; mogę go zastraszyć. Może sztukę swą lub rzemiosło posiadał lepiej, może zawód swój uprawiał sprawniej, roztropniej, ale pięść ma słabszą; mogę go ograbić. Jak Kalibana Prospero, on mnie może mówić nauczył; zatem umiem już dzisiaj przeklinać. Żyjmy więc i postępujmy według tych zasad. Odbierajmy sobie nawzajem, jeden drugiemu, wszelki owoc umęczenia i znoju; odbierajmy przemocą, napaścią, grabieżą, podbojem, łupiestwem, podejściem, kradzieżą, oszustwem, spekulacją, wyzyskiem, hazardowną grą w karczmie lub w wytwornym klubie. Napadajmy gdzieś na bezludziu pod lasem czy pod Sedanem, różnica jest mała; wyrwijmy złoto Mokteuzomie czy Atahualpie albo worek owsa Maćkowi, mniejsza o szczegóły; chwytajmy jasyr lub kauczuk, fortecę lub futro, prowincję, port, portmonetkę, etyka jest ta sama. Zabijajmy się pazurami, maczugą, nieokrzesanym krzemieniem albo armatą precyzyjną jak astronomiczne narzędzie; mordujmy arkanem i dzidą, muszkietem i strzałą albo szrapnelem i chlorem gryzącym, o którym sobie uczony *Geheimrat* na czas przypomniał; wytępiajmy się nawzajem każdym sposobem. O plemię Kaina!

XX

W Polsce musimy niestety dobrze o tem pamiętać, na czem polegał sławiony genjusz Fryderyka, do czego zmierzały głębokie Katarzyny zamysły; na tem, do tego, ażeby, zmówiwszy się, we trzech na bezbronno się rzucić. Napaść na niego za to, że chory, niedołężny a więc niebezpieczny; za to, że zbyt wolnomysłny i za mało tolerancyjny; za to, że do obrony nieprzygotowany, więc najwidoczniej przez samą historję skazany na zniknięcie; za to, że nie chce być naszym szczęśliwym poddanym, że nazywa się dla nas obco, że mówi nieznanym, trudnym do wymówienia językiem; tysiąc powodów, ażeby dom mu najechać i spalić, zasiąść na ruinach, jego dzieci okuć w kajdany. Liczmyż na własną moc i potęgę, dopóki mamy o miedzę wyznawców tych zasad i spadkobierców tych dążeń. Brońmy się wszelkim sposobem, dopóki tchu w piersi, jeżeli będziemy musieli się bronić. Od podstępu podejścia, od grabieży zamętu, od uciemienia napaści bądźmy *silniejsi*; ale bądźmy także *rozumniejsi* i *lepsi*. Nie oddawajmy się czci siły fizycznej ani zachwytwi nad dziką walką i gwałtem. Rozum dalej spogląda aniżeli barbarzyństwo, chociażby nawet uczone; mądrość jaśniej widzi aniżeli zgniły lub niedojrzały fanatyzm. Bezprawie, nadużycie siły lub władzy, przemoc i ucisk, podbój lub rozbój niszczy winowajcę niemniej niż ofiarę; każdy ów grzech, wielki czy mały, jest zatem nietylko niski i zły lecz nadto jest nierozumny. Ludzkość ma zasoby szczupłe i marnotrawi je jaknajbezmyślniej w bratobójczych zapasach. Odbierajmy Naturze a nie sobie wzajemnie. Któż jeszcze nie zrozumiał tak prostych prawd w latach porachunku za krew i za łzy, w latach kary za zbrodnie?

Gdzie jest na ziemi potęga, która zdoła ulżyć ludzkiemu cierpieniu? W czujnej rozwadze umysłów możemy ją znaleźć, w czystości serc, w prawości sumienia.



## XXI

— Y rzekłem: Boże, oto nie umiem mówić, bom ja iest dziecina...

Od wieków istnieje zepsucie i chciwość, złość, nienawiść i przemoc; niestety! przepełnione są niemi dzieje człowieka. Kto Pismo Święte czytuje, wie dobrze, że ono jest okropnem zwierciadłem nieprawości rodzaju ludzkiego; ale jest także okrzykiem zgrozy jego zwycięskiego sumienia.

Potęga uczciwych dusz ludzkich, najszlachetniejsza ze wszystkich sił czynnych na ziemi, jest także ze wszystkich najtrwalsza; ona przez nikogo i przez nic nie będzie zgłuszona; ona jest odległem ale jedynem lekarstwem na wszystkie niedole i krzywdy.

Nie w kamieniu, nie w bronzie, lecz na dnie serc wszystkich winniśmy wyryć nakazy sumienia. Sumienie narodu jest jego głęboką istotą i treścią; bez zbiorowego sumienia tłum ludzki jest stadem, ale narodem stać się nie może. Bez sił moralnych nie będziesz istniał, ludzki odłame; bez nich twój los, twoja przyszłość jest, jak Pismo Święte powiada, *jakoby łachman przed tobą wiszący*.

## XXII

O pierwszym brzasku, gdy światło dnia natrętem być się wydaje, o szarym lęklwym świcie, ptaki przed mojem oknem rozpoczynają hałaśliwy swój zgiełk. Zakochanie i zachwył słyhać w tej wrzawie; za chwilę płacze w niej skarga, drga oburzenie albo rozpacz skowyczy. Lecz oto i słońce. Na mnie kolej; spieszmy tej cząstki pospolitego trudu dokonać, która mnie przypadła w udziale. Spieszmy; któż wie, czy obudzi go znów z przyszłą wiosną spragniony życia świergot ptaków pod oknem?



## SPIS RZECZY

	Str.
I. Nauka wobec świata. Przemówienie wygłoszone w dniu 7-ym października 1922-go roku, podczas uroczystości inauguracji roku akademickiego w Uniwersytecie Jagiellońskim . . . . .	3
II. Pogląd na rodzaje zjawisk w materialnym wszechświecie . . . . .	15
III. Inercja i koercja; dwa pojęcia ogólne w teorii zjawisk fizycznych . . . . .	35
IV. O teoriach materji . . . . .	51
V. Świat widziany od strony elektrycznej . . . . .	88
VI. August Wiktor Witkowski . . . . .	110
Kilka słów wspomnienia o Augustie Witkowskim; przemówienie wygłoszone podczas uroczystości, która odbyła się dnia 12 czerwca 1913 r., w sali Collegium Witkowskiego w Krakowie, ku czci zmarłego profesora i badacza . . . . .	116
VII. O promieniowaniu . . . . .	125
VIII. Przemówienie, w dniu 6-ym września 1917-go roku, wypowiedziane nad trumną Marjana Smoluchowskiego . . . . .	152
IX. Błękit nieba . . . . .	154
X. Pamięci Karola Potkańskiego . . . . .	169
XI. Przemówienie, wygłoszone w dniu 11-ym kwietnia 1920-go roku, podczas pierwszego, inauguracyjnego Zgromadzenia Polskiego Towarzystwa Fizycznego . . . . .	175
XII. Wyrazy życzeń, złożone profesorowi Kazimierzowi Morawskiemu, w dniu 3-im lutego 1923-go roku, w dniu hołdu jego zasłudze . . . . .	184
XIII. O pozornych sprzecznościach w obrazie Natury. Przemówienie powitalne, wygłoszone na inauguracyjnym zgromadzeniu I-go Zjazdu fizyków i chemików polskich, w Warszawie, w dniu 4-ym kwietnia 1923-go roku . . . . .	187

	Str.
XIV. Przemówienie, wypowiedziane w dniu 12-ym maja 1923-go roku, w Auli Uniwersytetu Jagiellońskiego, do Marszałka F. Focha . . . . .	193
XV. Mowa do Prezydenta Rzeczypospolitej, p. Stanisława Wojciechowskiego, wypowiedziana w Auli Uniwersytetu Jagiellońskiego, w dniu 15-ym czerwca 1923-go roku . . . . .	196
XVI. Scholia . . . . .	199

---







535508 30  
2177

# KRAKOWSKA SPÓŁKA WYDAWNICZA

W KRAKOWIE, UL. ŚW. FILIPA 25.

poleca następujące wydawnictwa:

## Z HISTORJI I LITERATURY

1. *Sinko Tadeusz*: Wypiański i Krasieński. Rozwiązanie zagadek »Legjonu« i »Wyzwolenia«.
2. *Zdziechowski Marjan*: Gloryfikacja pracy. Myśli z pism i o pismach Stanisława Brzozowskiego.
3. *Tretiak Józef*: Finis Poloniae. Historia legendy maciejowickiej i jej rozwiązanie.
4. *Szykowski Marjan*: Dzieje komedji polskiej w zarysie.
5. *Kucharski Eugenjusz*: Fredro a komedja obca.
6. *Tretiak Józef*: Kto jest Mickiewicz. Sześć szkiców.
7. *Borowy Wacław*: O wpływach i zależnościach w literaturze.
8. *Windakiewicz St.*: Teatr polski przed powstaniem sceny narodowej.
9. *Borowy Wacław*: Ze studjów nad Fredrą.
10. *Hoesick Ferdynand*: »Siła fatalna« poezji Słowackiego.
11. *Boyé Edward*: U kolebki modernizmu. Estetyczne poglądy na łamach krakowskiego »Życia«.
12. *Nowakowski-Tempka Zygmunt*: Józef Narzyski i komedja społeczna.
13. *Morawski Zdzisław*: Z Odrodzenia włoskiego (z ilustr.).
14. *Tretiak Józef*: Adam Asnyk jako wyraz swojej epoki.
15. *Sinko Tadeusz*: Tradycje klasyczne A. Mickiewicza.
16. *Tarnowski Stanisław*: O »Panu Tadeuszu«.
17. *Sinko Tadeusz*: Echa klasyczne w literaturze polskiej.
18. *Morawski Kazimierz*: Walka o język polski w czasach Odrodzenia.
19. *Janik Michał*: Mikołaja Reja żywot i pisma.
20. *Ujejski Józef*: Byronizm i skottyzm w »Konradzie Wallenrodzie«.
21. *Sinko Tadeusz*: Żywy spadek po Grecji i Rzymie.
22. *Szykowski M.*: Dzieje nowożytnej tragedji polsk. Typ Szekspirowski.
23. *Matkowski Zygmunt*: Studja literackie.

## BIBLIOTEKA HISTORYCZNA

### KRAKOWSKIEJ SPÓŁKI WYDAWNICZEJ

1. *Tretiak Józef*: Historia wojny chocimskiej (z ilustr.).
2. *Morawski Zdzisław*: Sacco di Roma (z ilustr.).
3. *Morawski Kazimierz*: Rzym. Portrety i szkice.
4. *Bobrzyński Michał*: Szkice i studja historyczne (2 tomy).
5. *Morawski Zdzisław*: Z Rawenny (z ilustr.).
6. *Kot Stanisław*: Andrzej Frycz Modrzewski.

WYDAWNICTWA NABYWAĆ MOŻNA  
W KRAKOWSKIEJ SPÓŁCE WYDAWNICZEJ

(KRAKÓW, UL. ŚW. FILIPA 25)

W KSIĘGARNI JAGIELLOŃSKIEJ

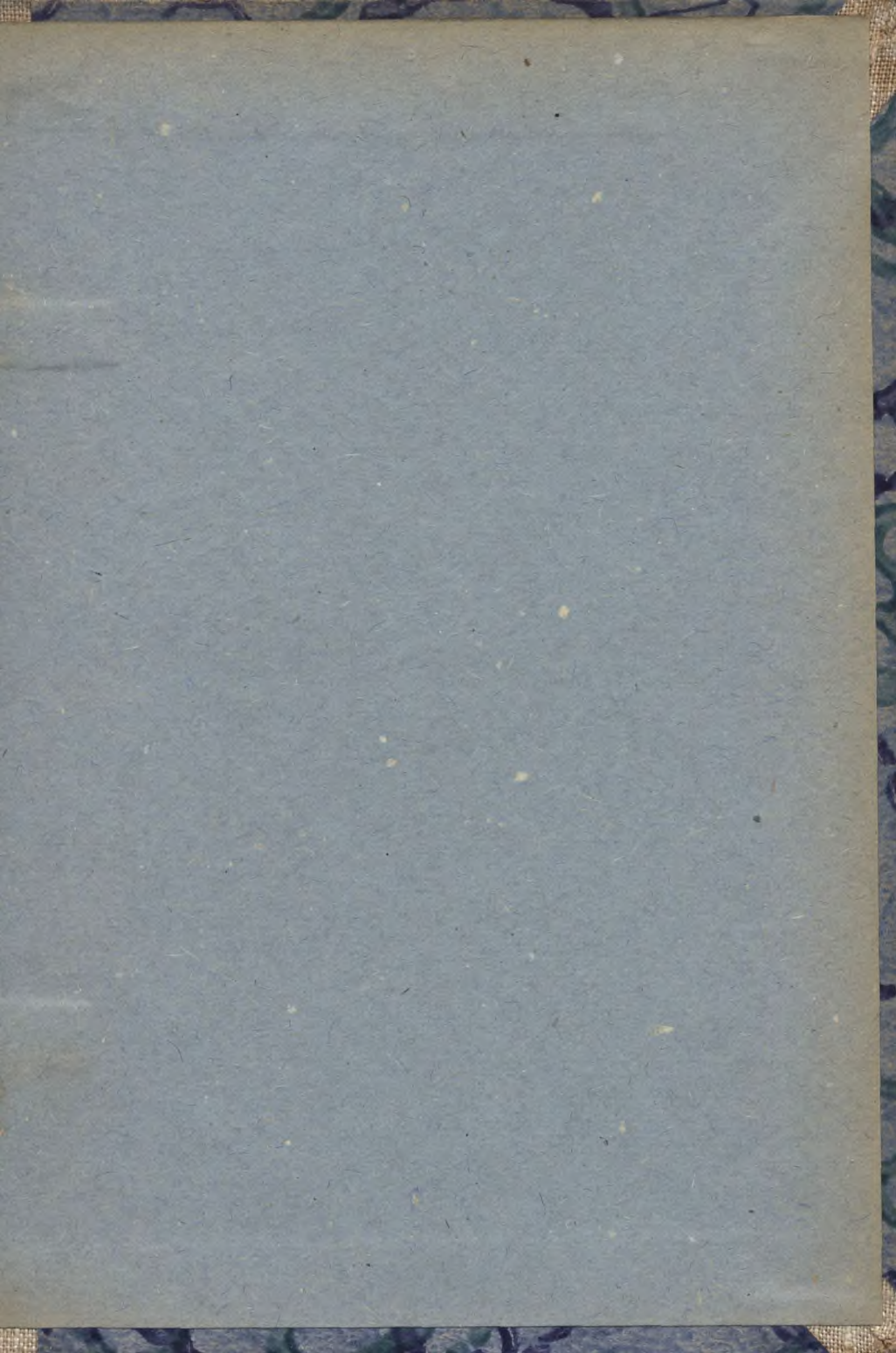
(KRAKÓW, UL. WIŚLNA L. 3)

I WSZYSTKICH INNYCH KSIĘGARNIACH.











Biblioteka Śląska w Katowicach

Id: 0030000359084



I 329249