

Nie od razu naukę zbudowano

Kot może zostać...



[Strona główna](#)

[Historia na osi czasu](#)

[O mnie](#)

Przeszł

Szukaj

*Śledź
wpisy na
tym
blogu*

Wpisz swój
adres e-mail,
aby
otrzymywać
zawiadomienia
o nowych
postach.

Wprowadź

Hermann Minkowski i czasoprzestrzeń (1908)

Zamieszczono 22 stycznia 2018 przez [jkierul](#)

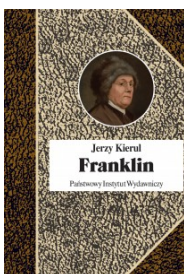
We wrześniu roku 1908 na Zjeździe Niemieckich Przyrodników i Lekarzy w Kolonii odczyt wygłosił Hermann Minkowski, matematyk z Getyngi. Powiedział tam:

Poglądy na przestrzeń i czas, które zamierzam tu rozwinąć, wyrosły z gruntu doświadczalno-fizycznego. Tendencja ich jest radykalna. Odtąd przestrzeń w sobie i czas w sobie mają całkowicie stać się cieniami i tylko pewien rodzaj ich unii utrzymać ma samodzielność. („Wiadomości matematyczne”, t. 13, z. 5-6 (1909), s. 231.)

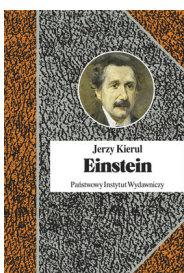
Zatwie
rdź

Nowa, lżejsza wersja bloga Nie od razu naukę zbudowa no

Nie od razu naukę zbudowano

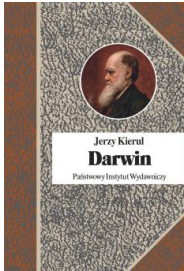


Franklin czyli
jak nie
zmarnować
życia



Chodziło w istocie o usunięcie sprzeczności między dwiema wielkimi teoriami fizyki: mechaniką Newtona i elektrodynamiką Maxwella i Lorentza. Elektrodynamika przewidywała istnienie fal elektromagnetycznych, które w próżni rozchodzić się miały z prędkością światła c . Zbieżność wynikającej z teorii wartości z mierzoną prędkością światła była silnym argumentem za teorią Maxwella. Aby jednak wyznaczyć prędkość czegokolwiek, w tym impulsu świetlnego, musimy sprecyzować układ odniesienia, np. układ współrzędnych kartezjańskich. W jakim układzie odniesienia prędkość światła i innych fal elektromagnetycznych równa się dokładnie c ? Sądzono powszechnie, że istnieje pewien nieruchomy ośrodek, eter, w którym rozchodzą się fale elektromagnetyczne, podobnie jak fale dźwiękowe w powietrzu albo innym ośrodku sprężystym. Eter długo zresztą pokutował w mowie potocznej jako „fale eteru”. Ponieważ Ziemia porusza się wokół Słońca, więc nie może zawsze spoczywać względem eteru, a skoro tak to obserwowana na Ziemi prędkość światła nie może być zawsze i w każdym kierunku taka sama. Wektorowe składanie prędkości wynika jednoznacznie z mechaniki Newtona, która miała za sobą dwa wieki sukcesów. Eksperymenty prowadzone przez wiele lat, głównie przez Alberta Michelsona, nie wykazywały żadnych efektów ruchu Ziemi: ani o żadnej porze roku, ani w piwnicy, ani w górach. Hendrik Lorentz wykazał, że można ocalić spójność fizyki za cenę wprowadzenia dość osobliwego założenia o skracaniu się ciał wzdłuż kierunku ruchu. Wprowadził też dodatkowy czas t' , pewną matematyczną fikcję, która sprawiała, że równania elektrodynamiki nie zmieniały się w poruszającym się układzie odniesienia. Dopiero Albert Einstein rozciął ów węzeł gordyjski, stwierdzając, że pojęcie eteru jest „zbędne”, nie istnieje żaden uprzywilejowany układ odniesienia. W każdym układzie odniesienia prawa fizyki: zarówno mechaniki, jak i elektrodynamiki mają taką samą postać (dokładnie w układzie inercjalnym, tzn. takim, który nie porusza się ruchem przyspieszonym, jak hamujący autobus bądź karuzela w

*Einstein czyli
jedność
rozumu*



*Darwin czyli
pochwała
faktów*

*Émilie du
Chatelet i
Voltaire czyli
umysłowe
powinowactwo
a z wyboru*

*Najbardziej
popularne
pozycje
& Strony*

ruchu). Oznacza to w szczególności, że prędkość światła zmierzona przez każdego obserwatora będzie równa c . Ceną za usunięcie sprzeczności była fundamentalna zmiana w pojęciu czasu. Jak pisał Minkowski w dalszym ciągu swego wykładu:

Lecz dopiero zasługą jest A. Einsteina wykazanie ściśle, że czas jednego elektronu jest tak dobry jak drugiego, tj. że t i t' należy traktować jednakowo.

Einstein był młody i nie pracował na uniwersytecie w Getyndze, lecz w Biurze Patentowym w Bernie. Obie te okoliczności pozwoliły mu na przyjęcie radykalnego rozwiązania, że wyniki pomiaru czasu mogą zależeć od ruchu układu odniesienia. Do tej pory czas miał być absolutną miarą zmian w świecie fizycznym. Pogląd Newtona, zakorzeniony w jego metafizyce i teologii, stał się niewzruszony dla następnych pokoleń uczonych. Młodość oznaczała w tym wypadku pewną bezwzględność w stosunku do szacownych poprzedników. W zasadzie klocki pojęciowe zostały już uformowane przez Lorentza i Henri Poincarégo, Einstein ustawił je tylko w pozornie paradoksalny sposób, nie troszcząc się o wrażliwość starego pokolenia. Ustawienie to przetrwało do dziś. Z Lorentzem zresztą się później zaprzyjaźnił, Poincaré, przyznając mu naukową rangę, mocno się dystansował od jego ujęcia. Dlaczego pomogło mu, że nie pracował w Getyndze? Młody Albert porzucił gimnazjum w Monachium, nie mając jeszcze szesnastu lat, i wyjechał z Niemiec, zrzekł się też wkrótce obywatelstwa Królestwa Wirtembergii, a tym samym Rzeszy Niemieckiej. Nie cierpiał niemieckiego ducha posłuszeństwa, uważał, że w gimnazjum jest jak w wojsku. W rezultacie studiował na Politechnice w Zurychu, która była uczelnią gorszą niż uniwersytety niemieckie albo Uniwersytet Wiedeński. Prawie nie miał tam fizyki teoretycznej oprócz jednego wykładu Minkowskiego, gdzie omawiane były kwestie takie jak włoskowatość, a więc zupełnie już przestarzałe z punktu widzenia fizyka. Einstein

Czy Einstein
zapowiadał się
na geniusza?
(1879-1894)
Nagroda Nobla
dla Einsteina:
polityka i
pieniądze
Gehrcke,
Einstein i
Gerber: kto
objął ruch
peryhelium
Merkurego?
Erwin
Schrödinger,
kwanty i amory,
1926
Istota teorii
względności
(1923) – Albert
Einstein
Leibniz,
Newton i liczba
pi (1676)
Lars Onsager i
model Isinga,
czyli fizyka
statystyczna a
przejścia
fazowe
Albert Einstein
każe Bogu grać
w kości (1916)
Światło w
cienkich
warstwach:

nauczył się wszystkiego sam. Po studiach, ponieważ był dość pyskаты, nie znalazł miejsca na uczelni. Nie chcieli go nawet do prowadzenia ćwiczeń ze studentami, których na politechnice było dużo i które były tak samo wtedy, jak i dziś, niezbyt rozwijające intelektualnie. Urząd patentowy był pracą zastępczą. Przedtem różne uniwersytety z całej niemal Europy zdążyły odrzucić podania młodego absolwenta. Gdyby miał szczęście i zaczął pracować w Getyndze, wśród wybitnych matematyków i fizyków, trudniej byłoby mu zachować niezależność. Tamtejsza szkoła wywierała silne piętno na pracujących tam uczonych. Minkowski, który z Zurychu przeniósł się do Getyngi, miał niezbyt wysokie pojęcie o Einsteinie, który niewiele zresztą chodził na wykłady czysto matematyczne (choć stopnie z egzaminów miał dobre, uczył się w ostatniej chwili). Ujmując rzecz ogólnie: Pan Bóg wiedział, co robi, tworząc odrębne profesje matematyków i fizyków. David Hilbert i Felix Klein interesowali się fizyką, ale osiągnięcia, zarówno ich własne, jak i młodszych kolegów w tej dziedzinie były wybitne, a jednocześnie jakoś chybione. Powstawały prace eleganckie, lecz puste z punktu widzenia fizyka. Toteż lepiej, że Einstein nie musiał walczyć z presją tamtejszego środowiska. Możliwe zresztą, że by sobie poradził, bo miał wyjątkowo silny charakter. Sam zresztą mówił, że charakter ważniejszy jest od talentu, chodziło mu o to, żeby robić swoje, nie myśląc, że to się może nie udać. Fizyka w jego wydaniu to były niemal zawsze prace, które mogły się udać albo okazać kompletnym nieporozumieniem. Charakter potrzebny był mu do podejmowania ryzyka i nieprzejmowania się porażkami, których zawsze jest więcej niż sukcesów.

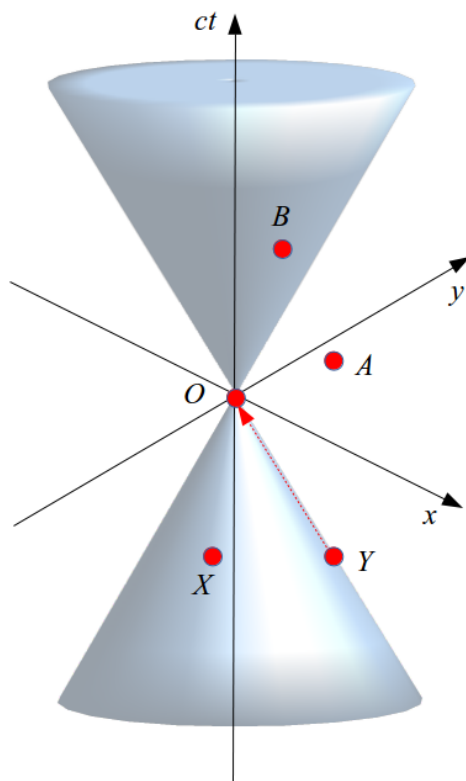
Wprowadzona przez Minkowskiego czasoprzestrzeń stała się trwałą częścią fizyki. Teoria względności, naruszając niezmiennosc czasu, wciąga go niejako do gry, pozwalając mu mieszać się z przestrzenią. Ze współczesnego punktu widzenia prędkość światła jest jedynie przelicznikiem między czasem a odległością. Stała c ma obecnie pewną wartość

Newton na
ramionach
Hooke'a (1675)
Eden

Kategori e

biologia
bozon Higgsa
eden
elektryczność i
magnetyzm
ewolucja
filozofia
fizyka
historia
kobiety w
nauce
kwestionariusz
Audena
matematyka
nauka
nauka i religia
optymizm
poezja
Rewolucja
naukowa
starożytność
Uncategorized
wiek XIX
wiek XVIII
wiek XX
wiek XXI
wrogowie
liberalizmu
wszechświat

zadekretowaną przez międzynarodowe porozumienia. Żeby mieć te same jednostki na osiach możemy umieszczać ct oraz współrzędne x, y, z (będziemy też czasem pisać po prostu t zamiast $\$ct\$$). W czasoprzestrzeni punktami są zdarzenia o określonych współrzędnych (x, y, z, ct) . Wygląda to tak dla czasoprzestrzeni (2+1)-wymiarowej:



Powiedzmy, że O jest zdarzeniem, które nas szczególnie interesuje. Zdarzenia, które mogły wywrzeć wpływ na O albo leżą na stożku przeszłości, jak Y – sygnał świetlny mógł dotrzeć do O. Stożek przeszłości, to wszystko, co widzimy: galaktykę w Andromedzie widzimy taką, jaka była dwa miliony lat temu, bo tyle czasu potrzebuje światło, aby do nas dotrzeć. Wszystkie zjawiska, które mogłyby wpłynąć na O leżą na stożku przeszłości albo wewnątrz niego, jak X. Analogiczną rolę pełni stożek przyszłości: leżą na nim albo wewnątrz niego wszystkie zdarzenia, na które O może (w zasadzie) mieć wpływ. Natomiast zdarzenia takie, jak A nie są w żadnym związku przyczynowym ani skutkowym z O. Struktura taka

zjawiska
kwantowe

Airy

Archimedes

Balmer Bohr

Boltzmann

Born Clairaut

d'Alembert

Darwin Debye

Dirac du

Châtelet

Einstein

Euklides Euler

Fermat

Feynman

Fontenelle

Fourier

Franklin

Fresnel

Galileusz

Gauss Gödel

Halley

Heisenberg

Hilbert Hitler

Hooke Hoyle

Hubble

Huygens Jakob

Bernoulli

Johann

Bernoulli

Jordan

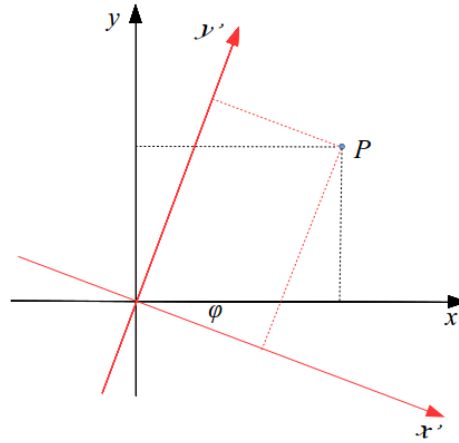
Kartezjusz

Kelvin Kepler

Kopernik

pozostaje niezmienna dla każdego obserwatora, choć inaczej on umiejscowi poszczególne punkty obrazka. To, co pozostaje nienaruszone, to wyżej opisane relacje: jeśli np. X było w stożku przeszłości względem O , to zawsze tak będzie, choć położenie X wewnątrz stożka może się różnym obserwatorom wydać różne.

Pokażemy teraz, jakie wartości różni obserwatorzy przypisują tym samym zdarzeniom. Fizyka powinna być niezależna od układu współrzędnych. Możemy np. obrócić układ współrzędnych w płaszczyźnie xy . Każdy punkt $P = (x, y)$ w nowym układzie osi będzie miał nowe współrzędne (x', y') .



$$\begin{cases} x' = x \cos \varphi - y \sin \varphi \\ y' = y \cos \varphi + x \sin \varphi. \end{cases}$$

Transformacja ta nie zmienia odległości punktu P od początku układu współrzędnych, zatem:

$$x^2 + y^2 = x'^2 + y'^2.$$

Łatwo sprawdzić, że wypisane wyżej równania spełniają ten warunek, po drodze musimy skorzystać z jedynki trygonometrycznej $\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$.