92

N5904
II 864.810

8156

2/-
2057/IV

BRUNO WINAWER

JESZCZE O EINSTEINIE

TEORJA WZGLĘDNOŚCI

Z LÓTU PTAKA

92.

POLSKA SKŁADNICA POMOCY SZKOLNYCH
NOWY-ŚWIAT 33 — MARSZAŁKOWSKA 143
WARSZAWA 1924.

Biblioteka Narodowa
Warszawa
30001018650059

Copyright by Bruno Winawer, 1924.

BIBLIOTEKA NARODOWA
Sal. inw. 3485
BIBLIOTEKA NARODOWA BN
II 864.810

Zakłady Graficzne „Drukarnia Bankowa"
Warszawa, Moniuszki № 11, tel. 190-93.

1948 D 955/109

Popularna literatura einsteinowska (nie mówimy tu umyślnie o dziełach i pracach specjalnych) składa się z kilkuset chyba tomików, grubszych i cieńszych. Żaden z tych wykładów — można to rzec śmiało, nie uchybiając nikomu — nawet wykład samego Einsteina, który językiem wzorów matematycznych przemawia o wiele jaśniej, niż językiem potocznym — nie jest arcydziełem, alfą i omegą, nie odpowiada czytelnikowi na wszystkie pytania, nie rozprasza wszystkich wątpliwości.

Być może, że takiego idealnego dziełka nigdy się nie doczekamy, bo w opisie teorji matematycznej, jak w opisie kraju nieznanego, każdy z nas innych szuka wiadomości, inne sprawy go interesują.

Należałoby też, mojem zdaniem — zamiast jednej jeszcze rozprawki z wykładem systematycznym — wydać poprostu jakiś „przewodnik po Einsteinie". Byłby to rodzaj Baedeckera, w którym każdy z łatwością mógłby sobie odszukać tę dziedzinę nowej teorji, która go najbardziej zajmuje. Ów cicerone wskazałby mu natychmiast klimat i „wysokość nad poziomem" broszur, o tej właśnie sprawie traktujących.

Jak wiadomo, Florencję można zwiedzać przez lata całe, ale są też książczyny z napisem: „Florence in two days".

Dziełko niniejsze nawet takim przewodnikiem nie jest.

Jest to „Einstein w ciągu godziny", albo to, co na tanich pocztówkach, jako widok ogólny miasta, fotografują. Perspektywa jest często umyślnie fałszywa, piękne szczegóły nikną, inne rozrosły się niepomiernie.

Miejmy nadzieję, że mimo wszystko ten „widok z lotu ptaka" dopomoże komuś do zorjentowania się w drogach i ścieżkach teorji względności.

I.

Uwagi ogólne. Czytelnik i autor.

Wizerunek Mikołaja Kopernika, astronoma i profesora matematyki, zdobi teraz nawet nasze znaczki pocztowe, i prosta logika wskazuje, że nadszedł widocznie czas, kiedy postępy wiedzy ścisłej powinny nas żywiej interesować. Świetną okazją do przeszwarcowania kilku ciekawszych wiadomości z fizyki, geometrji, nauki o kosmosie jest głośna w świecie teorja względności. Przy odrobinie dobrej woli nazwisko Einsteina mogłoby się stać — mówiąc poetycznie — owym dźwiękiem czarownym, który umieli ongi wydobywać z fletni średniowieczni kuglarze „rattenfengery" — mogłoby całe tłumy ludzi wyciągnąć z obłędnej krętaniny dnia, wycofać ze zgiełkliwych ulic miasta i poprowadzić ku krynicom nauki. Niestety! Broszurki einsteinowskie przeważnie się nie udają, zniechęcają czytelnika raczej, niż zachęcają do pracy nad optyką albo nad geometrją wyższą.

Jest to sprawa psychologicznie bardzo ciekawa. Kto się chce prędko nauczyć języka włoskiego, chwyta jeden z licznych „samouczków", przegląda książczynę „Polak we Włoszech" albo przerzuca „rozmówki polsko-włoskie" i po kilku dniach świetnie potrafi wołać na tragarza *facchino*, a na kelnera *cameriere*. Kto przeczyta natomiast pięć broszurek einsteinowskich, twierdzi, że ma dziwny zamęt w głowie. Jeżeli nawet coś zrozumie, to nie ma poprostu odwagi przyznać się do tego, bo kpią sobie z niego znajomi po kawiarniach, feljetoniści po gazetach i „wywoływacze" po kabaretach.

Istnieje bowiem jakieś nieporozumienie poważne między czytelnikiem broszurki „o Einsteinie" a jej autorem. Autor mówi o prędkości światła, każe nam siadać do pociągu, na-

kręcać zegarki, obserwować sygnały — a czytelnik chciałby wiedzieć, dlaczego Einstein jest taki głośny, dlaczego wszyscy o nim mówią i wszędzie o nim piszą i — wogóle — *co się takiego stało?* Ale w tem sęk właśnie, że każdy z tych panów inaczej rozumie pytanie: co się stało? dlatego też monolog autora jest przeważnie nudny dla czytelnika, który nie pojmuje, kędy go wiodą.

Trzebaby przedewszystkiem — a tego znów żaden fizyk podjąć się nie może — napisać krótką rozprawkę pod tytułem: Dlaczego teorja względności, teorja z dziedziny nauk ścisłych, stworzona przez zawodowego matematyka, oparta na fundamencie wzorów algebraicznych, zdobyła w krótkim czasie rozgłos tak niebywały?

Jest to właściwie zagadnienie z najtrudniejszej chyba i prawie nieistniejącej dotąd nauki — z psychologji tłumu. Tylko głęboki znawca tej psychologji mógłby zanalizować trafnie wszystkie czynniki popularności i odpowiedzieć ściśle na pytanie, czemu jedno dzieło genjalne ma orbitę mniejszą, a inne wybiega aż w kręgi najdalsze.

Faktem jest, że w dziejach nauk przyrodniczych musimy się cofnąć aż hen! do teorji Darwina, czy do „obrotu ciał niebieskich" Kopernika, żeby natrafić na czyn naukowy równie rozgłośny. Ale napewno tylko *jedną* z przyczyn tego rozgłosu wymienia znakomity fizyk angielski, prof. J. J. Thomson, mówiąc o dziele Einsteina:

This is the most important result obtained in connection with the gravitation since Newton's days. Einstein's reasoning is the result of one of the highest achievements of human mind.

Otóż — to trzeba przyznać kilku nieszkodliwym manjakom, t. zw. nieugiętym przeciwnikom teorji względności — ani „największy rezultat od czasów Newtona", ani „jeden z największych czynów umysłu ludzkiego" nie zapewniłby Einsteinowi tej olbrzymiej popularności, jaką dziś posiada. Kto zna „publiczność", wie, że napewno więcej tu zdziałał choćby ów efekt dramatyczny: w Europie — jeszcze oszołomionej hukiem dział — sławetna Royal Society angielska na uroczystem posiedzeniu składa hołd uczonemu obcemu. W dniu, kiedy astro-

nom Eddington zdawał sprawę z wyników ekspedycji naukowej, która w tak świetny sposób stwierdziła wyliczenia einsteinowskie, obudziło się jakby sumienie Europy, przypomniano sobie, że istnieją jakieś wspólne sprawy, odleglejsze i świętsze, niż nasze kłótnie powszednie. Przytem owa „względność czasu" potrąciła w ludziach o głęboko ukryte, tajemne struny, skojarzyła się w sposób ciekawy z jakąś ich podświadomą filozofją własną.

Wreszcie — nie zapominajmy o t. zw. mocy hipnotycznej wyrazów. Właśnie to, że w nazwie nowej teorji „względność — relatywizm" tkwią słowa, dobrane przypadkowo i może niezbyt szczęśliwie, wzmogło jej efekt na rzesze i tłumy. Ludziom doprawdy się zdaje, że z teorji einsteinowskiej wynika, jakoby wszystko na świecie było relatywne, względne, więc niepewne i chwiejne. Widzą jej sens istotny w jakimś nihilizmie zupełnym, i niedawno pewien nauczyciel prywatny pytał mnie ze łzą w głosie: Czy teraz można jeszcze wykładać uczniom astronomję? Bo przecież Einstein dowiódł...

Każdą też broszurkę popularną należałoby — mojem zdaniem — zacząć od stwierdzenia faktu, że teorja Einsteinowska jest syntezą naukową, jest czemś pozytywnem, twórczem, jest busolą w świecie zjawisk, które tłumaczy i przewiduje, że inaczej nie miałaby dla wiedzy ścisłej żadnej wartości. Jeżeli podważa pojęcia dotychczasowe, to nie dlatego, żeby pozostawić zgliszcza i ruiny, ale właśnie dlatego, żeby dać fizyce nową podwalinę i na pewniejszym gruncie ugrupować to, co wiemy.

„Das Fundament der Relativitätstheorie — mówi Max Planck, znakomity teoretyk berliński i laureat Nobla, — liegt nicht darin, dass alle Raum-und Zeitangaben nur eine relative Bedeutung besitzen, sondern darin, dass es in der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit eine Grösse gibt, welche für alle messenden Beobachter und für alle benutzten Bezugssysteme den nähmlichen Wert besitzt"...

Nie pierwszy to raz w dziejach fizyki zdanie napozór zupełnie pesymistyczne, które wygląda, jak gest zniechęcenia i grymas melancholijny — prowadzi do ścisłej, jasnej, pozytywnej zasady naukowej. Czem jest w gruncie rzeczy słynne prawo zachowania energji, którego nas uczono w szkołach i którem,

jak prostą regułą, operuje dziś każdy inżynier przy najprostszych wyliczeniach? Powstało to prawo po wieloletnich bezowocnych wysiłkach stworzenia „perpetuum mobile". Jego treść można zawrzeć w pesymistycznem zdaniu: Nigdy nie zbudujemy maszyny, któraby bez dopływu energji poruszała się wiecznie i wykonywała bezustannie pracę mechaniczną.

W teorji względności formę *negatywną* łatwiej jest wyrazić popularnie, słowem, niż formę pozytywną. Stąd liczne nieporozumienia.

Autor i czytelnik broszurki einsteinowskiej powinniby się zejść w cichej kawiarence i przedyskutować porządnie wszystkie te punkty. Dopiero wtedy możnaby przystąpić do kwestji zasadniczej i do sprawy najważniejszej, mianowicie: 1-o czy czytelnika interesuje jeszcze teorja, której celem jedynym była i jest przedewszystkiem „rozbudowa" wiedzy ścisłej, a więc powiązanie faktów i doświadczeń fizykalnych w mocny, spoisty, logiczny, prosty i matematycznie estetyczny układ albo system i 2-o czy autor potrafi idee einsteinowskie wyłożyć popularnie, t. zn. czy ta teorja jest wogóle dla laika „zrozumiała"? Dodajmy, że gdyby nią *nie* była, nie uchybiałoby to jej ani trochę. Lat temu kilkadziesiąt fizyk angielski, James C. Maxwell — ogłosił wielkie dwutomowe dzieło, upstrzone znakami matematycznemi i tak do zrozumienia trudne, że przez czas dłuższy — jak mówiono powszechnie — książka ta miała wogóle jednego tylko czytelnika, genjalnego fizyka, H. Hertza. Jeszcze i dziś równania maxwellowskie są postrachem dla studentów i kandydatów rerum mathematicarum, a jednak — im to właśnie zawdzięczamy całą naszą wiedzę o falach elektrycznych, tudzież jeden z największych cudów kultury współczesnej — radjotelegraf i radjotelefon.

Na szczęście dla laików — takie wypadki, kiedy doniosłe odkrycie zawiera się wyłącznie we wzorach matematycznych, są w naukach przyrodniczych niezwykle rzadkie. Prawie każdą istotną zdobycz naukową można najszerszemu ogółowi uprzystępnić, i właściwie niema w fizyce rzeczy „niezrozumiałych". Mali chłopcy z czwartej klasy rozwiązują zagadnienia, nad któremi się biedził Newton, ślęczał Galileusz i Kopernik. Dziewięcioletni wstępniak jakoś sobie radzi z faktem, że ziemia jest

kulista, a najgenjalniejszym ludziom z epoki Kolumba w głowie się to pomieścić nie mogło.

Mojem zdaniem — dzisiaj (20 lat mija od chwili ogłoszenia w „Annalach" pierwszej rozprawy Einsteina!) — każdy człowiek o pięciu normalnych klepkach — przy odrobinie dobrej woli — może zrozumieć, na czem polega fizykalna względność czasu. A jeżeli nie rozumie — może i powinien żywić śmiało słuszną pretensję, 1-o do siebie i 2-o do swego popularyzatora czy prelegenta.

Do siebie o to, że sam nie wie dobrze, czego od teorji naukowej ma wymagać, że — jak brzmi formuła kościelna — nie zdaje sobie sprawy, czego ma „żądać od kościoła Bożego". Do prelegenta i „wykładacza" o to, że nie znalazł najprostszej drogi, że niewłaściwym kluczem drzwi otwiera.

W szkicu niniejszym próbujemy ustalić, co wykład popularny teorji względności zawierać powinien, żeby do umysłów mógł trafić, nie wywołując zarazem w „głowach zamętu".

II.

Geneza.

O genezie teorji względności mówić jest najłatwiej.

Nietylko broszurki specjalne, ale każdy podręcznik fizyki informuje zupełnie dobrze o świetle, eterze, falach, ruchu. Jedno tylko zaznaczyć trzeba mocniej: nowa teorja powstała na terenach *optyki*, na terenach pięknej nauki o świetle dlatego, że ta nauka jest wogóle forpocztą czy awangardą, w każdym razie najdalej wysuniętą placówką w naszej walce z Nieznanem. Optyce zawdzięczamy szereg przyrządów cudownych — od mikroskopu do teleskopu i kinematografu, optyce — ową bajeczną analizę spektralną, która pozwala ludziom badać chemicznie dalekie gwiazdy, — cóż dziwnego, że optyka dała wreszcie naukom ścisłym i tę ostatnią wszechogarniającą koncepcję?

Od czasów Newtona najwybitniejsze umysły i najsprawniejsze mózgi zastanawiały się nad kwestją, czem jest światło

i co się staje we wszechświecie, kiedy nowa gwiazda błyśnie na firmamencie albo zapałka w ciemnym pokoju. Reasumując wszystko w jednem zdaniu, powiedzieć możemy krótko, że od gwiazdy i zapałki idą w przestrzeń fale, trochę podobne do tych, które kamień, rzucony do stawu, wywołuje na powierzchni wody, albo wibrująca struna w powietrzu. Błysk światła jest to zatem jakby okrzyk w przestrzeni i nawet w języku potocznym, w wulgarnych recenzjach dziennikarskich prawimy o „harmonjach" barw, o „tonach" obrazu, o „akordach" kolorystycznych. Jesteśmy, mówiąc tak, bliżsi prawdy, niż nam się zdaje, i dziś już każdy początkujący student w pracowni fizycznej mierzy zapomocą prostego przyrządu, z dokładnością do miljonowej części milimetra, długość *fali świetlnej*.

Te fale są czemś tak powszedniem i banalnem, że proponowano je nawet — zamiast łokcia czy metra — jako oficjalną jednostkę miary. Rzeczywiście też, słynny Michelson, o którym będzie mowa przy innej okazji, jeden z największych wirtuozów fizyki doświadczalnej, Paganini nauk ścisłych, wykonał lat temu kilkanaście zdumiewający majstersztyk w paryskiem „Bureau des poids et mesures": wymierzył z największą dokładnością metr czerwonemi falami świetlnemi, znalazł, że przypada ich dwa miljony na długość pręta metrowego. Właściwy rezultat Michelsona był jednym z najściślejszych, najskrupulatniejszych pomiarów, jakiemi fizyka wogóle—we wszystkich dziedzinach—poszczycić się może, i za ten pomiar (do którego musiał budować specjalne, genjalnie proste i pomysłowe przyrządy), fizyk amerykański otrzymał nagrodę Nobla.

Z tych kilku słów widać, jak dokładnie fale świetlne znamy. Nasza całkowita wiedza o nich wypełniłaby zresztą kilka tomów, a jednak — na najprostsze pytanie odpowiedzieć nie możemy: w jakiem środowisku te fale biegną? co jest dla nich owym stawem czy powietrzem? jaka to substancja wypełnia świat i zalega przestrzeń między gwiazdą świecącą i okiem, które ją obserwuje?...

Wymyślono wreszcie *eter świetlny* — poprostu poto, żeby uśpić sumienie — kazano tej cieczy hipotetycznej fale świetlne i elektryczne przenosić, i to ze zdumiewającą, jedyną w przyrodzie, szybkością 300 tysięcy kilometrów na sekundę!

Dotarliśmy tu niepostrzeżenie do jednego z najciekawszych w nauce ludzkiej faktów; światło ma, jak to już odkrył astronom Römer w wieku XVII-ym, pewną szybkość określoną. Legjony powieściopisarzy i fantastów — od genjalnego Wellsa do Flammariona — próbują napróżno wyczerpać cały bezmiar możliwości, jaki się w tem pozornie prostem spostrzeżeniu zawiera. Światło ma szybkość określoną! Znaczy to poprostu, że kiedy wieczorem patrzę na niebo, widzę na niem gwiazdy, które już może od wieków wygasły. Znaczy dalej, że to, co teraz robię, będzie się jako *możliwa wizja wzrokowa* błąkało po wszechświecie przez wiek, i ktoś na odległym globie mógłby jeszcze za lat sto — skonstruowawszy odpowiedni aparat — zobaczyć mnie, jak zgarbiony nad kartą papieru piszę tutaj o Einsteinie! Giordano Bruno został spalony na stosie — między innemi herezjami też i za taką: ponieważ istnieje mnóstwo nieprzeliczone światów i globów — rozumował — może więc tam w dalekiej przestrzeni wałęsa się ziemia, zupełnie podobna do naszej, może są na niej ludzie, zupełnie do nas podobni, a nawet w tej samej chwili robią zupełnie to samo, co i my — żyją poprostu, jak nasze odbicie w lustrze... Bardzo piękny epilog moglibyśmy teraz dodać do tej bajki: Jeżeli glob ów — dokładna kopja naszej ziemi — jest dość od nas daleki, światło stamtąd wędrować będzie ku nam przez wieki i dziesięciolecia. Jest tedy rzeczą — myślowo przynajmniej — zupełnie możliwą, że, zbudowawszy odpowiednie przyrządy optyczne, zobaczymy przez teleskop ślub naszego pra-pradziada z pra-prababką, Napoleona, jak walczy pod piramidami, albo Juljusza Cezara na przyjęciu u Kleopatry. W założeniu, że oba światy pędzą ku sobie — udałoby się nam nawet ujrzeć w pięknym a pouczającym skrócie całą historję powszechną.

Już z tych olśniewających i nieszkodliwych chyba fantasmogoryj — które nb. nic jeszcze wspólnego z teorją względności nie mają — wynika, że jakiś tajemny związek między światłem i czasem istnieje. Poczynamy potrosze rozumieć, dlaczego na tej drodze właśnie — to znaczy przy dokładnem i coraz dokładniejszem badaniu prędkości światła — doszliśmy wreszcie do — analizy naszego pojęcia o Czasie.

Bo zaznaczyć należy, iż optyka od epoki Römera udoskonaliła świetnie przyrządy i metody. Prędkość światła nauczyliśmy się mierzyć w sali laboratorjum — nie uciekając się do obserwacyj astronomicznych — i znów najdokładniejszy pomiar tej prędkości zawdzięczamy fizykowi amerykańskiemu, Michelsonowi. To nazwisko spotykamy często w fizyce współczesnej — przez dziwne zrządzenie losu jednak najbardziej wsławiły Michelsona nie te liczne zdumiewające doświadczenia, które mu się udały tak znakomicie i dały wynik pozytywny, ale to jedno najśmielsze, prometejskie, które mu się nie udało i które dało wynik negatywny!

Historja t. zw. „nieudanego eksperymentu" — doprawdy ciekawsza od dziejów wielu nudnych wojen i epok jałowych — podana jest dość szczegółowo w licznych broszurkach i rozprawkach.

Przypomnijmy raz jeszcze, o co chodzi.

W dziedzinie nauk ścisłych genjusz odkrywcy (cytuję tu słowa wybitnego uczonego) to poprostu umiejętność stawiania pytań Naturze. Ale — rzecz dziwna — ów eter świetlny, o którym mówiliśmy wyżej, na wszystkie, najlepiej zredagowane pytania odpowiadał zawile i dwuznacznie. Było to jakieś *infant terrible* fizyki. Przenikał ciała stałe — jakżeby inaczej fale świetlne przez szkło przejść mogły? — a był twardszy od stali (tak go sobie przynajmniej przez długie lata wyobrażano).

Nawet na najprostszą — zdawałoby się — kwestję: czy się porusza razem z ciałami, które wypełnia, to znaczy, czy np. obracająca się płyta szklana, która pewną porcję tej dziwnej substancji zawierać musi, porywa ją z sobą w ruch obrotowy, czy nie — dopiero po długich, uciążliwych doświadczeniach dał odpowiedź: *Nie*. Fizyk francuski, Fizeau, wiele się napracować musiał, budował aparaty specjalne, mierzył prędkość promien świetlnych w wodzie ruchomej, nim wreszcie owo krótkie *nie* na eterze wymógł. Eter w ciałach zawarty — od pewnych drobnych poprawek abstrahując — w ich ruchu naogół udziału nie bierze, przelewa się przez nie jak woda przez sito, jest *nieruchomy*. Stwierdziła to zresztą również pewna bardzo ciekawa obserwacja astronomiczna: tak zwanej *aberacji światła*, idącego ku nam od gwiazd dalekich, nie moglibyśmy sobie wyobrazić

inaczej, jak tylko zakładając, że istnieje pewna nieruchoma ciecz, w której my, razem z naszemi teleskopami, jak „duchy" na ekranie kinematograficznym się przesuwamy, nie wywołując żadnych w eterze zaburzeń.

Tu jest punkt wyjścia najgenjalniejszego z doświadczeń Michelsona.

Jeżeli ziemia nasza doprawdy jest jakąś widmową łodzią podwodną w morzu eterowem, to możemy już dzisiaj taki przyrząd zbudować, który nam wskaże, w jakim kierunku, dokąd i z jaką prędkością w tym oceanie płyniemy, ku jakim celom zmierzamy. Określimy ruch naszego globu — nie w stosunku do słońca czy gwiazd — ale wyznaczymy jego kierunek *absolutny*, niezależny od tych tam przypadkowych punktów świecących, znajdziemy naszą drogę istotną, prawdziwą, wiekuistą, naszą rzeczywistą orbitę w przestrzeni.

Przyrząd Michelsona — jego pomysł i wykonanie — jest najpiękniejszym pomnikiem kultury dzisiejszej i gdyby tak nagle — wskutek jakiejś katastrofy — glob ten opuścić trzeba było i przenieść się na inny, starszy i mądrzejszy, powinniśmy stanowczo fotografję tego aparatu zabrać z sobą. Będzie nam lepszym glejtem, da lepsze świadectwo o naszej inteligencji, niż kamienne kolumny i spiżowe odlewy licznych jenerałów.

Na czem właściwie owo doświadczenie Michelsona polegało?

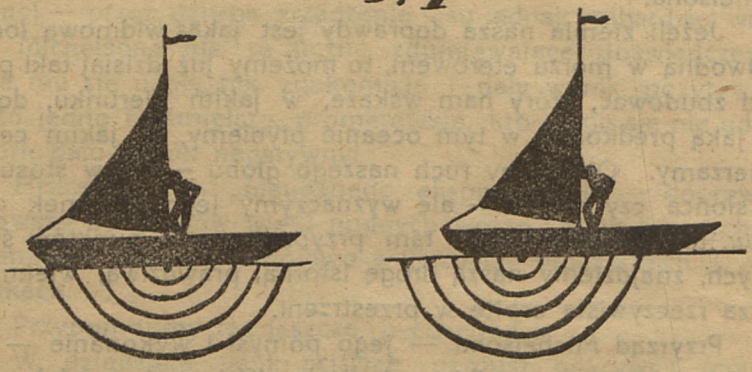
Wyobraźmy sobie, że płyniemy po spokojnej powierzchni oceanu na dużym statku żaglowym. Jeden z pasażerów — fizyk — ma pewne wątpliwości, czy statek wogóle się porusza, czy też tkwi nieruchomo w miejscu. Jak tę sprawę rozstrzygnąć?

Wśród wielu sposobów, jakie tu zastosować można, jest i taki, praktycznie trochę trudny, ale teoretycznie zupełnie nienaganny. Fizyk wymierza ściśle środek statku, staje na połowie drogi między początkiem a końcem (dziobem i sterem) i rzuca przez burtę kamień do wody. Na powierzchni wody powstają kręgi — koła spółśrodkowe, które *po pewnym czasie* dojdą aż do końca statku. Jeżeli statek jest nieruchomy na wodzie, to samo koło — dajmy na to setne — albo, inaczej mówiąc, ta sama fala — setna — dotrze *jednocześnie* do dziobu i do steru. Jeżeli się natomiast ów okręt porusza — spostrzeżemy pewną asymetrję — dla tej prostej przyczyny, że pod-

BIBLIOTEKA NARODOWA BN

czas kiedy kręgi wodne od miejsca, gdzie wpadł kamień, biegły we wszystkie strony — statek, a więc i jego środek, posunęły się nieco naprzód. *Jednocześnie* zatem dojrzymy np. sto dziesiątą falę przy dziobie i dziewięćdziesiątą przy sterze.

RYS. 1



1. 2.

I tu jest treść istotna doświadczeń Michelsonowskich.

Fizyk amerykański zupełnie analogiczny pomiar wykonał: rzucał — mówiąc symbolicznie — z ziemi kamienie w morze eteru, wywoływał fale świetlne i badał, które z nich *jednocześnie* na końcach dobrze wymierzonego statku dojrzy. Rezultat był, jak wiadomo, oszałamiający. Eter jest nieruchomy — to wiemy. Ziemia jest w przestrzeni aż zanadto ruchliwa, obraca się koło osi, zatacza elipsę naokoło słońca, biegnie razem z całym układem planetarnym ku pewnej konstelacji — to również wiemy. A jednak — latem czy zimą, o każdej porze dnia i roku pomiar Michelsona dawał ten sam wynik, przedstawiony na rysunku 1-ym! (Rys. 1, 1.). Fale eteru układały się *symetrycznie* naokoło naszego „ziemskiego okrętu"!

Jak z tego dylematu wybrnąć! Mamy pewność, że w eterze płyniemy, a jednak — najznakomitszy z naszych fizyków, Michelson, widzi *jednocześnie* tę samą falę u steru i u dzioba statku, zupełnie, jakgdybyśmy byli nieruchomi? Cóż więc — stoimy w miejscu czy jedziemy? Cały gmach najściślejszej z nauk ścisłych — fizyki — chwiać się począł. I dopiero ge-

njalna intuicja młodego matematyka, skromnego wtedy docenta w Zurychu, Alberta Einsteina, znalazła wyjście z tych zawikłań.

Ktoby przypuszczał, że jądro wszystkich nieporozumień tkwi w prostem słówku *„jednocześnie"!* Ktoby przypuszczał, że analiza tego pojęcia wyprowadzi naukę z labiryntu zagadek i da nam jedną z najpiękniejszych teoryj fizycznych?

Wyjaśnienie całej sprawy — które należałoby odłożyć do rozdziału następnego — nie jest ani tak djabelnie trudne, ani tak dla laików niedostępne, jak się ludziom naogół zdaje. Spróbujmy je zawrzeć w kilku słowach.

Dopóki fizyk ciska kamienie ze zwykłego żaglowca na powierzchnię realnej wody—może ruch statku skonstatować. Ma bowiem w odwodzie — *Światło*, które biegnie z szybkością niepomiernie większą od prędkości wszystkich żółwich ruchów na ziemi i wskazuje z zupełną oczywistością, co jest *jednoczesne*, a co nie.

Ale kiedy tę samą metodę przenosimy i to samo rozumowanie stosujemy w eksperymencie Michelsonowskim — popełniamy mimowoli pewien błąd logiczny, powstaje nagle pewien *circulus vitiosus*. Chcemy stwierdzić, które fale świetlne *jednocześnie* do pewnych punktów dotrą, ale cóż nam świadectwo tej jednoczesności daje? Znów światło czyli fale świetlne!

Pomówimy zresztą o tem obszerniej, bo w tem się właściwie cała teorja einsteinowska streszcza. Teraz przypomnijmy jeszcze, że nietylko doświadczenia Michelsona, ale i słynne obserwacje astronomiczne de Sittera stwierdzają ten sam fakt dziwny: Bez względu na to, w jakich warunkach obserwujemy—z mniej lub więcej ruchomej platformy — dla prędkości światła znajdujemy zawsze tę samą wielkość stałą — 300 tysięcy kilometrów na sekundę. Innemi słowy, czy będziemy biegli za falą świetlną, czy też od niej się oddalali — fala ta *ucieka przed nami zawsze z jedną i tą samą chyżością*.

Znowu paradoks, którego fizyka dotychczasowa objaśnić nie umie. Rzeczywiście bowiem — wszystkie nasze doświadczenia — i t. zw. zdrowe zmysły — wskazują, że jeżeli poczne biec za pociągiem, pociąg ten wolniej się będzie oddalał ode mnie, niż gdybym stał w miejscu, jego prędkość będzie dla mnie *mniejsza*. Dlaczegóż dla światła jest niezmiennie *ta sama* — we wszystkich możliwych wypadkach?

Jest to inna forma tej samej szarady, którą już raz próbowaliśmy rozwiązać. Odsuńmy rozwiązanie do następnego rozdziału. Jedno jest już teraz chyba jasne:

Teorja Einsteina powstała nietylko „dla zabicia czasu", nagle i bez powodu. Szereg ścisłych i pięknych obserwacyj (Michelson i Morley, de Sitter) zmusił do pewnej pracy myślowej, pewnej rewizji naszych pojęć. Że z tych rozważań wyłonił się nowy światopogląd fizykalny, nowa synteza, że idąc za żyłą złota natrafiliśmy na całą kopalnię kruszcu — to już wyłączna zasługa Einsteina.

Zauważmy wreszcie, że w historji fizyki pewne zjawisko powtarza się stale. Uczeni biorą sobie z języka potocznego jakiś wyraz czy pojęcie i obracają niemi aż do chwili, kiedy logika, fakty, ścisłość pomiarów nie zmuszą ich wreszcie do definicyj jaśniejszych, jednoznacznych, matematycznych. Wyobrażenia mgliste i nieuchwytne ustępują miejsca pojęciom i wyrazom algebraicznym. „Praca" jest już oddawna czem innem w fizyce, a czem innem w życiu codziennem, tak samo „siła", „prawo", energja". Rozwój nauki doprowadził wreszcie do nowej rewolucji — przyszła kreska i na ów nieuchwytny *Czas*, o którym mówimy wszyscy, nie wypełniając tego dźwięku jakąś treścią określoną.

III.

Słowo „teraz", a wiedza ścisła.

Najpiękniejszy chyba zegar na świecie posiada miasto Wenecja. Nad śliczną starą bramą, która na plac Ś-go Marka prowadzi, wmurowano duży czworobok z cyframi złotemi, a dwie metrowe strzały krążą po tym cyferblacie. Na płaskim dachu dwaj spiżowi kowale biją młotami w wielki dzwon, wydzwaniając godziny i kwadranse.

Przypuśćmy, że w kawiarni Florianiego siedzi wieczorem na Piazza di San Marco miljoner amerykański, Mr. Smith,

patrzy na ten cudowny, rzeźbiony, trzypiętrowy budzik, patrzy na to, jak się cyfry godzin zapalają, jak dwaj spiżowi kowale pracują i powiada:

„Oddaję połowę majątku temu, kto mi powie, co *teraz* robi w Paryżu miss Lavinja Coolidge".

Propozycja wydaje się poprostu śmieszna i przedewszystkiem wynagrodzenie za tę wiadomość jest wprost niepomiernie wysokie. Gdybyśmy żyli w czasach antycznych, kiedy to trzeba było wysyłać gońców maratońskich, wynajmować szybkobiegów do roznoszenia wieści — możnaby jeszcze taką cenę sobie wyobrazić, ale dziś — w epoce radjotelefonu? telegrafu iskrowego?

Stawiamy poprostu na sławetnej wieży weneckiej, na owej Torre dell'Orologio, stacyjkę iskrową, wysyłamy radjodepeszę do wieży Eiffla w Paryżu, czekamy na odpowiedź i zabieramy p. Smithowi połowę majątku.

Otóż — sprawa nie jest wcale taka prosta.

Przedewszystkiem telegraf iskrowy wysyła również tylko fale elektryczne, które zasadniczo niczem się — jak uczy fizyka — od fal świetlnych nie różnią, a zwłaszcza biegną w przestrzeni z pewną prędkością, wielką wprawdzie, ale ściśle określoną, skończoną. Mamy tu, krótko mówiąc, znów do czynienia z falami optycznemi, o których już przedtem wspominaliśmy. Nim fale te z Wenecji do Paryża dobiegną — czas pewien upłynąć musi i Mr. Smith może twierdzić zupełnie słusznie, że to, cośmy mu o pannie Lavinji powiedzieli, jest wprawdzie ciekawe, ale nie jest odpowiedzią ścisłą na jego pytanie.

„Pytałem się, co Lavinja robi o 9-ej, a nie o 9-ej + jakiś tam ułamek sekundy, który waszemu gońcowi — fali świetlnej — podobało się zmarnować na drogę Wenecja—Paryż".

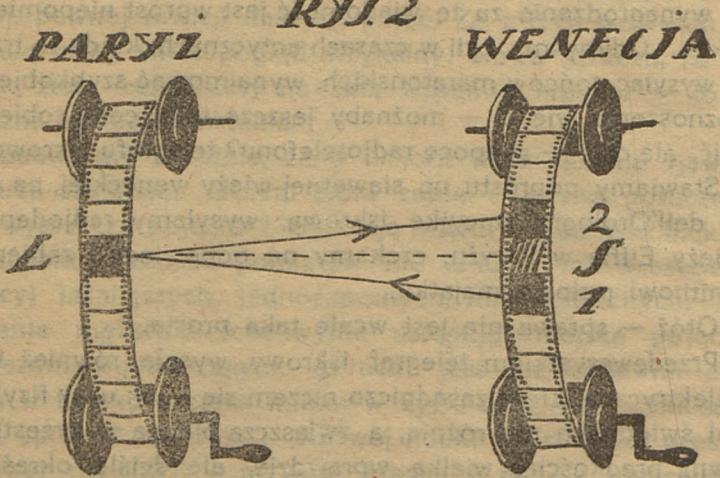
Spróbujmy, nie szczędząc żadnych kosztów, wykonać doświadczenie z całą dokładnością, na jaką naukę współczesną stać.

Rzecz zabawna ale tak jest istotnie: gdybyśmy nawet najidealniejszych fizyków świata do roboty zaprzęgli, gdyby sam Michelson pracami kierował, nic lepszego nad sposób, który tu podamy, wymyślić nie można.

Ustawiamy w Wenecji aparat kinematograficzny i zdejmujemy bez przerwy p. Smitha. Każemy telegraficznie ustawić taki sam aparat w Paryżu i fotografować pannę Coolidge.

O pewnej porze wysyłamy z Wenecji sygnał świetlny. Ten sygnał robi znak na filmie paryskim, wraca i markuje film wenecki. Po tych dopiero operacjach możemy powiedzieć, który z obrazków paryskich jest *jednoczesny* z obrazkiem weneckim, czyli co się przytrafiło *jednocześnie* p. Smithowi i pannie Lavinji.

RYS. 2



Jak widać z rysunku — obrazek paryski L, na który nasz delegat — promień świetlny — trafił, jest jednoczesny z pewnym obrazkiem weneckim S, leżącym pośrodku między punktami 1 i 2 (moment wyjścia i powrotu promienia).

Bez takiego segregatora — bez fali świetlnej — obyć się nie możemy. Mamy szereg faktów i zjawisk w Wenecji, szereg faktów i zjawisk w Paryżu. Jak ustalić, które z nich odpowiadają sobie nawzajem? Jak je rozlokować w czasie bez pomocy światła, albo bez pomocy jakiegoś gońca maratońskiego? Jaki inny związek — prócz naszych nałogów myślowych i przyzwyczajeń — łączy film paryski z filmem weneckim?

Chwila zastanowienia wykaże, że metoda nasza jest właściwie jedyną. Fizyk, jeżeli chce dać odpowiedź ścisłą na pytanie p. Smitha, musi jakoś *zeszyć*, skoordynować fakty weneckie z faktami paryskiemi. Używa w tym celu najszybszego gońca, to jest światła, wprowadza drobną „korektę“ i dochodzi wreszcie do wyniku prostego i dla wszystkich obserwatorów na ziemi zrozumiałego. Nie będziemy się też nad tem szerzej

rozwodzili, ale istotnie każdy fizyk na ziemi, zastosowawszy naszą metodę, stwierdzi, że obrazek S jest z obrazkiem L jednoczesny.

Nareszcie tedy nadaliśmy pewien określony sens wyrazowi „teraz", powiązaliśmy zdarzenia w różnych miejscach globu i możemy chyba zabrać Smithowi połowę majątku? Owszem, jeżeli ten człowiek nie jest zbyt wymagający, jeżeli wystarcza mu opinja uczonych *ziemskich*. Gdyby chciał mieć zdanie absolutne, obowiązujące wszystkie istoty myślące we wszechświecie — musielibyśmy machnąć ręką na całą sprawę.

Nie zapominajmy bowiem, że nasza ziemia jest „pokładem ruchomym". Kiedyśmy wysyłali sygnał świetlny z Wenecji, Paryż biegł ze znaczną szybkością na spotkanie naszego gońca, kiedy ten goniec wracał z Paryża — Wenecja szybkim krokiem starała się uciec od niego. Czyż można się dziwić, że obserwator, umieszczony — dajmy na to — na słońcu, człowiek, który z ziemskim karuzelem nic wspólnego nie ma, powie: „pomiar, a zwłaszcza ta część, w której wykonywacie „korektę", nie jest zupełnie ścisły. Obrazek L nie jest jednoczesny z obrazkiem S, ale z obrazkiem nieco wcześniejszym, bo w drodze powrotnej Paryż — Wenecja goniec wasz zmarnował trochę więcej czasu, niż w drodze Wenecja — Paryż".

Doskonale! Korygujmy dalej! Ale skąd pewność, że to właśnie obserwator ze słońca ma głos rozstrzygający i że jego opinja jest dla całego kosmosu miarodajna? Słońce też jest w przestrzeni statkiem ruchomym — pędzi ku jakimś celom, ku jakiejś mecie w gwiazdozbiorze Herkulesa. Dlaczego mają nam prawa dyktować, dlaczego mają nam narzucać swoje „teraz" fizycy ze słońca, a nie fizycy z Herkulesa? Nie możemy tych przywilejów byle komu oddawać.

Krótko mówiąc — niema i być nie może we wszechświecie obserwatora uprzywilejowanego. Każdy z nich ustala dla siebie i dla ludzi, w jednakowych z nim warunkach żyjących, co jest *teraz*, każdy ma odrębny, inaczej płynący *czas*, każdy określa prędkość światła jako wielkość stałą, bo światło jest tym gońcem, tym urzędnikiem, który fakty różne w czasie segreguje i rozmieszcza.

Poczynamy rozumieć doświadczenia Michelsona i de Sittera.

Gdybym się nie wiem jak wślad za falą świetlną, kwapił, nie skonstatuję, że ta fala jest *powolniejsza*, bo musiałbym stwierdzić, że w tym *samym czasie*, co przedtem, na mniejszą odległość ode mnie się odsuwa. Ale *tego samego czasu* mieć nie będę, bo mi odnośny urzędnik inny sens nadaje sekundom.

Tak w ogólnych zarysach wygląda podstawowa myśl teorji Einsteina, i dalsze matematyczne jej rozwinięcie tworzy cały system, zwany szczególną zasadą względności. Ludzie sądzą, że te rozumowania prowadzą do zupełnej anarchji, że teraz już nic nie wiemy i „wsio dozwoleno", jak mówi w „Biesach" Dostojewski.

Dlaczego? Wyzbyliśmy się — niewiadomo skąd zaczerpniętej — idei powszechnego, wszędzie obowiązującego czasu, którego wcale zdefinjować nie można. Przekonaliśmy się wzamian za to, że czas w pewien sposób ściśle określony — można to ująć w proste wzory matematyczne — zależnie od ruchu obserwatora się zmienia, bo następczość i kolejność zjawisk *coś* nam przecie ustalić musi. Owo *coś* — światło — biegnie jak wykazały doświadczenia, dla każdego obserwatora, bez względu na to, gdzie jest i dokąd zmierza, z jednakową szybkością i dlatego właśnie inny mu czas odlicza.

Jeżeli się nad sprawą zastanowić uważniej — nie tak znowu trudno odkryć, gdzie leży źródło wszystkich nieporozumień i na czem właściwie tragiczny rozdźwięk między naszym poglądem zwykłym i Einsteinowskim polega.

Jesteśmy w życiu codziennem przeświadczeni, że wiemy doskonale, co się *teraz* dzieje w świecie. Mamy — jak to pięknie w bajkach dla dzieci opowiadają — najlotniejszego gońca, *myśl ludzką*, na usługi, możemy go wysłać na zwiady, możemy sobie jednocześnie wyobrazić słońce, księżyc, najdalsze gwiazdy — *nasz poseł* przebiega wszechświat momentalnie, przeszywa cały kosmos stokroć prędzej od błyskawicy. Szkoda tylko, że fizyk nie wie, co z nim począć, jak go do solidnej pracy zaprząc! Dopóki jakiejś nadnaturalnej telepatji nie stwierdzono doświadczalnie, przyrodnik nie ma i nie znajdzie nigdzie sługi tak doskonałego, jak ta myśl z bajki. Ograniczony do pomiarów fizykalnych, musi znaleźć sposób wiązania i zestawiania faktów nie przy pomocy fantazji, wyobrażeń,

skoków myślowych — musi się oprzeć na czemś realnem, dla badań dostępnem. Jego posłem jest najszybsza w przyrodzie *fala świetlna* i od jej zeznań zależy, co się dzieje *teraz* w Paryżu.

Wszystko, co o świecie wiemy, wiemy dzisiaj z tą samą pewnością, co i dawniej. Więcej nawet: każdej chwili możemy wyliczyć, jak wyglądają nasze obserwacje dla fizyka, umieszczonego na słońcu albo na gwiazdach Herkulesa. Z jednego tylko zrezygnowaliśmy: z wszechwiedzącego ducha, który gdzieś w przestworzach tkwi i wie najlepiej, wie z całą dokładnością, nieodwołalnie, ile sekund „prawdziwych" minęło od Narodzenia Chrystusa do ostatniej mowy Poincaré'go. Ten przeciąg czasu inny będzie na ziemi, a inny na słońcu, interwal ma jakby perspektywę, wygląda inaczej dla różnych obserwatorów we wszechświecie...

Na jedno jeszcze położyć musimy nacisk. Wszystkie nasze rozważania opierały się na faktach, zaczerpniętych z optyki, odwoływały się do eksperymentów, wykonanych lub przynajmniej wykonalnych fizycznie — nie mamy tu nigdzie do czynienia z filozofją i metafizyką. Teorja Einsteina jest syntezą z dziedziny *nauk ścisłych*, jest — jak prawo zachowania energji np. — teorję „fenomenologiczną". Filozofja może ją dla swoich celów wyzyskać, ale nie może jej obalić tak, jak nie może obalić teorji atomistycznej czy systemu Kopernika. Podważyć mogłaby ją jedynie albo jakaś jaskrawa sprzeczność wewnętrzna (której jednak najlepsi matematycy przez lat już prawie 18 wykryć nie zdołali), albo sprzeczność z faktami (której znowu fizycy dotąd nie dostrzegli), albo wreszcie pogląd, że ta teorja się *nie opłaca*, t. zn. wymaga zbyt wiele, a daje zbyt mało.

Kto lubi analogje i porównania poetyckie, może się tu przez chwilę nad takim choćby — pierwszym lepszym — przykładem zastanowić. Przed wojną bardzo trudno byłoby nam sobie wyobrazić, że pieniądz — miara wszelkiej wartości — sam może mieć wartość zmienną, niestałą, kapryśną. Dziś wiemy, że nawet z najdzikszemi skokami walutowemi pogodzić się można, że — mimo te piruety — ludzie sprzedają, kupują, handlują, kalkulują, mają giełdę, sklepy, kupców, nabywców, ceny. Gdyby ekonomja była wiedzą tak ścisłą, jak fizyka, moglibyśmy naukę o gospodarstwie społecznem rozszerzyć, ustalić prawa

obiegu towarów, oparte na względnej wartości pieniądza. Ta nowa nauka nie byłaby jakimś chaosem tez anarchicznych — przeciwnie, miałaby podstawy solidniejsze, pewniejsze, ogólniejsze, powszechniej obowiązujące, byłaby trwalsza, niż to, co wiedzieliśmy przedtem, obejmowałaby okresy spokojne i czasy kryzysów.

Otóż — to porównanie kuleje napewno, jak wszystkie porównania. — Ale od biedy jakiejś analogji między zmiennym Czasem w fizyce i między zmiennym pieniądzem w ekonomji dopatrzeć się można.

IV.

Niebezpieczeństwa. Trudności istotne. Paradoksy.

Każda trwała teorja naukowa musi zdać egzamin z t. zw. *celowości*. Musi wykazać, jakie to fakty wytłumaczyć i jakie przewidzieć potrafi. Te dopiero o racji jej bytu rozstrzygają. Teorja Kopernika dlatego tylko była lepsza od dawnej, Ptolemeuszowej, że nietylko dzień i noc, cztery pory roku, zaćmienia księżyca, ale kierunek wiatrów (passatów), spłaszczenie naszego globu, podrywanie prawego brzegu w rzekach, płynących na północ, doświadczenia z wahadłem i kulą, spadającą z wieży wysokiej — z jednego prostego zdania: „ziemia się obraca“ wyprowadzić zdołała. Dla tych korzyści darowano jej — po długich coprawda walkach — ten trud myślowy, do jakiego zmuszała, gwałt, jaki wyobrażeniom utartym czyniła.

Popularne broszurki einsteinowskie wywołują w czytelniku wrażenie, jakoby cała „zasada względności“ na jedynej nitce doświadczeń Michelsona wisiała.

Dzieje się tak dlatego, że te zjawiska, te „zaćmienia“ i „passaty“, które w sposób nienaganny i prosty z nowego poglądu o względności czasu wyprowadzić się dają, leżą już dość głęboko w obrębie fizyki współczesnej. W wykładzie po-

pularnym ogromnie jest trudno fakty, czytelnikowi nieznane, opisywać i jednocześnie ich tłumaczenie podawać — i to jeszcze z różnych punktów widzenia.

Spróbujmy jednak choćby jeden przykład rozpatrzeć bliżej.

Mówiliśmy, że czasu powszechnego niema, że obserwator na słońcu, który w zawrotnym karuzelu, w rotacjach ziemskich, udziału nie bierze, w pewien—zresztą ściśle określony—sposób inaczej czas mierzy, niż my.

Ale czas — jak sobie jeszcze może z nauki szkolnej przypominamy—jest jedną z jednostek zasadniczych, wchodzi prawie we wszystkie nasze pomiary. To też wyliczenia dokładne wykażą, że obywatel słoneczny inaczej będzie mierzył np. masy ciał! Zważmy dobrze: masa, którą dotąd rownież uważaliśmy za niezmienną (nawet powszechne prawo zachowania masy dekretowaliśmy), — według nowych pojęć, tylko dlatego, że ów obywatel słoneczny w innym jest stanie ruchu, niż my — inną mu się wyda, inne będą jej wszystkie efekty fizykalne, czyli poprostu *inną będzie dla niego, niż dla nas.*

Dziwnym trafem ten właśnie wniosek teorji einsteinowskiej doskonale możemy sprawdzić w laboratorjum. Nie będziemy się w tym celu przenosili na słońce. Posiadamy, albo możemy wywołać, w każdej rurce próżniowej (rury szklane z rozrzedzonem powietrzem) małe ciałka — *elektrony*, którym — jak tego wymaga właściwie teorja względności — możemy nadać prędkość, nieomal dowolnie wielką zapomocą sił elektrycznych. Wobec tych małych kulek, imitujących w tem doświadczeniu ziemię — jesteśmy jakgdyby obserwatorami słonecznymi. Cóż się okazuje?

Masa elektronów zmienia się, *wzrasta* razem z ich prędkością w sposób, *zupełnie ściśle przewidziany przez teorję Einsteina.* Doświadczenie to wykonywali wielkrotnie Kaufmann, Bucherer, Hupka — zawsze z tym samym rezultatem.

Naturalnie, wszystkie tego rodzaju wyniki i wnioski wyglądają daleko piękniej w języku matematycznym. Matematyka nie jest wcale istotą teorji względności. Można — jak to właśnie w tej rozprawie próbujemy — wyłożyć bez wzorów i formuł, o co chodzi. Ale w lakonicznym języku takich

wzorów struktura logiczna teorji, jej wiązadła zarysowują się o wiele mocniej i wyraźniej, niż w mowie potocznej.

Pocóż tedy opowiadać, jak objaśnia Einstein fakty, dawniej znane, aberację światła, rezultat doświadczenia Fizeau i t. d.?

Przekładając sprawę na język wulgarny — tu najłatwiej moglibyśmy znane przysłowie włoskie potwierdzić: traduttore — traditore.

W dziełku popularnem powinno wystarczyć zapewnienie, że teorja względności ze wszystkich dotychczasowych wyników eksperymentalnych naszej Optyki i Elektroniki świetnie zdaje sprawę i że nigdzie w sprzeczności z doświadczeniem nie stoi.

Zato, jak każda myśl nowa, zadaje pewien gwałt wyobrażeniom zwykłym, i niekiedy lekkie pchnięcie, drobne przeszarżowanie wniosków wystarcza, aby ją uczynić zabawną i śmieszną. Ale właściwie i temu trudno się dziwić. Przypomnijmy sobie, że humorystą był Kolumb, kiedy twierdził w biały dzień, że ziemia ma kształt kuli czy gruszki i że — po drugiej stronie — ludzie chodzą „głową na dół", zwróceni ku nam stopami. Humorystą był Kopernik, kiedy w poważnem dziele wykładał, że każdy z nas — wyszedłszy z domu na ulicę — staje na jakimś *trottoir roulant*, który się w przestrzeń wymyka i pędzi przed siebie, 50 razy szybciej od najściglejszego konia arabskiego.

Jest też oczywiście humorystą i Einstein. I jego teorja prowadzi do licznych paradoksów, w których jednak w gruncie rzeczy — nic paradoksalnego niema.

Np. owa „jednoczesność" — różna dla różnych widzów.

— Jakto? — mówił mi niedawno pewien zdolny publicysta — więc ja wysyłam swoją teściową — dajmy na to — do Paryża i już wobec tego nie wiem, jakie fakty z jej życia są z mojemi *jednoczesne?* Jakiś — odpowiednio we wszechświecie wybrany — einsteinista będzie mi twierdził, że jestem *rówieśnikiem* tego starego pudła, a ja mu nic na to odpowiedzieć nie mam prawa? Jego twierdzenia są równie słuszne, jak moje? — Gdzie tu sens?

To byłby istotnie absurd, ale też nikt nie twierdzi, że pan — z jakiegokolwiek punktu widzenia — może być rówieśnikiem owej starszej pani.

W przykładzie, któryśmy omawiali szerzej (Wenecja—Paryż), upływa między chwilą wysłania gońca świetlnego a jego powrotem około jednej setnej części sekundy. Formuły einsteinowskie dowodzą jedynie, że dla kogoś na słońcu, czy na Herkulesie ta jedna setna może być *krótsza*, może być jedną tysiączną, jedną miljonową sekundy — ale różnica nigdy ponad te drobne ułamki nie urośnie. „Ujednocześniać" zjawisk nie możemy bez granic i dowolnie. Pewien „interwał czasu", obserwowany na ziemi wydaje się *krótszy* obywatelowi słonecznemu, ponieważ, jak to z dalszego rozwinięcia idei zasadniczej wynika — *jego zegary wolniej chodzą od naszych.*

Ale nawet najzgryźliwszy, najgorzej dla nas wybrany sędzia kosmiczny kwestjonować może w ziemskich pomiarach jednoczesności tylko pewną drobną korektę, pewną nadwyżkę — tam np., gdzie o zjawiska na naszym globie, od Alaski do Tasmanji, chodzi — zaledwie $^1/_8$ sekundy.

Niema też obawy, aby ów „człowiek w kosmosie" mógł prawo przyczynowości przełamać i zobaczyć w jakiemś naszem zdarzeniu — skutek *przed* przyczyną. Zobaczy je w tym samym porządku, tylko — jakby z innej, dalszej perspektywy.

Najtrudniejszym i najzabawniejszym paradoksem teorji einsteinowskiej jest jednak — jej myśl zasadnicza. Jakże to? dlatego, żem wskoczył do tramwaju, choćby najszybciej, choćby tam z prędkością fal świetlnych czy sygnałów elektrycznych w przestrzeni biegnącego — dlatego czas ma mi upływać inaczej, a mój zegarek kieszonkowy będzie raptem wolniej chodził?

Zegarek jest kupą żelastwa, jest przyrządem i nie może ustalać samej *zasady pomiarów*, nie może nam narzucać światopoglądu. Człowiek, który — pożegnawszy się z nami — wskoczył do tramwaju kosmicznego, będzie wiadomości o świecie odbierał, będzie je segregował i uzależniał zgodnie z *oczywistością*. Ale — jak to doskonale urobione słowo już etymologicznie wskazuje — jego *oczywistość* będzie zależna od raportów promieni świetlnych. Cóż dziwnego, że zmieni się w pe-

neiw — zresztą nie dowolny, ale doświadczeniami Michelsona i teorją Einsteina *ściśle określony* — sposób?

W najbliższym związku z tą sprawą jest słynna historja o braciach bliźniakach, albo, jeżeli kto woli, einsteinowska bajka o śpiącej królewnie. Kursuje ta opowieść po wszystkich broszurkach, szerząc zamęt i spustoszenie, przyprawiając ludzi o zawrót głowy, to też należy jej się krótka wzmianka.

Powiedzieliśmy, że pasażer tramwaju kosmicznego ma inną oczywistość, inaczej czas mierzy i że jego zegary wolniej chodzą od naszych. Otóż wyobraźmy sobie, że ten człowiek odjeżdża i po kilkunastu latach bolesnej rozłąki wraca i wysiada z wagonu. Logicznym wnioskiem naszych rozważań jest paradoks dziwaczny: dla nas na ziemi — podczas jego nieobecności — minęło, dajmy na to, dziesięć lat, a on twierdzi poważnie, że to był rok, powołuje się przytem na swoje pomiary fizyczne, biologiczne czy inne. Jest jednem słowem — dlatego tylko, że sobie w świat pojechał — o dziewięć lat od nas młodszy! Zostawił na ziemi brata-bliźniaka, który teraz mógłby być — pozwólmy sobie na lekką przesadę — nieomal jego ojcem. Wierutny nonsens!

Otóż — doświadczenia takiego, niestety, wykonać nie możemy. Trudno kogoś wyekspedjować na dziesięć lat z ziemi, kazać mu pędzić po wszechświecie z prędkością, zbliżoną do prędkości światła, i jeszcze po powrocie pytać go o wrażenia.

Ten zaś „wierutny nonsens" — jak nam się na pierwszy rzut oka wydało — błędu logicznego, przypuszczeń myślowo niedopuszczalnych, nie zawiera wcale.

Przeciwnie. Bardzo być może, że ów pasażer, dla którego odległość między przyczyną i skutkiem, przebieg czasu, trwanie wszelkich procesów i zjawisk w świecie, masy, miary długości, inne będą, niż dla nas, po powrocie mniej sobie będzie lat liczył, niż my.

Bardzo być może, iż umieszczony w innych warunkach, w otoczeniu, gdzie od *a* począwszy, od sekundy — wszystko ma inny sens, wróci do naszego życia, jak legendowa śpiąca królewna.

Tylko bezpośredni *eksperyment* mógłby tu kłam zadać teorji. Niestety jest — w całej rozciągłości — niewykonalny, a tam, gdzieśmy go próbowali wykonywać częściowo (p. wyżej zmienność masy) — tam właśnie... potwierdza tę teorję!

V.

Dalsze kroki. Czy ziemia się obraca? Rozszerzona zasada względności.

Wędrowaliśmy dotąd po terenach t. zw. szczególnej, pierwotnej teorji względności, ogłoszonej w r. 1905., dziś już powszechnie uznanej, zamkniętej, skończonej. My jeszcze polemiki toczymy po gazetach, ale już lada dzień małe dzieci będą się o niej uczyły w szkołach.

Inną — pozornie łatwiejszą, w istocie zaś trudniejszą — sprawą jest rozszerzona, ogólna teorja względności.

Tłumaczyliśmy w rozdziałach poprzednich Michelsonowi, dlaczego jego pomiar ruchu absolutnego ziemi się nie udał. Uczony nie miał — bo mieć nie mógł — zegara absolutnego. Kontrolował bieg naszego gońca świetlnego zegarkiem, zapominając, że przedtem ów goniec właśnie normował chód jego zegarka. Wiedzieliśmy zresztą już dawniej z fizyki Newtonowskiej, że statek, sunący spokojnie wzdłuż brzegów, płynie tylko dla człowieka, który na brzeg, albo na powierzchnię wody patrzy i o ten *ruch względny* się troszczy — żadne doświadczenie *mechaniczne*, wykonane na statku, wykazać nie zdoła, czy statek płynie istotnie. Rozszerzyliśmy teraz owo *nic* i na eksperymenty optyczne oraz elektromagnetyczne.

Zachodzi pytanie, czy ów postulat względności można przenieść jeszcze dalej, na wszystkie możliwe wypadki i formy ruchu, czy np. ruch obrotowy istnieje sam przez się, niezależnie od otoczenia, od punktu widzenia, od naszych zapatrywań,

czy — mówiąc jaśniej — możemy z całą pewnością twierdzić, że ziemia się obraca?

Już samo postawienie takiej kwestji wydaje nam się herezją: jak dawniej paliliśmy na stosie tych, co w ów obrót wierzyli, tak dziś jesteśmy gotowi brać na tortury tych, którzy go w wątpliwość podają.

Mimo to, już przed Einsteinem, bardzo wybitny fizyk i empirjokrytyk, E. Mach, długo nad tą kwestją rozmyślał.

Cóż stąd, żeśmy całą garść dowodów zebrali i że opierając się na licznych analogjach łatwiej się dziś godzimy na pogląd Kopernika, niż na pogląd Ptolemeusza? Przypuśćmy — jak to jeszcze wczoraj sobie wyobrażano — że ciała niebieskie, gwiazdy, słońca, planety tkwią w jakimś eterze bezkresnym, o którym nic poza tem nie wiemy. Gdzie znaleźć dowód ostateczny, że to ziemia w owej galarecie się kręci, a nie galareta naokoło ziemi? Mały komar przylgnął do osi samochodu — jakże ten owad ma stwierdzić, czy koło się obraca na nieruchomej osi, czy też — jak to często bywa — obluzowana oś kręci się w nieruchomem kole?

Te pytania wydają nam się czczą, śmieszną scholastyką. I rzeczywiście były nią, dopóki do pracy nie zabrał się Einstein. Strawił kilkanaście lat nad tą kwestją, przewertował księgi najzawilszych teoretyków matematyki, zbierał dowody w geometrji nieeuklidesowej, w dziełach Riemanna i Łobaczewskiego, i wreszcie cel osiągnął. Wykazał, że teoretycznie *oba twierdzenia owego komara są równoznaczne*, t. zn. każdej chwili całokształt swoich doświadczeń taki owad, choćby był najgenjalniejszym obdarzony mózgiem, może — z równą słusznością! — tak albo owak przedstawić... Sprawa wygląda coraz dziwniej: przypuśćmy, że tak jest — poco nam to wszystko? Co na tem zyskać możemy, prócz niewiary we własne zdolności?

I tu właśnie przypomnieć sobie musimy, podane zaraz na wstępie tego wykładu, zdanie o realnej wartości niektórych twierdzeń pesymistycznych.

Zyskujemy zasadę powszechną, regułę — równie pożyteczną i w wykrywaniu nowych faktów pomocną, jak np. prawo zachowania energji. Właśnie tezą o owej odwracalności

poglądów, o ich równouprawnieniu jest busolą przy odkrywaniu praw ogólnych i zjawisk w przyrodzie.

Klasyczny już dzisiaj przykład — przyciąganie promieni świetlnych przez masy ciężkie, ich uginanie się w pobliżu słońca — przytaczają wszystkie prawie dziełka i broszurki. Jaki jest związek tego — stwierdzonego przez astronomów angielskich w Sobralu — fenomenu z teorją względności Einsteina?

Wyobraźmy sobie fizyka, którego ktoś zamknął nagle w jakimś, od świata zupełnie odseparowanym, pokoju na globie wielkim — dajmy na to, na Słońcu. Ów fizyk wykonywa doświadczenia i stwierdza, że ciążenie i jego prawa w tym pokoju obowiązują, ustali nawet, że siły są większe, niż były na ziemi. Dojdzie zatem do wniosku, że go na jakimś globie wielkim nieruchomo umieszczono? Będzie to jedyny logicznie możliwy rezultat jego rozumowań?

Nie! — mówi teorja względności — z równą słusznością mógłby powiedzieć, że ciała materjalne w jego pokoju dlatego prędzej spadają, ponieważ pokój mknie w przestrzeni z wzrastającą szybkością. Przypuszczenie: ja tkwię nieruchomo, ciała spadają na dół, bo istnieje grawitacja — musi być fizycznie jednoznaczne z twierdzeniem: grawitacji niema, ciała spadają, bo ja pędzę w ruchu przyspieszonym ku górze. Ruch i bezruch to tylko forma zapatrywania, jakiejś różnicy absolutnej, wewnętrznej między niemi niema.

Spróbowano w tem miejscu w bardzo dowcipny sposób podstawić — mówiąc obrazowo — nogę teorji względności. Przepuśćmy promień świetlny przez pokój owego fizyka! Teraz chyba znajdziemy różnicę? Jeżeli pokój tkwi nieruchomo, promień będzie do podłogi równoległy, jeżeli zaś pędzi ku górze — promień ów zagiąć się musi, jak kamień poziomo rzucony.

— Wykonajcie doświadczenia — odpowiedział Einstein. — Promień będzie się zaginał w obu wypadkach — w ruchu i w „bezruchu".

I to zagięcie właśnie wykryła ekspedycja astronomów. — Promienie gwiazd dalekich, przechodząc nad „nieruchomem" ale obdarzonem siłami grawitacyjnemi słońcem, wykrzywiały się w sposób, zupełnie ściśle przez teorję przewidziany.

Tak wygląda w zarysie rezultat, który nową — ogólną — zasadę względności w świecie najwięcej wsławił. Dodajmy, że najkrańcowszy sceptycyzm jest właśnie główną cnotą człowieka nauki. Więc też w trzy lata po triumfalnem stwierdzeniu wyliczeń Einsteinowskich przez Eddingtona (rok 1919) wysłano nową ekspedycję, tym razem pod wodzą słynnego astronoma amerykańskiego, W. W. Campbella, dla dokonania dalszych badań i dla powtórnego skontrolowania dawniejszych obserwacyj. Campbell przywiózł z wyprawy do Wallal (Australja), gdzie w r. 1922 podczas zaćmienia fotografowano okolicę nieba w pobliżu słońca, szereg udatnych zdjęć. Pomiarów dokonano na 118 gwiazdach i obliczono ich przesunięcia. Rezultat: nowe, wprost zdumiewające, stwierdzenie przewidywań teoretycznych (przesunięcie zaobserwowane 1″72, przewidziane przez teorję względności 1″74).

O zmianach w orbicie Merkurego, o linjach spektralnych o kosmologicznych wnioskach mówić tu nie będziemy. Trudno je — z prostej zresztą — myśli zasadniczej, bez zawiłych rachunków wyprowadzić, a wszystko, co przy tej okazji broszurki popularne o świecie nieeuklidesowym i t. d. opowiadają, znów raczej pewien zamęt szerzy, niż sprawę wyjaśnia. Krzywizna przestrzeni etc. to tylko *sposób* — dla matematyka łatwiejszy — przedstawienia sprawy. Czytelnik gubi się natomiast w zaroślach nowej geometrji, myli *drogę z celem* i uważa często matematyczną *façon de parler* za istotę rzeczy, za nową prawdę.

Kogo nie interesuje specjalnie matematyka, jej piękny język, jej metoda ujmowania zagadnień — może spokojnie czytać, nie przejmując się tem zbytnio, że świat ma cztery wymiary i że jest wypukły w pobliżu pól grawitacyjnych. Czytelnik powinien tu tylko pamiętać, że te rozważania matematyczne wypływają z prostych i ogólnie dostępnych założeń i że dają szereg wyników — jak np. przesunięcia linij spektralnych — konkretnych, podlegających weryfikacji doświadczelnej.

Niektóre rezultaty są dziś jeszcze muzyką przyszłości, ale będą napewno zachętą do badań ciekawych. Więc np. dopiero ogólna teorja względności ustaliła ścisły związek między masą ciała i całkowitym zapasem jego energji. Wynika z wyliczeń — a bez nich owa „odwracalność“ nie dałaby się przeprowa-

dzić — że jeden gram węgla, wypompowany całkowicie z wszelkiej energji, jaką wogóle posiada, wystarczyłby na kilkadziesiąt miljonów lokomotyw.

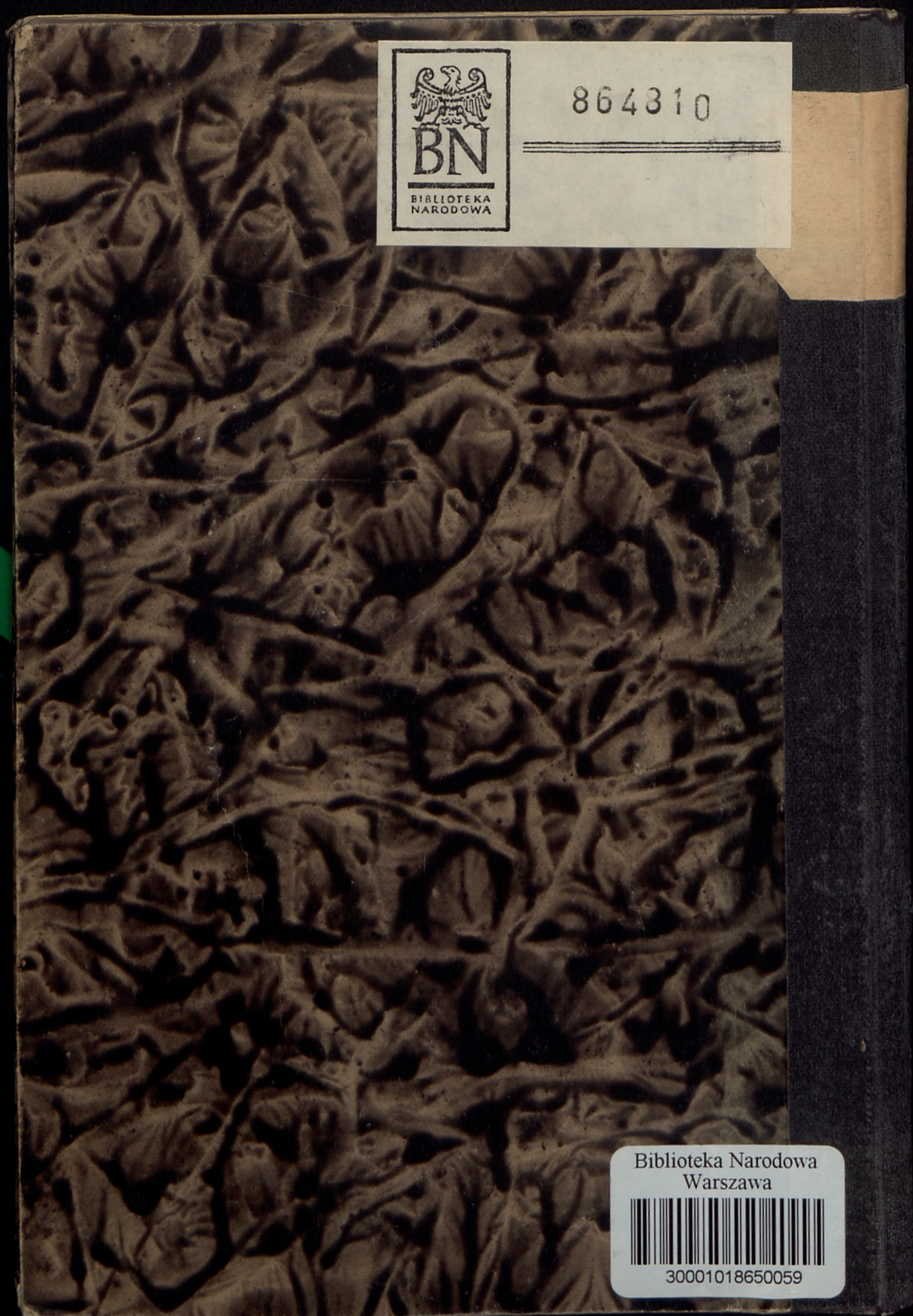
Oczywiście — aby tę energję wydobyć musielibyśmy rozbić atomy, uwolnić siły, które w światach zamkniętych drzemią.

Tu się właściwie nasz „przewodnik po ideach Einsteinowskich" kończy. Borykaliśmy się z najtrudniejszemi zagadnieniami — grawitacją, zmiennością czasu. — Jednej tylko kwestji nie poruszaliśmy, bo jej nie rozumiemy zupełnie. Dlaczego ta, matematycznie piękna, teorja wywołuje co pewien czas protesty i sprzeciwy oraz krwawe ataki najmniej do tego powołanych ludzi? Dlaczego co pewien czas ktoś, dosiadłszy drewnianego konika, z całym impetem wali wątłą głowiną o cementowe kwadry tego gmachu wiedzy ścisłej?

To są znów pytania nie z fizyki, ale z psychologji tłumu.

BIBLIOTEKA NARODOWA
BIBLIOTEKA NARODOWA BN

Lib. Acad.
Poznań
25.X.48



BN
BIBLIOTEKA NARODOWA
864310

Biblioteka Narodowa
Warszawa
30001018650059