

10561

<http://rcin.org.pl>

Prof. Dr. P. Twardow

10561

POWSZECHNE WYKŁADY  
WSZECHNICY I POLITECHNIKI  
LWOWSKIEJ

**Dr. ALFRED DENIZOT**

**O PRZESTRZENI  
I CZASIE**

**W ŚWIELE BADAŃ  
FIZYCZNYCH**

**Nr. 26**

**KSIĄZNICA POLSKA  
TOWARZYSTWA NAUCZYCIELI  
SZKÓŁ WYŻSZYCH**

# Wydawnictwa Powszechnych Wykładów Wszechnicy i Politechniki lwowskiej.

## NAJNOWSZE WYDAWNICTWO:

Dr. PANNENKOWA Irena.

27. Kościuszkó. — Nakładem Książnicy Polskiej Towarz. naucz.  
szkół wyższych, Lwów 1917 str. 18 . . . . . 1 K. — h.

## PEDAGOGIA:

Dr. MAJCHROWICZ Franciszek.

24. Wyrabianie samodzielności u młodzieży. — Lwów 1904. Księ-  
garnia Seyfartha i Czajkowskiego. . . . . Wyczerpane

Dr. STACHIEWICZ Teofil.

23. { Ochrona zdrowia młodzieży w wychowaniu domowem.  
DWORSKI Emanuel.  
Współdziałanie domu i szkoły w wychowaniu młodzieży. —  
Lwów 1904 . . . . . Wyczerpane

## HISTORIA POLSKA:

JANKOWSKI Władysław.

20. Puławy str. 75 z licznymi rycinami. — Lwów 1909. Bibl.  
Macierzy Polskiej nr. 5 . . . . . 1 K. — h.

KIPA Emil.

21. Hugo Kołłątaj. str. 136, 14 rycin. — Lwów 1912. Bibl. Ma-  
cierzy polskiej nr. 9 . . . . . 1 K. 20 h.

## LITERATURA POLSKA:

MISSONA Kazimierz.

3. Dzieje sceny. Str. 19. — Kołomyja 1911 w księg. Żyborskiego. — K. 60 h.

CHMIEŁOWSKI Piotr.

16. Dramat polski doby najnowszej. Str. 177. — Lwów 1901 —  
Księg. H. Altenberga . . . . . 3 K. 85 h.

MISSONA Kazimierz.

2. Wesele, dramat St. Wyspiańskiego. Wyd. II. Str. 36. — Ko-  
łomyja 1904. u F. Westa w Brodach. . . . . 1 K. — h.

Dr. PIEKARSKI M.

22. J. I. Kraszewski, życie i dzieła. — Lwów 1912. Bibl. Ma-  
cierzy polskiej. . . . . Wyczerpane

STODOR Adam.

1. Jan Kasprowicz. Str. 51. — Złoczów. Bibl. powsz. W. Zucker-  
kandla . . . . . — K. 24 h.

## LITERATURA POWSZECHNA:

MISSONA Kazimierz.

25. Niemcy a Polska. Str. 59. — Jarosław 1910. Księg. F. Westa  
Brody . . . . . 1 K. — h.

O PRZESTRZENI I CZASIE  
W ŚWIETLE BADAŃ FIZYCZNYCH

<http://rcin.org.pl>

WYDAWNICTWA Powszechnych  
Wykładów Wszechnicy i Politechniki  
Lwowskiej Numer 28.

DR. ALFRED DENIZOT

O PRZESTRZENI  
I CZASIE 10561  
W ŚWIETLE BADAŃ FIZYCZNYCH



Prof. Dr. E. Twardowski

H 117284

LWÓW 1918

WYDAWCTWEM KSIĄŻNICZY POLSKIEJ TOWARZYSTWA NAUCZYCIELI  
SZKÓŁ WYŻSZYCH. — WARSZAWA: GEBETHNER I WOLFF. —  
POZNAŃ: M. NIEMIĘKIEWICZ

10561



PAN 10561



K  
13.12.59  
A. 510

ZŁOŻONO I ODBITO W DRUKARNI  
„GRAFIA” WE LWOWIE, ULICA CHO-  
RĄCZYŹNY L. 27. KLISZE Z ZAKŁADU  
GRAFICZNEGO R. BRZEZIŃSKI I TOW.  
WE LWOWIE, ULICA PAŃSKA L. 10.  
GODŁO KSIĄŻNICY WYKONAŁ W. SKO-  
CZYŁAS. KARTA TYTUŁOWA WEDLE  
PROJEKTU I RYSUNKU W. WITWICKIEGO

## WYKŁAD PIERWSZY

**Słowo wstępne.** O ruchu jako najogólniejszym zjawisku w przestrzeni i czasie. Przyczyna a skutek. Wróżby. Przepowiednie naukowe i ich cel. Prawa ruchu. Kopernik, Kepler, Galileusz, Newton. Zasada bezwładności. Przestrzeń bezwzględna i czas bezwzględny. Względność przestrzeni i czasu wogóle. Sprawdzenie zasad Newtonowskich. Swobodne spadanie ciał. Wahadło Foucaulta.

Temat wykładów „O przestrzeni i czasie w świetle badań fizycznych“ wymaga na wstępie kilka słów objaśnienia. Dwa ostatnie wyrazy mianowicie — badania fizyczne — mają określić i równocześnie zacieśnić przedmiot wykładów. Nie badania filozoficzne w zwykłym tego słowa znaczeniu lub inne, tylko wyłącznie badania zjawisk fizycznych mają być tłem, na którym opierać będziemy nasze rozważania o przestrzeni i czasie.

Zjawiskiem najogólniejszym w przyrodzie, które pojęcia przestrzeni i czasu wysuwa na czoło naszych rozważań, jest zjawisko ruchu. Pojęcie ruchu jest nam wszystkim ogólnie znane. Spostrzegamy np. w dzień ruch słońca, a w noc gwiazdzistą obrót sklepienia niebieskiego i ruchy planet. Są to zjawiska, które dały początek naukowym rozważaniom o przestrzeni i czasie, powołując do życia mechanikę, naukę o prawach ruchu. Badania głośne stwierdziły ruch tam, gdzie obserwacja bezpośrednia go nie dostrzega. Wspomnę np. tylko o nowszych badaniach, z których wynika, że atomy chemiczne mają budowę, przedstawiającą pewną analogię z układem planetarnym. Wyobrażamy sobie, że atom składa się z drobnych cząsteczek, elektronów, które krążą około jednego elektronu, jako małe planety

około niezmiernie małego słońca. I wewnątrz atomu więc zachodzi ruch, którego wprawdzie okiem dostrzedz nie można, ale którym tłumaczymy właściwości tego dziwnego ciała, zwanego radem, którego odkrycie stanowi wielką zasługę naszej rodaczki, p. Maryi Skłodowskiej-Curie.

Nie będę wyliczał innych, nieskończenie różnorodnych we wszechświecie przykładów ruchu, który — jednym słowem — jest najogólniejszym zjawiskiem w przyrodzie. Ten ruch — powiadamy — odbywa się w przestrzeni i czasie. Lecz nie wystarcza nam takie orzeczenie. Ulegamy potrzebie poszukiwania związku przyczynowego między zjawiskami. Dwa zjawiska, które zachodzą w przestrzeni, z których jedno jest przyczyną a drugie skutkiem, następują po sobie w pewnym czasie, i to zupełnie określonym. Odkrycie, ustawienie prawidłowości pomiędzy przyczyną a skutkiem zjawisk stanowi najważniejsze zadanie naszych badań, odnoszących się do przestrzeni i czasu. Znając bowiem prawo, podług którego zjawiska się odbywają, a temsamem znając czas, który upływa pomiędzy przyczyną a skutkiem zjawiska, innymi słowy, znając związek pomiędzy przestrzenią a czasem, możemy to zjawisko przepowiedzieć. W ten sposób możemy rozwiązać zadanie, którem ludzkość od wieków się zajmuje: zadanie odgadywania przyszłości.

Nie mam jednak na myśli zwykłych prorocत्व, w rodzaju następujących:

„Rok 1647. był to dziwny rok, w którym rozmaite znaki na niebie i ziemi zwiastowały jakoweś klęski i nadzwyczajne zdarzenia. Współcześni kronikarze wspominają, iż z wiosną szarańcza w niesłychanej ilości wyroiła się z dzikich pól i zniweczyła zasiewy i trawy, co było przepowiednią napadów tatarskich“.

Albo, kiedy to po ukazaniu się komety:

„Z niewymownem przecuciem cały lud litewski  
Poglądał każdej nocy na ten cud niebieski,  
Biorąc złą wróżbę z niego, tudzież z innych znaków“.

Albo:

„Kiedy zaraza Litwę ma uderzyć  
Jej przyjsie wieszczka odgadnie żrenica.  
— — — — — Ale więcej zguby  
Wróżył Litwinom od niemieckiej strony  
Szyszak błyszczący...“ —



Takich horoskopów nauka nie stawia. Takie przepowiednie są wyływem uczucia i wytworem fantazyi ludzkiej, często objawem pewnego pierwiastku mistycznego, który w nas drzemie; na tem tle mogą nawet powstawać perły literatury, ale takimi wróżbami nie zajmuje się nauka. Nie opiera ona swoich przepowiedni na żadnym pierwiastku nieświadomym, tylko na tem, co stanowi dla nas bezwzględną rzeczywistość, co ująć i pojąć możemy naszymi zmysłami, co stanowi dla nas bezwzględną prawdę; — opiera ona swoje przepowiednie na związkach pomiędzy przestrzenią a czasem, jakie w badaniach zjawisk się ujawniają.

Aby służyć w tym względzie przykładem, weźmy pod uwagę meteorologię. Jej zadaniem jest sprowadzić poszczególne zjawiska, np. ruch atmosfery, spowodowany różnicami gęstości i ciśnienia powietrza, do praw ogólnych, aby, opierając się na zasadzie przyczynowości, mózdz wynioskować co się dzieć będzie, tj. przepowiadać pewne zjawiska jako skutki innych poprzedzających zjawisk, uważanych za przyczyny. Praktyczny wynik badań na tem polu jest ten, że na podstawie spostrzeżeń, dokonanych na pewnym znanym obszarze, możemy ustawić prognozę pogody na dzień następny, jednak tylko z większem lub mniejszem prawdopodobieństwem. Przyczyny zjawisk meteorologicznych są bowiem tak zawite, że meteorologii nie uda się nigdy osiągnąć tej dokładności, jaka istnieje w astronomii, która jest w stanie np. zaćmienie słońca lub pojawienie się komety obliczyć dokładnie na dzień i sekundę.

Jakkolwiek prawa przyrody są wobec nas potęgą, której nie zdołamy nigdy przełamać, jakkolwiek wspomniane zdobycze naukowe wobec tej potęgi tylko skromny przedstawiają dorobek ludzki, to jednakże badania w tym kierunku mogą mieć wielką doniosłość i przynieść nieocenioną korzyść. Gdyby tylko przepowiednie pogody służyć mogły na to, aby ludzi nieraz uprzedzić przed groźcem niebezpieczeństwem lub przeciwdziałać spadającej na łany nasze klęsce, spowodowanej siłami żywiołowemi, czy nie byłaby to korzyść olbrzymia?

I to jest właśnie szczytnem zadaniem nauki: zbadać jak najdokładniej prawa, rządzące zjawiskami, rozpoznać przyczyny i skutki tych zjawisk i badania te zużytkować dla dobra ludzkości. A w tym celu należy — wyrażając się najogólniej — poznać związki, zachodzące pomiędzy przestrzenią a czasem.

Związki, o których tu jest mowa, zawierają prawa ruchu. Źródła pierwotnego, z którego te prawa się wyłoniły, szukać należy w nauce, co do przepowiedni naukowych najstarszej: w astronomii. Aczkolwiek tę naukę narody starożytne stosunkowo znacznie rozwinęły, to jednakże jej podstawy były błędne i nie wpłynęła ona w starożytności na rozwój mechaniki samej, to jest tej nauki, która zajmuje się prawami ruchu. Dopiero nieśmiertelne dzieło Mikołaja Kopernika (1473—1543) było tą dźwignią, która z toni martwoty wiekowej wydobyła skromną spuściznę mechaniki Archimedesowej (287—212) i podniosła ją do wyżyn trwałej żywotności.

Jan Kepler (1571—1630), opierając się na nauce Kopernika oraz długoletnich spostrzeżeniach astronoma Tycho de Brahe (1546—1601), odkrył trzy sławne prawa, noszące jego nazwisko. Te prawa określają wprawdzie ruch planet w układzie słonecznym, nie są jednakże wyrazem związków prostych pomiędzy przestrzenią a czasem. Dopiero przełomowe badania Galileusza (1564—1642) stworzyły podstawę w tym kierunku. Na słynnej wieży Pizańskiej badał on prawa spadania ciał i wykazał, że drogi przebieżone przez ciało swobodnie spadające, są proporcjonalne do kwadratów czasów spadania. Legenda głosi, że gdy znajdował się na nabożeństwie w kościele florenckim Santa Croce, obserwował wahanie zwieszającego się świecznika i wykrył prawo, że czas wahnięcia, który mierzył uderzeniami swojego puls, jest niezależny od przebieżonej drogi wahadła; znaczy to, że wychylenie wahadła może być większe lub mniejsze, ale czas wahnięcia pozostaje zawsze jednaki. Następnie zużytkował on to odkrycie do konstrukcyi i regulowania zegarów. Bardzo ważne były jego badania w dziedzinie balistyki, szczególnie nad zagadnieniem rzutu ukośnego. Kamień, rzucony w górę ukośnie względem poziomym, nie porusza się w przestrzeni po linii prostej, lecz, ulegając działaniu siły ciężkości, zakreśla drogę zakrzywioną, która ma kształt paraboli, o ile ruch odbywa się bez oporu powietrza. Gdyby nie było działania siły ciężkości, kamień poruszałby się po prostej, a drogi, przebieżone w równych okresach czasu, byłyby równe; ale kamień spada, i to podług tego samego prawa, któremu ulegają ciała swobodnie spadające.

Te skromne rozważania Galileusza nad rzutem ukośnym za-

wierają zasadę bezwładności, którą zwykle formuluje się w sposób następujący: Jeśli ciało jest raz w ruchu jednostajnym i prostoliniowym, to zachowuje ten ruch; tylko działanie siły może ten stan zmienić. To samo dotyczy stanu spoczynku ciała. Do tej zasady dołączył Newton (1643—1727) jeszcze inne zasady, z których jedna zawiera definicję siły. Nie podaję więcej z tych elementarnych wiadomości z fizyki, które są dostatecznie znane. Dodać tylko należy z naciskiem, że zasady te odnoszą się do przestrzeni bezwzględnej i czasu bezwzględnego.

Lecz jakie jest znaczenie tych dwóch pojęć? Postaramy się najpierw poznać bliżej pojęcie przestrzeni bezwzględnej.

Obok pojęcia ruchu jest nam dane bezpośrednio pojęcie spoczynku. Ale jedno i drugie są pojęciami względnymi. Wyobraźmy sobie np. osobę, stojącą w poruszającym się wozie tramwajowym. Osoba ta, ze względu na przestrzeń ograniczoną wozem, jest w spoczynku, ale odnośnie do ziemi razem z tramwajem w ruchu. Gdy zaś osoba ta przechodzi od przedniego pomostu do tylnego, i to z taką prędkością, jaką wóz posiada względem ziemi, jest ona w spoczynku ze względu na ziemię, pomimo ruchu wozu i własnego. Widzimy więc, że pojęcia ruchu i spoczynku są względne i zależne od przestrzeni, do której ruch lub spoczynek odnosimy, czyli — jak się wyrażamy — od układu odniesienia. W naukowych badaniach określa się układ odniesienia zapomocą trzech do siebie prostopadłych prostych, t. zw. osi, wychodzących z jednego punktu, który nazywamy początkiem układu. Te trzy proste wyznaczają równocześnie trzy wzajemnie do siebie prostopadłe płaszczyzny. Położenie punktu określają następnie trzy prostopadłe odległości punktu od tych płaszczyzn, tak zwane współrzędne punktu. Jeżeli te trzy współrzędne nie zmieniają się, to punkt względem układu odniesienia jest w spoczynku, w przeciwnym razie w ruchu.

Pomimo, że ani stałego punktu, jako początku, ani trzech stałych prostych definiujących stały układ odniesienia we wszechświecie nigdzie wskazać nie możemy, mówimy jednak o spoczynku i ruchu „bezwzględnym“. W naszej wyobraźni, świadomie lub nieświadomie, przyjmujemy np., że ściany sali, w której się znajdujemy, są w spoczynku i to „bezwzględnym“; przestrzeń zdefiniowaną trzema w jednym rogu schodzącymi się krawędziami określamy jako „prze-

strzeń bezwzględna“, a ruch odbywający w niej jako „ruch bezwzględny“.

Jest to — jak widzimy — rzecz umowy. Ściany tej sali nie są w spoczynku bezwzględnym, są one zbudowane na ziemi, a wiemy, że ziemia obraca się naokoło swej osi, a nadto wykonywa ruch postępowy dokoła słońca; słońce nasze poza tem również zmienia miejsce w stosunku do innych gwiazd, i t. d. A zatem i ta sala i nasz układ odniesienia, określony jako stały, znajdują się w ruchu. O ile uwzględnimy te ostatnie szczegóły, tj. o ile ruch odniesiemy do ruchomego układu odniesienia, natenczas ruch nazywamy „ruchem względnym“. Odnośnie do takiego ruchomego układu odniesienia, zasady poprzednio wymienione tracą swój prosty związek pomiędzy przestrzenią a czasem.

Prawdziwość zasad Newtonowskich, które odnoszą się do przestrzeni bezwzględnej, może być tylko sprawdzoną doświadczeniem. Lecz tu zachodzi trudność. Badać bowiem możemy jedynie ruch względny, bo tylko taki w rzeczywistości obserwujemy; lecz badanie to jest tylko wtedy możliwe, gdy znamy ruch układu odniesienia ze względu na jakikolwiek układ stały, którego nie możemy istotnie zdefiniować. Zdawałoby się zatem, że usiłowania nasze sprawdzenia doświadczeniem zasad mechaniki będą daremne.

Na szczęście przychodzi tu w pomoc pewna zasada, która dopiero w ostatnich latach stała się przedmiotem obszernej dyskusji, a mianowicie Zasada względności. Odkładając bliższe omówienie tej zasady do następnych wykładów, zaznaczam na razie tylko tyle, że na podstawie zasady względności można przyjąć, iż niektóre punkty we wszechświecie, np. środek kuli ziemskiej, znajduje się w spoczynku, pomimo, że zakreśla on pewną drogę. Polegając zatem na tej zasadzie, przyjmujemy w środku ziemi stały początek układu odniesienia, w miejscu zaś, w którym przeprowadzamy badania, obieramy ruchomy układ odniesienia, stale ze ziemią połączony. Kierunek osi obieramy tak, że jedna z nich wskazuje na wschód, druga na północ, a trzecia schodzi się z kierunkiem pionu.

Do tych dwóch układów odniesiemy zjawisko, które było przedmiotem badań bardzo dokładnych, stanowiących w rozwoju dynamiki może pierwsze badanie naukowe. Jest to poprzednio wzmiankowane zjawisko ruchu ciała opuszczonego z pewnej wysokości nad

powierzchnią ziemi. Ruch bezwzględny, odnoszący się do układu odniesienia, którego początek schodzi się ze środkiem kuli ziemskiej, przedstawia się następująco:

Ciało, opuszczone z pewnej wysokości, otrzymuje od obracającej się ziemi pewną prędkość początkową; gdyby ono podlegało tylko temu pierwszemu, przez ziemię nadanemu impulsowi, poruszałoby się na podstawie zasady bezwładności w przestrzeni „bezwzględnej“ po linii prostej. Gdyby zaś ciało nie otrzymało tej pierwszej prędkości, to, ulegając swojemu ciężarowi, spadłoby w kierunku pionowej. Ale i w warunkach rzeczywistych, jeśli czas trwania całego przebiegu jest bardzo krótki, droga ciała schodzi się z pionową i ruch odbywa się podług prawa, które odkrył Galileusz, a mianowicie, że drogi przez ciało przebieżone są proporcjonalne do kwadratów czasu spadania. Inne jednak zjawisko zauważymy, gdy przebieg będzie dłuższy. W tym przypadku występuje i wpływ impulsu nadanego ciału w chwili początkowej przez obrót ziemi. Ciało wtedy nie spadnie w kierunku pionu, tylko zachowywać się będzie tak, jak planeta okrążająca ziemię i widoczne jest, że spadnie na wschód od punktu, przez który pionowa przechodzi.

Taki będzie przebieg zjawiska w przestrzeni, zdefiniowanej stałym układem odniesienia. Odnośnie do układu ruchomego, t. j. dla widza, znajdującego się na powierzchni ziemi, stan początkowy będzie inny, mianowicie prędkość początkowa będzie równa zeru; widz, który razem ze ziemią się obraca, nie zauważy impulsu, który ciało otrzyma wskutek obrotu ziemi, lecz i on zauważy zboczenie ciała na wschód. I jak każde zjawisko w wszechświecie ma swoją przyczynę, tak i to zboczenie wschodnie przypisać można pewnej przyczynie, t. j. działaniu pewnej siły, wskutek którego ciało dozna wychylenia we wschodnim kierunku. Jest to t. zw. siła Coriolisa, nosząca nazwę od nazwiska badacza (1792—1843), który pierwszy tłumaczył w ten sposób zjawiska ruchu względnego. Obok wschodniego zboczenia ciała spadającego zachodzi jeszcze zboczenie na południe, które jest jednakże bardzo nieznaczące. Tłumaczy się ono również działaniem siły Coriolisa, a nadto pewną inną siłą, „chwilową siłą odśrodkową“.

Pomiary wschodniego wychylenia ciała spadającego, które wykonał Benzenberg około roku 1800 w Hamburgu, Reich roku

1831. we Freibergu w Saksonii i inni, wykazują bardzo dobrą zgodność teorii i doświadczenia.

Sprawie wychylenia ciała na południe poświęcili głównie uwagę Hall w roku 1902. w Cambridge (Amer.), w roku 1903. głośny astronom paryski Flammarion i Hagen w obserwatorium watykańskim w Rzymie. Zauważone zboczenia na południe są jednakże natury jeszcze nieco niepewnej. Dla największej wysokości spadu dotychczas użytej podaje teoria wartość wychylenia, której doświadczeniem swobodnego spadania ciał sprawdzić nie można, albowiem błędy pomiarów przewyższają tę wartość. Dodać jeszcze należy, że o ile czas spadania jest wystarczający na wystąpienie działania siły Coriolisa, czas ten jest za krótki, aby uwidocznić działanie chwilowej siły odśrodkowej.

Natomiast w całej pełni ujawnia się działanie ostatniej siły w innym wiekopomnym doświadczeniu, które w roku 1851. wykonał Foucault (1819—1868) w Paryżu. To doświadczenie jest bardzo proste. Na długim drucie stalowym zawieszona jest ciężka kula i wprowadza ją się w ruch wahadłowy; wtedy dostrzega się, że płaszczyzna wahadłowa wykonywa ruch obrotowy. Związek, jaki tu zachodzi pomiędzy czasem a przestrzenią przebieżoną przez płaszczyznę wahadłową, jest nader prosty. Płaszczyzna wahadłowa obraca się w tym samym kierunku co gwiazdy stałe na niebie i z tą samą prędkością, o ile obrót gwiazd odnosimy do pionowej.

O tym związku nieco obszerniej mówić będę w następnym wykładzie; dziś zakończę te rozważania tylko jeszcze uwagą, że wspomniane doświadczenia należą do tych niewielu doświadczeń dokładnych, które sprawdzają związki pomiędzy przestrzenią a czasem, a równocześnie badają, czy nasze założenia są prawdziwe lub nie.



## WYKŁAD DRUGI

Wstępne uwagi nad zasadą względności. Pojęcie czasu. Miara czasu. Katastrofa wszechświatowa. Rekonstrukcja zegarów. Modele zegarów. Zgodność teorii z doświadczeniem. Pierwsze ślady zasady względności. Względność czasu w szczególności. Analogie. Fale wodne, głosowe, świetlne. Eter.

W poprzednim wykładzie, przy rozpatrywaniu doświadczeń omawianych, uczyniliśmy założenie, iż mamy układ odniesienia obracający się razem ze ziemią, a dalej, że ten obrót odnosimy do układu stałego, którego początek schodzi się ze środkiem ziemi. Hipoteza stałego układu nie zgadza się z faktem, że ziemia wykonywa jeszcze ruch postępowy około słońca, który dla bardzo małych okresów czasu uważać można za prostoliniowy i jednostajny. Lecz na samym wstępie zaznaczyć trzeba, że nie mamy żadnej możliwości stwierdzenia doświadczeniem tego ruchu postępowego ziemi, jednakże dzięki właśnie tej niemożliwości otrzymujemy tak doskonałą zgodność teorii z doświadczeniem, wskutek której nauka Kopernika mogła w całej nauce zająć tak wszechwładne stanowisko. Wynika to, jak już wiemy, z zasady względności, która grozi zburzeniem zasad mechaniki Newtonowskiej, oraz obaleniem zdobytych pojęć przestrzeni i czasu. Takie jest mniemanie zdaje się przeważające w nowożytnej fizyce.

Będę się starał uprzystępnić zrozumienie tej zasady. Wszakże w tym względzie proszę nie liczyć na mnie, jak na Zawiszę Czarnego; gubią się tu nasze zwykłe pojęcia o przestrzeni i czasie, i właśnie dlatego tłumaczenie tej zasady będzie niedołęzne i mo-

zalne. Nie mogę więc robić nadziei, że to, co powiem o tej zasadzie, wyświecili ją należycie. Nie chcę jednakże wszystkim, którzy przekroczyli progi tej sali, przez to powiedzieć, aby zastosowali do siebie słowa Dantejskie: „Lasciate ogni speranza, voi ch'entrate.“ Raczej niech nam otuchy dodadzą słowa naszego poety: „Niech żywi nie tracą nadziei.“

Nie po raz pierwszy w nauce zmagają się dwa poglądy na świat. Wiecznie niespokojna myśl ludzka porzuca stare baśnie i toruje sobie nowe drogi, by na innych poglądach o przestrzeni i czasie oprzeć głębsze zrozumienie odwiecznych praw przyrody. Lecz jak ułomny szczudeł się trzyma i z ich pomocą każdy krok stawia, tak i my, istoty niedoskonałe, chcąc się posunąć ku krainie nowych pojęć, posługiwać się będziemy dotychczasowymi, choćby sztucznymi poglądami. Może z czasem, przy większej wprawie i większej doskonałości, uda nam się pozbyć tych szczudeł, lecz na razie ich jeszcze nie porzucamy.

Z wywodów poprzedniego wykładu wiemy, że jeśli mówimy o przestrzeni, to tylko mieć możemy na uwadze przestrzeń względną. Natomiast pojęcie czasu zachodziło w znaczeniu bezwzględnem. Czy rozważania nasze o ruchu odnoszą się do układu stałego, czy też do układu ruchomego, czas, w którym zjawisko się odbywa, jest jeden i tamsam. Zasada względności nie uznaje tej formy czasu i może głównie z tej przyczyny sprawia tyle trudności w zrozumieniu.

Dotychczas wogóle nie poruszyłem pojęcia czasu w moich wywodach; ze względu jednak na nowe pojęcie, z którym oswoić się trzeba, jest wskazane, zdać sobie jasno sprawę z dotychczasowego pojmowania czasu. Najpierw co do samego pojęcia czasu — to łączy się ono jaknajściślej z treścią naszego życia świadomego. Powtarzanie pewnych wrażeń, ich zmiana, przejście do innych wrażeń — są to objawy naszego życia świadomego. Mówimy o pewnym stanie duszy, który trwa i mija, — występują tu objawy psychiczne we formie czasu. Tak ujęte pojęcie czasu jest czysto subiektywne i można je określić jako pojęcie psychologiczne. Tak pojmowany czas nie nadaje się jednakże do mierzenia, a w ogólności mają dla nas wartość rzeczywistą tylko takie pojęcia, które dają się ująć miarą. Czynimy bowiem na sobie doświadczenie, że nieraz chwile



w odczuciu stają się godzinami i latami, i na odwrót lata szczęścia i zadowolenia mijają jak chwile; w tych razach tracimy zupełnie istotną miarę czasu.

Miarę czasu, o ile ma ona mieć dla nas znaczenie realne, winniśmy oprzeć na zjawiskach fizycznych. Zmiana położenia ciała w przestrzeni łączy się ściśle z pojęciem czasu. Wszelki przebieg ruchu ma w ogólności początek i koniec, ograniczony jest stanem początkowym i końcowym. Okres trwania przebiegu, tj. czas, jaki upływa pomiędzy początkiem a końcem zjawiska ruchu, wyznaczamy np. zapomocą zegarka. Do posługiwania się tym przyrządem tak bardzo przywykliśmy, że nie uczuwamy nawet potrzeby zdawania sobie sprawy co do podstaw, na których mierzenie czasu się opiera.

Przypuśćmy jednakże, iż wskutek jakiejś wielkiej katastrofy we wszechświecie, np. wskutek zawieruchy wojennej, wszystkie zegary ulegną gruntownemu uszkodzeniu, a dalej, że wskutek tych wydarzeń, niebo nie chcąc patrzeć na dzieło zniszczenia przez barbarzyńców na bujnych ziemiach ojczystych dokonywane, straci swe pogodne oblicze i zakryje się ciemną chmurą wstydu, przez którą ani słońce ani żadna gwiazda swoich promieni przebić nie zdoła. Dajmy na to, że nasz świat taki wygląd mieć będzie.

Powoli ludzie przyzwyczajają się do tego nowego stanu rzeczy; spokojni pracownicy, ochłonawszy z przestachu spowodowanego rozpasaniem się żywiołów dzikich i instynktów barbarzyńskich, powrócą do swoich pracowni, które im wszechwładne rządy wojskowe w stanie zdemolowanym łaskawie z powrotem oddadzą, i zaczną jak dawniej poświęcać się spokojnym badaniom. Przypuśćmy przytem, że ta katastrofa nie wyrze żadnego wpływu ujemnego na siły intelektualne tych spokojnych badaczy, którzy w swoich badaniach opierają się na wiedzy zdobytej w erze przed katastrofą.

Fizycy, mechanicy, astronomowie mają przedewszystkiem życzenie, doprowadzić zegary swoje do biegu normalnego. Przed katastrofą posługiwali się w tym celu obserwacją położenia gwiazd na sklepieniu niebieskiem, które teraz jednakże nie świecą. W ich pracowni panuje ciemność, posługują się lampką elektryczną. Wtem, gdy robią przegląd swojego inwentarza ocalonego, pada ich wzrok na przyrząd, na którym w błogiej erze przed katastrofą demonstrowali najprostsze związki pomiędzy przestrzenią a czasem, a równo-

cześnie myśl się rodzi, by zapomocą tego przyrządu — spadkownicy Atwooda — uregulować bieg zegaru instytutowego. Postępują w sposób następujący: Ustawiają przyrząd jak należy, opuszczają z górnej podstawki ciężarek i równocześnie notują sobie w pamięci chwilę, którą ich zegar wskazuje; potem czynią to samo, gdy ciężarek stuknie o dolną podstawkę, której odległość od górnej odczytują na skali metrowej przymocowanej do spadkownicy. Następnie, na mocy wzoru, który tu zachodzi pomiędzy tą odległością, tj. drogą przebieżoną, a czasem, mogą obliczyć czas spadania w jednostkach sekundowych i sprawdzić, czy ich zegar wskazuje tę samą ilość jednostek.

Ten sposób mierzenia czasu jest bardzo niedokładny i niedogodny, a oprócz tego nie daje łączności dwóch bezpośrednio po sobie następujących okresów. Lepszy model zegaru stanowić będzie wahadło Foucaulta. Będzie to chronometr, przyrząd do mierzenia czasu, który polega na ruchu obrotowym i jednostajnym, który nadto jest zupełnie niezależny od siły ciężkości. Jeżeli płaszczyzna wahadłowa zakreśli kąt (mierzony łukiem na kole o promieniu jeden) wynoszący  $24.3600.0,000073 \sin \varphi$ , gdzie  $\varphi$  jest szerokością geograficzną danej miejscowości, wtedy okres czasu, w którym ten obrót się dokonywa, stanowić będzie dobę gwiazdową. Podług tej doby gwiazdowej względnie jej części mechanicy będą mogli następnie doprowadzić bieg mechanizmu zegarów do dawniejszego stanu.

W erze przed katastrofą, kiedy jeszcze gwiazdy świeciły pogodnie na niebie, inne zjawisko we wszechświecie regulowało bieg zegarów. Był to obrót gwiazd stałych na niebie, który się odbywał z taką samą prędkością, jak poprzednio wspomniany obrót płaszczyzny wahadłowej. To zjawisko na sklepieniu niebieskiem było od niepamiętnych czasów przedmiotem badań naukowych, a w czasach bardzo odległych, kiedy jeszcze zegarmistrzów na świecie nie było, dla człowieka jedyną miarą czasu.

Powyższe wywody należą do bajek, ale jak każda bajka, tak i opowiedziana ma swój sens ukryty. Opisane w niej modele zegarów z pewnością nigdy nie będą urzeczywistnione jako istotne zegary, mają one tylko pokazać, w jaki sposób zjawisko przyrody, odbywające się w przestrzeni i czasie, może służyć do pomiaru czasu. Mechanizm naszych zegarów jest ostatecznie tak skonstruo-

wany, że idzie co do czasu niejako śladem zjawisk tu opisanych. A stąd się też tłumaczy zgodność teorii z doświadczeniem: zegary, używane przy badaniu zjawisk przytoczonych, tworzą pod względem czasu modele tychże zjawisk, więc też nic dziwnego, że model naśladowujący bieg czasowy zjawiska, wykazuje zgodność, równoległość zupełną pod względem czasu z tem zjawiskiem. I tak będzie w całej mechanice klasycznej.

Atoli są pewne zjawiska, gdzie te zegary zupełnie zawodzą, a mianowicie te zjawiska, w których występuje nowożytna zasada względności. Powiadam nowożytna, albowiem pierwsze jej ślady znajdujemy w zasadach dynamiki, o których mówiłem w poprzednim wykładzie, a dzięki której mamy powyższą zgodność teorii z doświadczeniem. Przypomnijmy sobie, że zjawiska spadania ciał i obrotu płaszczyzny wahadłowej niezależne są od ruchu postępowego ziemi. Otóż tu występuje zasada względności w swej pierwotnej postaci.

Niezależnie od wspomnianych doświadczeń rzecz przedstawia się następująco:

W naszej nieudolności pomyślmy sobie stały układ spółrzednych, obok tego dwa ruchome układy, których osi schodzą się z kierunkami osi układu stałego względem którego obydwa układy ruchome niech się posuwają z jednostajnymi prędkościami „bezwzględnymi“  $v$  i  $v'$ . Z tymi ruchomymi układami niech będą ściśle połączeni obserwatorowie  $A$  i  $B$ . Wtedy  $A$  może słusznie twierdzić, że znajduje się w spoczynku, a  $B$  wobec niego posuwa się z prędkością  $v' - v$ . Tęsamem prawem może jednak i  $B$  o sobie twierdzić, że spoczywa w przestrzeni, a  $A$  wobec niego posuwa się z prędkością  $v - v'$ . I gdyby  $B$  pozwał swego kolegę  $A$  do odpowiedzialności za takie twierdzenie przed sąd do spraw naukowych, to sędzia, aczkolwiek sam miałby wątpliwości, nie mógłby stosować zasady: „in dubio pro reo“ — „w razach wątpliwych na korzyść oskarżonego“, — co najwyżej mógłby zalecić obydwom ugodę w drodze umowy wzajemnej, np. mogliby naprzemian swoje zapatrywania zmieniać; w ten sposób ani  $A$  ani  $B$   $r^2$  byłby poszkodowany.

Takiego bezstronnego osądzenia sprawy wymagają paragrafy praw ruchu, a mianowicie § 2. kodeksu Newtona „Axiomata sive leges motus.“ Ten paragraf stosować można do układu stałego, pozostającego w „bezwzględny“ spoczynku“ i równocześnie do układu

będącego w ruchu jednostajnym i prostoliniowym. Otóż tu występują pierwsze ślady zasady względności. Pojęcie przestrzeni bezwzględnej nie ma żadnej racyi bytu, co najwyżej jest to rzecz umowy, którą wprowadza się dla dogodności rachunkowej. Czas jednakże, który zachodzi w paragrafach Newtonowskich, występuje we formie bezwzględnej, t. zn. że  $A$  i  $B$  mają czas jednaki, który jest niezależny od ruchu, w którym  $A$  i  $B$  udział biorą. Ich zegarki, którymi się posługują przy badaniach zjawisk, dostosowane są do tych zjawisk, a więc i bieg tych zegarków jest niezależny od ruchu przestrzeni, w których  $A$  i  $B$  czynią doświadczenia.

Inaczej ma się rzecz w nowożytnej zasadzie względności. Tu występuje czas podobnie jak przestrzeń, tylko w formie względnej i jest zależny od ruchu wzmiankowanych przestrzeni. Powiedzenie tego rodzaju, że  $A$  i  $B$  „równocześnie“ to a to widzą, nie ma żadnego znaczenia, bo każdy ma inny czas. Jeśli  $A$  mówi: Mam rendez-vous o godzinie 7-mej w tej sali, to dla  $B$  ta godzina nie istnieje, dla niego, który ma inną rachubę czasu, jest to zupełnie inna godzina.

W celu uprzyśtępnienia tego nowego pojęcia czasu, zachodzącego we formie względnej, wykonamy następujące doświadczenie myślowe:

Obok mnie  $A$  niech znajduje się kolega  $B$ ; obaj posiadamy dokładnie skontrolowane zegarki, które wskazywać mają czas słoneczny i, dajmy na to, że słońce znajduje się właśnie w płaszczyźnie południka, a więc jest godzina 12. w południe. W tej chwili  $B$ , bardzo silny w nogach, zaczyna biec ku zachodowi z taką prędkością, że widzi słońce stale w punkcie kulminacyjnym; będzie mu więc ono stale wskazywać godzinę dwunastą, natomiast jego zegarek w kieszonce pokazywać będzie czas, jaki ma  $A$ , zgodny z czasem, który  $A$  odczytuje z położenia słońca na sklepieniu niebieskiem. Zatem  $A$  i  $B$  posługują się jednym i tem samym zjawiskiem, tj. biegiem słońca na sklepieniu niebieskiem,  $A$  pozostaje w miejscu,  $B$  idzie razem ze zjawiskiem. Dla każdego słońce ma inne położenie, świeci inaczej i inne wskazuje godzinę.

W celu lepszego zaznajomienia się z postulatem nowożytnej Zasady względności przytoczę jeszcze inny eksperyment myślowy, zupełnie równoległy do poprzedniego. Niechaj  $A$  i  $B$  posługują się

wahadłem Foucalta jako zegarem.  $A$  niech się znajduje w spoczynku; wtedy czas, który jemu położenie płaszczyzny wahadłowej wskazuje, będzie identyczny z czasem gwiazdowym i zgadzać się będzie, caeteris paribus, z biegiem mechanizmu jego zegarka kieszonkowego.  $B$  zaś niech postępuje za obrotem płaszczyzny wahadłowej. Jeśli odnośnie do niego, jako do układu ruchomego, płaszczyzna wahadłowa nie zmienia swego położenia, wtedy mu wahadło wskazuje zawsze jedną i tą samą godzinę. Jeśli  $B$  wolniej się posuwa, aniżeli się obraca płaszczyzna wahadłowa, wtedy zauważy on obrót płaszczyzny, która w miarę rosnącego względem niego kąta obrotowego, wskazywać będzie jemu czas w tej samej mierze rosnący, ale który, jak widzimy, zależny będzie od prędkości, z jaką się  $B$  naprzód posuwa, czyli — ogólniej się wyrażając — od prędkości układu odniesienia, w którym  $B$  zjawiska opisuje.

Jeśli zatem  $A$  i  $B$  oznaczają czas jednym i temsamem zjawiskiem, czy to z położenia słońca na niebie, czy też z położenia płaszczyzny wahadłowej, (— w każdym razie przy pomocy współrzędnych miejsca, które są wielkościami względnymi —), to i czas będzie wielkością względną.

Atoli to pojęcie czasu względnego nie zachodzi w równaniach starej mechaniki. Tu rzecz się tak przedstawia:

$A$ , w celu oznaczenia czasu, może się posługiwać zegarem niebieskim lub obrotem wahadła Foucaulta,  $B$  jednakże, który jest w ruchu, nie może w tym celu posługiwać się temi zjawiskami, tylko znowu zegarkiem kieszonkowym; a oprócz tego wymaga klasyczna mechanika, aby bieg chronometrów obserwatorów  $A$  i  $B$  dostosowany był do obiegu słońca, względnie gwiazd lub do obrotu płaszczyzny wahadłowej, i to odnośnie do układu będącego w spoczynku. Czas, który te zegarki pokazują, jest pozatem niezależny od jakiegokolwiek ruchu. Tak zdefiniowany czas, będzie to czas „bezwzględny.“

Ta forma czasu, jak już zaznaczyłem, jest nowożytnej zasadzie względności zupełnie obca. Lecz jakkolwiek, w celu uprzyśtępnienia fizycznego pojęcia czasu względnego, posłużyłem się w wywodach zjawiskiem obrotu gwiazd, względnie płaszczyzny wahadłowej, to jednakże w nowożytnej zasadzie względności nie opiera się miara czasu na tych zjawiskach.

Spekulacje, z których wyłoniła się zasada względności, mają pomiędzy innymi za podstawę zjawisko rozchodzenia się światła.

Nim przejdę do omówienia tego zjawiska, wspomnę najpierw o niektórych analogiach, jakie istnieją pomiędzy niem a innymi zjawiskami; nie zapominajmy bowiem o tem, że nasze interpretacje zjawisk polegają tylko na analogiach, na tworzeniu pewnych modeli, które nam tłumaczą zjawiska w sposób obrazowy. I tak, odnośnie do zjawiska rozchodzenia się światła, znajdujemy niektóre analogie w zjawiskach następujących:

Jeśli wrzucimy kamień do wody, to powstaje w wodzie pewne zaburzenie, które następnie rozchodzi się w postaci fal kołowych. Analogią do tego zaburzenia w wodzie jest zaburzenie, które rozchodzi się w powietrzu i tworzy fale dźwiękowe. Powstają one w ten sposób, że następuje w jednym miejscu zgęszczenie, a w innym rozrzedzenie powietrza. Każda cząsteczka powietrza wykonywa ruch wahadłowy, drgający w pewnych granicach około pewnego położenia równowagi. Ten ruch drgający udziela się następnie sąsiednim cząsteczkom, aż w końcu dochodzi do naszego ucha i wywołuje wrażenie dźwięku.

A teraz wyobraźmy sobie, że z przestrzeni, w której te fale się rozchodzą, usuniemy powietrze, wtedy nie będzie w tej przestrzeni ośrodka, które przenosi te fale; w istocie wiemy, że w próżni głos się nie rozchodzi. Natomiast lampka elektryczna, która znajduje się w tej przestrzeni z powietrza opróżnionej, nadal oświetlać będzie tę przestrzeń, czyli, że promienie światła, które ta lampka wysyła, rozchodzą się w próżni.

I jak kamień wrzucony do wody wywołuje fale biegnące po wodzie, jak stuknięcie o stół jest powodem pewnego zaburzenia w powietrzu, które następnie rozchodzi się w tymże ośrodku jako fala głosowa, tak i lampka żarowa jest źródłem pewnych zaburzeń, które jako fale świetlne rozchodzą się w próżni. Lecz trudno sobie wyobrazić, że ten przebieg świetlny odbywa się w próżni, w której niema żadnej substancji, któraby przenosiła fale świetlne. W naszej bezradności, aby zadowolić potrzebę uzmysłowienia zjawiska światła, wyobrażamy sobie tedy, że nasze pompy tylko powietrze z przestrzeni usuwają, natomiast pozostaje pewna substancja, która prze-

nika wszystkie ciała, i która nietylko tę próżnię szczelnie wypełnia, ale cały wszechświat. Substancję tę nazwano eterem.

Próżnia zatem nie jest pusta, tylko wypełniona eterem, będącym ośrodkiem, w którym rozchodzi się promieniowanie. Obecność powietrza temu promieniowaniu przeszkadza tylko w bardzo małej mierze. To też, choćby ze względu na nas, napuśćmy do naszej przestrzeni znowu powietrza i zaczerpnijmy świeżych sił do następnego wykładu, w którym wykonywać będziemy nowe doświadczenia myślowe.



## WYKŁAD TRZECI.

Zjawiska w przestrzeni ruchomej. Inne modele zegarów. Zaburzenie w eterze. Einstein, H. A. Lorentz. Wyniki doświadczeń Michelsona i Fizeau'a. Ocean eterowy. Eteroplany. Niektóre konsekwencje, wynikające z zasady względności. Zasada względności a mechanika. Jowisz i Minerwa (bajka). Zasada względności a doświadczenia. Chronometry. Chronometr uniwersalny. Słowo końcowe.

W doświadczeniach, które w myśli wykonaliśmy na ostatnim wykładzie, przyjęliśmy milcząco, że przestrzeń, w której rozpatrywaliśmy rozchodzenie się fal wodnych, głosowych i świetlnych, znajduje się w spoczynku. Wiemy, że to jest tylko fikcja. Ale cóż będzie, jeśli zbliżymy się do rzeczywistości i uprzytomnimy sobie, że przestrzeń, w której odbywają się wspomniane zjawiska, jest w ruchu?

Wyobraźmy sobie wielki zbiornik wody i przypuśćmy, że środek powierzchni jest miejscem zaburzenia, które rozchodzi się w postaci fal po powierzchni wody. Gdy przesuwać będziemy ten zbiornik wody wraz z falami, czy te fale znikną? — Nie. — Czy przybiorą inny kształt? — Także nie. — A więc to przeniesienie ośrodka fal wodnych, nie wpływa wcale na to zjawisko.

A teraz dajmy na to, że na tem zjawisku chcemy oprzeć miarę czasu, a raczej chcą to uczynić nasi obserwatorzy  $A$  i  $B$ , których poznaliśmy w poprzednim wykładzie. Mogą to skutecznie w sposób następujący: Przypuśćmy, że  $B$  zaczyna czas liczyć w chwili, w której pierwsza fala wychodzi ze źródła zaburzenia;



po upływie pewnego czasu  $t$  osiągnie ona promień  $R$ ; wtedy czas, który upłynął od chwili początkowej, otrzyma, jeżeli promień  $R$  podzieli przez prędkość, z jaką fala biegnie po wodzie. Czas, wyznaczony w ten sposób, będzie niezależny od prędkości, z jaką się zbiornik razem z obserwatorem  $B$  wobec  $A$  porusza. Jeżeli  $A$  względem  $B$  jest w spoczynku i ma podobny zbiornik i mierzy czas w ten sam sposób, to otrzyma ten sam czas  $t$  co  $A$ .

Podobnie będzie, jeśli w celu określenia czasu, posługiwać się będziemy falami głosowymi, jednakże pod warunkiem, że ośrodek, w którym się fale rozchodzą, przesuwa się razem z układem odniesienia, i to z tą samą prędkością, co układ. Na tem polega okoliczność, że koncert, odbywający się w jadącym pociągu, czyni na jadących, co do wysokości tonu i barwy to samo wrażenie, co koncert słyszany w ogrodzie.

O ile mielibyśmy proste sposoby do obserwowania fali głosowej, moglibyśmy z promienia  $R$ , o który się fala posunie i prędkości głosu, tj.  $V=333$  metrów na sekundę, wyznaczyć czas na podstawie stosunku  $\frac{R}{V}$ . Czas, który w ten sposób wyznaczyliby  $A$  i  $B$ , będzie identyczny. Przy posługiwaniu się tem zjawiskiem jako zegarem będzie jednakże rzeczą racjonalną, oprzeć na niem jednostkę czasu, tj. sekundę. Sekunda będzie to czas, w którym fala głosowa przebieży promień o długości 333 metrów, i będzie ona identyczna ze sekundą, która nam określa zjawisko obrotu płaszczyzny wahałowej.

Wspomniane zjawiska rozchodzenia się fal wodnych i głosowych podlegają zatem związkowi, jaki zachodzi pomiędzy przeszerzeniem a czasem w Newtonowskiej, względnie klasycznej mechanicy.

Innemu związkowi podlega zaburzenie w eterze, czyli zjawisko światła.

Na samym wstępie narzuca się pytanie, czy eter jest w spoczynku czy w ruchu? Fresnel (1788—1827), współtwórca teorii falowej światła, przyjął, że eter znajduje się w bezwzględny spoczynku. Jeśli ziemia zakreśla drogę około słońca, to eter nie bierze udziału w tym ruchu, on spoczywa, i to bezwzględnie. W tym przypadku jednakże powinno wystąpić zjawisko, analogiczne do następującego: Gdy jedziemy szybkim automobilem, odnosimy wrażenie, jakobyśmy się znajdowali w prądzie powietrza. A zatem, jeśli ziemia

przerzyna ocean eteru, to winien powstać „prąd eterowy“. Doświadczenie wykazało, że istnieje zupełna „cisza eterowa“, tak, jakby eteru wogóle nie było. A może — i niema tego eteru naprawdę, może to jest fikcja niepotrzebna? I istotnie do takiej konkluzji dochodzi *Einstein*, który wywołał tę olbrzymią dyskusję nad zasadą względności.

Przed nim zapoczątkował tę kwestyę holenderski fizyk *H. A. Lorentz*. Punktem wyjścia jego rozważań było doświadczenie, które miało wykazać istnienie owego prądu eteru. To doświadczenie wykonał w roku 1881. amerykański uczoney *Michelson* w Chicago. Ono potwierdza, że fala świetlna zawsze rozchodzi się w kształcie kuli i z jednostajną prędkością, bez względu na to, czy źródło światła i obserwator znajdują się w układzie spoczywającym czy ruchomym, lecz nie potwierdza hipotezy, że eter, tj. ośrodek, w którym się te fale rozchodzą, razem z układem się przesuwa. Przeciwno tej hipotezie świadczy zjawisko, które określa się mianem aberracji światła. Nie możemy nad tą sprawą rozwódzić się tu obszerniej; nadmienimy tylko, że sam *Fresnel* miał to przekonanie, iż posuwające się źródło światła nie może unosić ze sobą eteru, a dalej z hipotezą ruchomości eteru nie można również pogodzić pewnego doświadczenia, które wykonał *Fizeau* w roku 1851. Zresztą nawet kwestya, czy eter wogóle istnieje lub nie, nie jest jeszcze dostatecznie wyświetlona. Badania niektóre zdają się przemawiać za tem, że przyjęcie eteru jest zbyt czyste, że trzeba będzie raczej powrócić w pewnym stopniu do teorii emanacyjnej, której rzecznikiem był *Newton*.

Pozostawiając tę kwestyę sporną na uboczu, dla dogodności możemy zatrzymać hipotezę eteru i wyobrazić sobie, że cały wszechświat jest oceanem eterowym. Możemy sobie dalej wyobrazić, że jak piraci łodziami podwodnymi w głębinach morskich się unoszą, jak w ocean powietrzny wzbijają się aeroplany, że tak samo nasi obserwatorowie *A* i *B* poruszają się w odpowiednich „eteroplanach“ swobodnie w oceanie eterowym, względem siebie ruchem jednostajnym i prostoliniowym. W chwili, w której się spotykają, dają sygnał świetlny, czem wywołują zaburzenie w eterze. Obserwator *A* może twierdzić i to zupełnie słusznie, że odnośnie do eteru znajduje się on w spoczynku bezwzględnym. Uzbrojony w odpowiednie lunety

widzi zaburzenie w eterze rozchodzące się w falach kulistych z prędkością wynoszącą 300000 kilometrów na sekundę, a co do siebie ma przekonanie, że znajduje się w środku fali kulistej. Ale tem samym prawem co  $A$  może i  $B$  o sobie twierdzić, że znajduje się względem eteru w spoczynku bezwzględny, a stąd wypytywa wniosek, że i dla  $B$  to zaburzenie rozchodzi się z prędkością wspomnianą, i że  $B$  również znajduje się w środku fali kulistej. Obydwaj obserwatorowie posługują się tem zjawiskiem do mierzenia czasu. Jako jednostkę uważają czas, w którym fala świetlna przebieży promień o długości 300000 kilometrów. Co do jednostki długości, to jest ona dla  $A$  i  $B$  ta sama, którą my mieszkańcy ziemi się posługujemy. Przyjmijmy zatem, że lotnicy eterowi  $A$  i  $B$  mają w swoich eteroplanach metry międzynarodowe, którymi mierzą długość promienia fali kulistej, — to następnie z tej długości i prędkości rozchodzenia się fali świetlnej mogą wyznaczyć czas.

Nam, którzy nie znajdujemy się w eteroplanach, którzy nie tylko stopami ale i myślami opieramy się o naszą ziemię, zdawać się będzie, że  $A$  i  $B$  otrzymają czas jednaki. Tymczasem jest inaczej.  $A$  i  $B$  obserwują jedno i to samo zjawisko, ale każdy z nich otrzymuje inny, swój własny czas.

Czas obserwatora  $A$  i czas obserwatora  $B$  są na podstawie zasady względności ze sobą w pewnym związku, który zależy od ich wzajemnej prędkości. Mamy tu podobieństwo do tego, co powiedziałem na poprzednim wykładzie przy ilustrowaniu pojęcia czasu względnego z pomocą wahadła Foucaulta. Jednakże przypomnijmy sobie, że ten czas względny nie zachodzi w zjawiskach opisywanych w mechanice. Natomiast na tej względności czasu polega tłumaczenie niektórych zjawisk świetlnych, którychby inaczej zrozumieć nie było można. W związku też z temi zjawiskami wyłoniła się kwestya, czy nie trzeba wprowadzić tej względności czasu do badania wszelkich zjawisk. Wtedy wszystkie zjawiska zachodziłyby we względnej przestrzeni i we względnym czasie.

Ale tak pojęty świat miałby zupełnie inny wygląd, aniżeli świat przez nas widziany. Wspomnę tylko o dwóch konsekwencyach, które na podstawie rachunku wynikają z tej nowej koncepcji czasu względnie z nowożytnej zasady względności.

Niech się znowu jawią nasi obserwatorowie  $A$  i  $B$ . Wiemy,

że posiadają oni metry międzynarodowe, które niech się znajdują w ich eteroplanach w kierunku ich wzajemnego ruchu. Wtedy  $A$  i  $B$ , oddzielnie, będą mieli metry tej samej długości, ale konsekwencya wprowadzonej względności czasu, jak rachunek wykazuje, będzie ta, że dla  $A$ , metr, którym się  $B$  posługuje, stanie się krótszy. Im szybciej  $B$  wobec  $A$  poruszać się będzie, tem krótszy będzie ten pręt dla  $A$ , a jeśli  $B$  przebiegać będzie ocean eteru z prędkością światła, wtedy ten pręt dla  $A$  przestanie istnieć, długość jego będzie dla niego równa zeru. Ale i  $B$  równocześnie stwierdzi, że dobiegł wobec  $A$  granicy prędkości w swoim ruchu. Prędkości światła, z którą  $B$  wobec  $A$  wtedy się porusza, już nie może on przekroczyć, osiągnął bowiem granicę prędkości możliwych we wszechświecie.

Inne zjawisko, również bardzo znamienne w świetle nowożytnej zasady względności, jest następujące:

Niech  $B$  ma przyrząd, zegar, który sekundy wybija. Dla  $A$  będą okresy pomiędzy poszczególnymi uderzeniami tego przyrządu inne, aniżeli sekundowe, a mianowicie dłuższe, gdy  $B$  się oddala, i tem dłuższe, im szybciej  $B$  wobec  $A$  się porusza. Wyobraźmy sobie tedy planetę, której ruch wobec ziemi jest prostolinijny i jednostajny, to życie nasze obserwowane przez mieszkańca owej planety płynie wolniej, — starzejemy się i siwiejemy w wolniejszym tempie. Im szybciej mieszkańiec owej planety od nas się oddala, tem dłuższe wszelkie zjawiska, które na ziemi dostrzega, dla niego mają trwanie, a gdy osiągnie prędkość światła, wtedy ustaną dla niego wszelkie zmiany na ziemi. Jeśli w tej chwili ujrzałby na naszym padole płaczu i łączy róże kwitnące, to one już nigdyby nie zwiędły, a gdyby w tej chwili dziewica ziemską rozgorzała miłością, to już miłością wieczną..., ale tylko dla niego, mieszkańca owej planety.

Tak się przedstawia nowożytna zasada względności wobec niektórych z niej wypływających konsekwencyj. Jest to spekulacja, która znajduje pewne potwierdzenie w zjawiskach świetlnych, elektrycznych i magnetycznych. Zachodzi jednak kwestya, czy tę zasadę można z reguły stosować do zjawisk zwykłej mechaniki, do zjawisk naszego życia. Są tacy, którzy dają temu wiarę, którzy utrzymują, że zegarki, które razem z ich właścicielami przesuwają się w przestrzeni, bieg swój zmieniają, że czas, który nasze zegarki wskazują, jest istotnie

w zasadzie inny, aniżeli czas, jaki wskazuje zegarek osoby będącej we względnym spoczynku wobec osoby będącej w ruchu.

Tak wprawdzie byłoby, gdyby bieg naszych zegarków stosował się ściśle do przebiegu zaburzeń w eterze.

Atoli bieg naszych zegarów dostosowany jest do ruchu obrotowego płaszczyzny wahadłowej, ruchu zupełnie równoległego do obrotu gwiazd na niebie, zasada względności zaś nie obejmuje tego ruchu; temsamem zjawisko, jakie wykazuje wahadło Foucaulta, jest niezależne od tej zasady. O ile jednak definicya jednostki czasu polega na względnym obrocie układu odniesienia, o ile ta sama jednostka miałaby i przy zastosowaniu względności, zachować swoje pierwotne znaczenie, — to w tej samej mierze i w zasadzie względności tkwi ruch obrotowy, który to ruch ta zasada równocześnie wyklucza. Zachodzi tu bowiem pewna sprzeczność, która jeszcze więcej na jaw wystąpi, gdy wykonamy pewien eksperyment myślowy.

Eksperymenty tego rodzaju nie mają wprawdzie tej mocy i znaczenia, co rzeczywiste, jednakże, oparte na zasadzie względności i logicznie przeprowadzone, nie powinny prowadzić do żadnej sprzeczności z tą zasadą.

Na czoło naszego nowego eksperymentu wysuwamy zjawisko obrotu płaszczyzny, z którym zasada względności nic niema wspólnego. Nadto, jak wiadomo, zjawisko to jest zupełnie niezależne od ruchu postępowego ziemi. Z tego to powodu przyjmijmy, że nasza ziemia zatraci swój ruch postępowy, zachowa jednak obrót około swej osi. Wtedy i wahadło Foucaulta kontynuować będzie swój pozorny ruch obrotowy. Dla uproszczenia sprawy udajmy się wraz z całym przyrządem wahadłowym na biegun północny, tak, że całkowity obrót płaszczyzny dokonywać się będzie w przeciągu 24 godzin. Gdy to zjawisko obserwujemy, niech nagle z ziemi — jak Minerwa z głowy Jowisza — wyskoczy druga ziemia, która w kierunku ruchu postępowego starej ziemi prostolinijnie i jednostajnie się porusza i obraca się łaksamo jak pierwsza dokoła osi zachowującej zawsze równoległe połączenie do osi starej ziemi. Dla odróżnienia tych dwóch nowych planet w wszechświecie nazwijmy naszą starą ziemię, która swój ruch postępowy<sub>z</sub> zatraciła, Jowiszem, a nową ziemią Minerwą. Na biegunach północnych Jowisza i Minerwy niech się znajdują nasi obserwatorowie *A* i *B*. Minerwa, od

początku swego samoistnego bytu, niech będzie zaopatrzona na swoim biegunie północnym w wahadło Foucaulta, które, gdy Minerva z Jowiszem razem jeszcze tworzyła naszą ziemię, z wahadłem na teźże zupełnie się pokrywało i wykonywało z niem razem wspólny ruch obrotowy.

Podług starej mechaniki obserwatorowie  $A$  i  $B$  odczytywać będą na wahadłach Foucaulta, które im służą jako zegary, czas jednaki. W myśl nowożytnej zasady względności będzie rzecz się miała inaczej. Mieszkaniec Jowisza będzie miał swój własny „ $A$  — czas“, mieszkaniec Minerwy inny, również swój własny „ $B$  — czas“, a to znowu uprawnia nas do konkluzji, że prędkość obrotowa Jowisza jest inna aniżeli Minerwy.

Jakkolwiek Jowisz i Minerva są tylko wytworem nieudolnej fantazyi, to przytoczona bajka poucza nas, że dwom kulom równie utoczonym, znajdującym się w ruchu jednostajnym i prostoliniowym, nie można nadać równej prędkości obrotowej, co jest bardzo nieprawdopodobne. Mając jednakże na uwadze, że pozorny ruch płaszczyzny wahadłowej nie podlega zasadzie względności, możemy się z matni myślowej, w którą zaplątaliśmy się, tylko w ten sposób wydostać, że przyjmujemy, iż czas, którym posługujemy się w celu zdefiniowania zjawisk zachodzących w mechanice, nie ma nic wspólnego ze spekulacyami, które wylaniają się z nowożytnej zasady względności. Będzie przytem wskazane, jednostki czasu, którą posługujemy się w klasycznej mechanice, nie utożsamiać z jednostką czasu, którą w myśl zasady względności określiliśmy jako czas, w którym fala świetlna przebieży promień o długości 300000 kilometrów.

Do tego wyniku doszliśmy na mocy eksperymentów myślowych. Ostatecznie, jako najwyższa instancja, może wyrok wydać o zasadzie względności tylko eksperyment rzeczywisty. W tym względzie uczony H. A. Lorentz, właściwy wskrzesiciel tej zasady, ujawnia zdanie, „że mało jest widoków, by sprawdzić zasadę względności; prócz niektórych astronomicznych obserwacji wchodzi tylko w rachubę pomiary masy elektronów. Jednakże nie należy zapominać, że ujemny wynik rozmaitych doświadczeń, jak doświadczenia interferencyjnego Michelsona i eksperymentów wykonanych w celu

sprawdzenia podwójnego załamania z powodu ruchu ziemi, tylko zasada względności wyjaśnić może“.

Na razie kwestyę można tak postawić:

Jeśli bada się zjawiska mechaniki, to trzeba posługiwać się chronometrami, które pod względem czasu naśladują przebieg tych zjawisk. Np. jeśli obserwuje się zjawisko swobodnego spadania ciał, wtedy czas można mierzyć przyrządem Atwooda; jeśli śledzimy zjawisko obrotu płaszczyzny wahadłowej, wtedy je co do czasu przy równamy do obrotu gwiazdy stałej na niebie. Jeśli zajmować się będziemy zjawiskami akustycznymi, wtedy posługiwać się będziemy „chronometrem akustycznym“.

A jeśli celem naszych badań będą niektóre zjawiska świetlne, to będzie wskazanem użyć chronometru, który pod względem czasu będzie odzwierciedleniem przebiegu zaburzenia w eterze.

Czyli badać będziemy przebieg czasowy zjawisk zawsze zjawiskami równoległymi.

Zachodzi pytanie, czy można skonstruować chronometr uniwersalny, którym możnaby się posługiwać w badaniu wszystkich zjawisk? Nasze zwykłe zegary naśladują przebieg czasowy wszystkich zjawisk, z wyjątkiem rozchodzenia się zaburzenia w eterze i o tyle nie są chronometrami uniwersalnymi. Ich konstrukcja polega na założeniu, iż jest rzeczą obojętną, czy czas w tych zjawiskach zachodzący mierzy się przyrządem Atwooda, czy obrotem gwiazd stałych na niebie, czy też chronometrem akustycznym. Czynimy przytem założenie, że przebieg czasowy jest w tych zjawiskach identyczny, a nadto, że zjawiska są niezależne od ruchu postępowego przestrzeni, w której obserwujemy.

Co do chronometru uniwersalnego, któryby także oddawał przebieg czasowy rozchodzenia się zaburzeń w eterze — dotąd nie został on wynaleziony i trzeba odczekać cierpliwie, co nam w tym względzie przyszłość przyniesie.

W rozważaniach naszych, których celem było zapoznanie się z przestrzenią i czasem, oparłem się jedynie na doświadczeniach, które pozwoliły nam przestrzeń i czas ująć miarą, gdyż tylko to, co możemy mierzyć, stanowi dla nas zdobycz rzeczywiłą.

Posługiwałem się przytem modelami, będącymi odzwierciedleniem zjawisk, zapomocą których rozpoznajemy przestrzeń i czas.

Nauka bada zjawiska jeszcze w inny sposób, a mianowicie określa je wzorami matematycznymi. Do tych wzorów dostosowane są modele, którymi posługiwałem się w tych wykładach, i które mają cel uzmysłowienia wzorów matematycznych. Zdaję sobie dokładnie sprawę z tego, że modele przytoczone są bardzo nieudolnie skonstruowane, — lecz będzie je można zapewne z czasem zastąpić innymi, które lepiej oddawać będą to, co mieści się we wzorach matematycznych.

Przyswajając sobie zrozumienie zjawisk przyrody przy pomocy modeli, jesteśmy wobec potęgi i ogromu przyrody mniejwięcej w tym samym położeniu, jak w minionych latach dziecięcych wobec stosów książek: chcąc je czytać, przeszliśmy najprzód szkołę elementarną gdzie uczone nas abecadła na obrazkach. A jeśli w wieku dojrzałszym już nie obrazki, lecz obraz wspaniały nęci oko nasze barwami swemi, to mamy świadomość, że obraz ten nie jest rzeczywistością, tylko dziełem sztuki, które — unosząc nas w świat myśli i marzeń — oddala nas duchem od groźnej, otaczającej nas, rzeczywistości. Tak też i nasze badanie przyrody, wszelkie tłumaczenie zjawisk odbywających się w przestrzeni i czasie, jest tylko mniej lub więcej udalym obrazem, który niechaj spełni ten sam cel, jaki spełnia dzieło sztuki.



Prof. Dr. M. Twardowski





## SPIS RZECZY:

### WYKŁAD PIERWSZY . . . . . Str. 5

Słowo wstępne. O ruchu jako najogólniejszym zjawisku w przestrzeni i czasie. Przyczyna a skutek. Wróżby. Przepowiednie naukowe i ich cel. Prawa ruchu. Kopernik, Kepler, Galileusz, Newton. Zasada bezwładności. Przestrzeń bezwzględna i czas bezwzględny. Względność przestrzeni i czasu wogóle. Sprawdzanie zasad Newtonowskich. Swobodne opadanie ciał. Wahadło Foucaulta.

### WYKŁAD DRUGI . . . . . Str. 13

Wstępne uwagi nad zasadą względności. Pojęcie czasu. Miara czasu. Katastrofa wszechświatowa. Rekonstrukcja zegarów. Modele zegarów. Zgodność teorii z doświadczeniem. Pierwsze ślady zasady względności. Względność czasu w szczególności. Analogie. Fale wodne, głosowe, świetlne. Eter.

### WYKŁAD TRZECI . . . . . Str. 22

Zjawiska w przestrzeni ruchomej. Inne modele zegarów. Zaburzenie w eterze. Einstein, H. A. Lorentz. Wyniki doświadczeń Michelsona i Fizeau'a. Ocean eterowy. Eteroplany. Niektóre konsekwencje, wynikające z zasady względności a mechanika. Jowisz i Minerwa (bajka). Zasada względności a doświadczenia. Chronometry. Chronometr uniwersalny. Słowo końcowe.

Prof. Dr. . . . . .

Nakładem „Książnicy“ wychodzi jako Wydawnictwo Towarzystwa Polskiego Instytutu Pedagogicznego w Krakowie

## **DYDAKTYKA PRZEDMIOTÓW NAUKI W SZKOLE ŚREDNIEJ**

W najbliższych dniach ukaże się pierwszy zeszyt tego wydawnictwa, jako Nr. 10. p. t. „Historia naturalna“ opracowali Bohdan Dyakowski i Jan Śniezek. Dalsze zeszyty, obejmujące resztę przedmiotów, ukazywać się będą w krótkich odstępach czasu.

Nakładem „Książnicy“ wychodzić będą

## **POWSZECHNE WYKŁADY WSZECHNICY I POLITECHNIKI LWOWSKIEJ**

Jako pierwsze zeszyty ukażą się w dniach najbliższych:

Nr. 26. Weinfeld Ignacy dr.: Koszta wojny . . . K —80

Nr. 27. Irena Pannenkowa dr.: Kościuszko. . . K 1—

Nr. 28. Dénizot Alfred dr.: O przestrzeni i czasie  
w świetle badań fizycznych . . . . . K 150

W druku:

Nr. 29. Skoczylas Ludwik: Stanisław Wyspiański. Poeta polskiej państwowości.

Nr. 30. Kretz Józef dr.: Idea wyzwolenia u Wyspiańskiego.

Nr. 31. Bykowski Ludwik dr.: Pedagogika eksperymentalna.

Niebawem ukaże się nakładem „Książnicy“ w wytwornym wydaniu, ozdobionem licznymi reprodukcjami, w przekładzie i ze wstępem

## **Dra WŁADYSŁAWA WITWICKIEGO PLATONA: FAJDROS**

Dziełem tem rozpoczyna „Książnica“ kompletne wydanie dzieł Platona w znakomitych przekładach Profesora Dra Władysława Witwickiego.

# Wydawnictwa Powszechnych Wykładów Wszechnicy i Politechniki lwowskiej.

## NAUKI PRAWNO - POLITYCZNE:

PRÓCHNICKI Zdzisław.

19. Konstytucya austryacka. — Lwów 1902 . . . . Wyczerpane

GARGAS Zygmunt.

17. Stowarzyszenia spożywcze w Galicyi. — Kraków 1907. Spółka  
wydawn. polska. . . . .

Dr. ROMER Eugeniusz.

18. Najważniejsze artykuły handlu światowego XIX. wieku  
Str. 131. — Lwów 1902 . . . . .

## GEOGRAFIA I ETNOGRAFIA:

TOKARSKI Julian.

9. Przez Syberyę, Mandzuryę i Japonię do brzegów Oceanu  
Spokojnego. Str. 166 z rycinami. — Lwów 1911.  
Bibl. Macierzy polskiej nr. 68 . . . . . 1 K. — h.

## CHEMIA:

BRUNNER Ludwik.

15. Pojęcia i teorye chemii. — Warszawa 1904. Bibl. Samo-  
kształcenia . . . . .

## FIZYKA:

ŻŁOBICKI Władysław.

7. Wiek pary i elektryczności. Str. 253, liczne ryciny. —  
Lwów 1906. Bibl. Macierzy polsk. nr. 34. . . . . 2 K. 50 h.

## ANTROPOLOGIA:

KARŁOWICZ Jan.

5. O człowieku pierwotnym. Str. 163. — Lwów 1903. Towa-  
rzystwo wydawnicze . . . . .

## PATOLOGIA.

Dr. BIERNACKI Edmund.

14. Co to jest choroba? Str. 160 ilustr. — Lwów 1905, Księg.  
H. Altenberga. . . . . 3 K. 30 h.

Prof. Dr. MARS Antoni.

12. Choroby weneryczne a życie kobiety. Str. 39, z rycinami. —  
Lwów 1917. Bibl. Macierzy polsk. nr. 98. . . . . — K. 30 h.

Prof. Dr. ŁUKASIEWICZ Włodzimierz.

13. Objawy i przebieg chorób wenerycznych z rycinami. —  
Lwów 1907. Bibl. Macierzy polsk. nr. 100. . . . .

MISSONA Kazimierz.

4. Dorastająca młodzież a świadomość płciowa. Księgarnia  
Westa w Brodach . . . . . — K. 60 h.

http://rci.org.pl

# Wydawnictwa Powszechnych Wykładów Wszechnicy i Politechniki lwowskiej.

## HYGIENA :

Dr. MERCZYŃSKI Emil.

6. **Zdrowie dzieci.** Str. 81.—Lwów 1900. Bibl. Macierzy polsk. nr. 13. — K. 30 h.  
DUCHOWICZ Bronisław.
11. **Co jeść i pić aby być zdrowym?** Str. 79, ryciny. —  
Lwów 1913. Bibl. Macierzy polsk. nr. 31. . — K. 60 h.  
DUCHOWICZ Bronisław.
8. **Powietrze ze stanowiska chemii i higieny.** Str. 131, ryciny. —  
Lwów 1908. Bibl. Macierzy polsk. nr. 44 . . — K. 70 h.  
DUCHOWICZ Bronisław.
10. **Napoje alkoholowe i ich wpływ na duszę i ciało człowieka.**  
Str. 97, ryciny. — Lwów 1912. Bibl. Macierzy polsk.  
nr. 73. . . . . — K. 50 h.

W druku są następujące wydawnictwa Powszechnych wykł. Wszechnicy i Polit. lwowskiej, wydane nakładem Książnicy polskiej T. N. S. W.

SKOCZYŁAS Ludwik: Wypiański. Poeta państwowości polskiej.

WEINFELD Ignacy Dr.: Koszta wojny.

BYKOWSKI Ludwik Dr.: Pedagogia eksperymentalna.

KASPROWICZ JAN: W stuletnią rocznicę skonu Kościuszki.

## KSIAŻNICA POLSKA POLECA OSTATNIĄ NOWOŚĆ

ALEKSANDER BRÜCKNER

# WALKA O JEZYK

Cena K. 7.

1. **Zamiast przedmowy.**
2. **Walka z cudzoziemszczyzną.**
3. **Wady naszej pisowni.**
4. **Wyrazy obce i ich znaczenie.**

Brückner należy do rzędu tych wszechstronnych naukowców, którzy nie piszą wyłącznie dla swego cechu lub dla nielicznego grona wybrańców; on mówi do wszystkich słowem gorącym i prostym, wykrzesanem z ognia i przekonania — więc nie dziw, że trafia do umysłów myślących i czujących dobrze, że walkę tę wreszcie podjęto, bo każdy naród winien stać na straży czystości swej mowy. Czas budzić umiłowanie piękna własnej mowy — czas najwyższy uświadomić sobie, że to sprawa nad wyraz doniosła.