

Fizyka około roku 1900

„Kiedy rozpoczynałem studia fizyczne i u mego czcigodnego nauczyciela Philippa von Jolly’ego zasięgałem opinii na temat warunków i perspektyw moich studiów, przedstawił mi on fizykę jako naukę wysoko rozwiniętą, prawie całkowicie dojrzałą, która po ukoronowaniu jej osiągnięć przez odkrycie zasady zachowania energii miała już wkrótce przyjąć ostateczną postać. Wprawdzie w tym czy innym zakątku pozostaje jeszcze do zbadania i usunięcia jakiś pyłek czy pęcherzyk, ale jeśli chodzi o system jako całość, to jest on dość zabezpieczony, a fizyka teoretyczna wyraźnie zbliża się do osiągnięcia takiej doskonałości, jaka od stuleci jest właściwa geometrii.”

Max Planck, odczyt w Monachium (1926)
(tłum. Ryszard i Samuel Kernerowie)



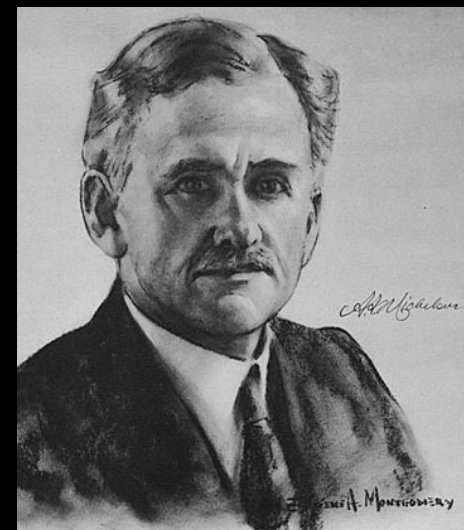
„Pieter Zeeman, słynny fizyk holenderski, laureat Nagrody Nobla 1902 r., w wieku dojrzałym lubił opowiadać, że kiedy był młodym człowiekiem, to ostrzegano go, żeby nie studiował fizyki. „Fizyka nie jest już dziedziną obiecującą” - mówiono mu; „jest ona skończona i nie ma tam miejsca na cokolwiek istotnie nowego”. Musiało to być około roku 1883.”



Hendrik Casimir - *Haphazard Reality*

„Wszystkie najważniejsze fundamentalne prawa i fakty w fizyce zostały już odkryte i tak dobrze ustalone, iż jest znikome prawdopodobieństwo, że zostaną one uzupełnione w wyniku nowych odkryć... Przyszłych nowych prawd w fizyce trzeba będzie szukać na szóstym miejscu po przecinku.”

Albert A. Michelson (1894)



„Le monde est aujourd’hui sans mystère”

(„Świat nie ma już dziś dla nas tajemnic”)



Marcelin Berthelot (1885)

Oryginalne dokumenty nie pozostawiają wątpliwości, że około 1900 roku fizycy byli w większości przekonani o słuszności fizyki klasycznej i nie widzieli potrzeby „nowej fizyki”

THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE

[SIXTH SERIES.]

JULY 1901.

Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light *. By The Right. Hon. Lord KELVIN, G.C.V.O., D.C.L., LL.D., F.R.S., M.R.I. †.

[In the present article, the substance of the lecture is reproduced—with large additions, in which work commenced at the beginning of last year and continued after the lecture, during thirteen months up to the present time, is described—with results confirming the conclusions and largely extending the illustrations which were given in the lecture. I desire to take this opportunity of expressing my obligations to Mr. William Anderson, my secretary and assistant, for the mathematical tact and skill, the accuracy of geometrical drawing, and the unfailingly faithful perseverance in the long-continued and varied series of drawings and algebraic and arithmetical calculations, explained in the following pages. The whole of this work, involving the determination of results due to more than five thousand individual impacts, has been performed by Mr. Anderson.—K., Feb. 2, 1901.]

§ 1. **T**HE beauty and clearness of the dynamical theory, which asserts heat and light to be modes of motion, is at present obscured by two clouds. I. The first came into existence with the undulatory theory of light, and

* Lecture delivered at the Royal Institution of Great Britain, on Friday, April 27, 1900.

† Communicated by the Author.

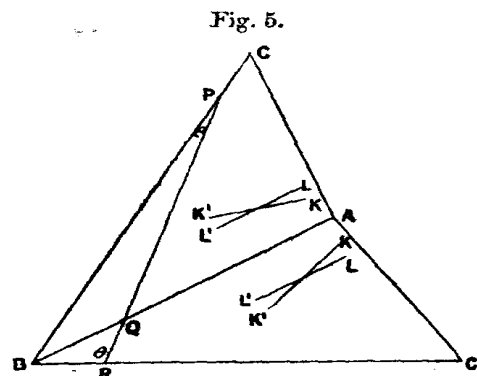


Yours truly
William Thomson

„Piękno i przejrzystość teorii dynamicznej, według której ciepło i światło to rodzaje ruchu, są obecnie przesłaniane przez dwa obłoki. Pierwszy pojawił się wraz z falową teorią światła i był rozpatrywany przez Fresnela i dr Thomasa Younga: jest to pytanie jak Ziemia może się poruszać przez sprężyste ciało stałe, jakim w zasadzie jest światłonośny eter? Drugi to doktryna Maxwella-Boltzmannna dotycząca ekwipartycji energii.”

Lord Kelvin, wykład publiczny 27 IV 1900 r.

shows consecutive free paths 74·6—32·9 given, and 32·9—54·7, found by producing 74·6—32·9 through the point of contact. The process involves the exact measurement of the length (l)—say to three significant figures—and its inclination (θ) to a chosen line of reference XX' . The summations $\Sigma l \cos 2\theta$ and $\Sigma l \sin 2\theta$ give, as explained below, the difference of time-integrals of kinetic energies of component motions parallel and perpendicular respectively to XX' , and parallel and perpendicular respectively to KK' , inclined at 45° to XX' . From these differences we find (by a procedure equivalent to that of finding the principal axes of an ellipse) two lines at right angles to one another, such that the time-integrals of the components of velocity parallel to



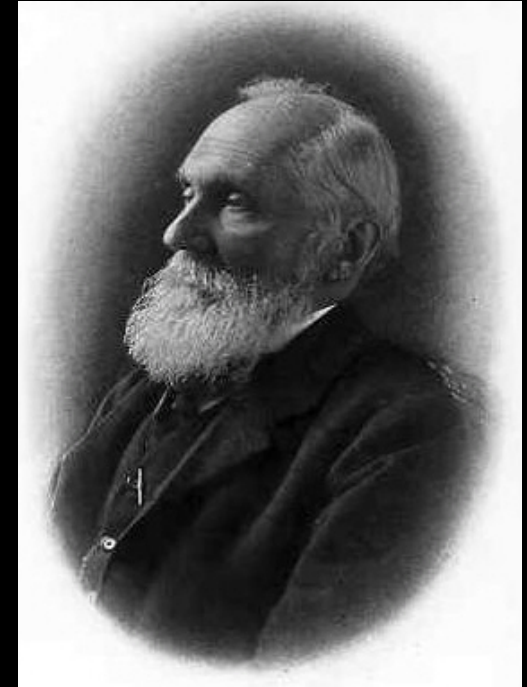
them are respectively greater than and less than those of the components parallel to any other line. [This process was illustrated by models in the lecture.]

§ 37. Virtually the same process as this, applied to the case of a scalene triangle ABC (in which $BC=20$ centimetres and the angles $A=97^\circ$, $B=29^\circ.5$, $C=53^\circ.5$), was worked out in the Royal Institution during the fortnight after the lecture, by Mr. Anderson, with very interesting results. The length of each free path (l), and its inclination to BC (θ), reckoned acute or obtuse according to the indications in the diagram (fig. 5), were measured to the nearest millimetre and the nearest integral degree. The first free path was drawn at random, and the continuation, through 599 reflections (in all 600 paths), was drawn in a manner illustrated by fig. 5, which shows, for example, a path PQ on one triangle continued to QR on the other. The two when folded together round the line AB show a path PQ , continued on QR after

Próby sprawdzania
zasady ekwipartycji
energii na trójkątnym
stole bilardowym

„Moje uporczywe wysiłki, podejmowane w ciągu minionych pięćdziesięciu pięciu lat w celu rozwijania nauki mogę określić jednym słowem, i słowo to brzmi: niepowodzenie.

Na temat sił elektrycznych i magnetycznych lub na temat związku między eterem, elektrycznością i materią ważką, albo na temat powinowactwa chemicznego nie wiem obecnie więcej od tego, co wiedziałem i wykładałem moim studentom filozofii naturalnej pięćdziesiąt lat temu, gdy jako profesor miałem dla nich pierwszy wykład.”



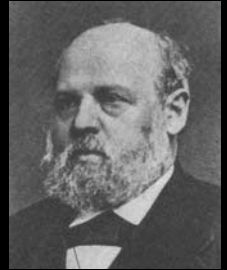
Lord Kelvin's Jubilee, *Nature* 54, 173-181 (1896)

Promienie X i promieniotwórczość

Promienie katodowe

1859 odkrycie promieniowania wychodzącego z katody w „rurkach Geisslera”

Heinrich Geissler



Julius Plücker



1869 **Johann Wilhelm Hittorf** – promienie wychodzące z katody (*Glimmstrahlen*) biegną po liniach prostych (mogą rzucać cień), ale odchylają się w polu magnetycznym



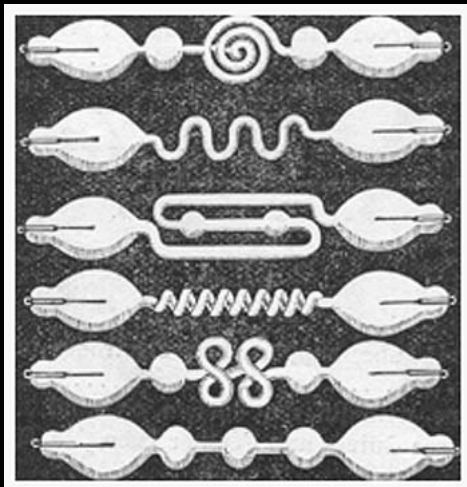
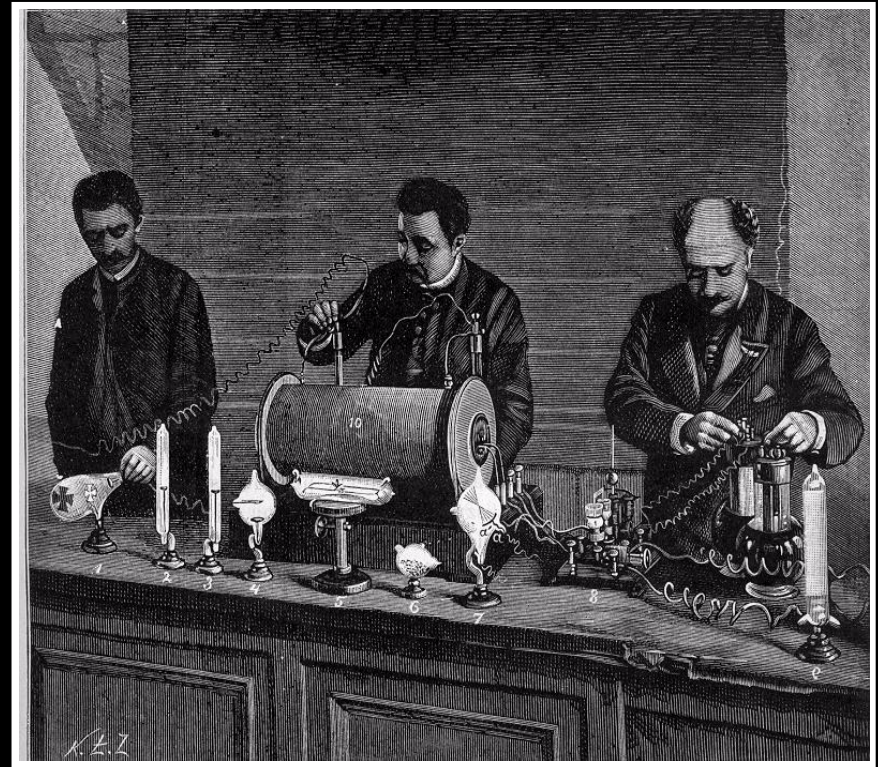
1871 **Cromwell Varley** – promienie te mają naturę korpuskularną

1876 **Eugene Goldstein** – nazwa „promienie katodowe”

1879 **William Crookes** – „czwarty stan materii”

Promienie katodowe

Eksperymenty
z promieniami
katodowymi (1892)



Rurki Geisslera

W. C. Röntgen: Ueber eine neue Art von Strahlen.

(Vorläufige Mittheilung.)

1. Lässt man durch eine *Hittorfsche* Vacuumröhre, oder einen genügend evacuirten *Lenard'schen*, *Crookes'schen* oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines grösseren *Ruhmkorff's* gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnerem, schwarzem Carton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in die Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyranür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoresciren, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluorescenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar.

Man überzeugt sich leicht, dass die Ursache der Fluorescenz vom Entladungsapparat und von keiner anderen Stelle der Leitung ausgeht.

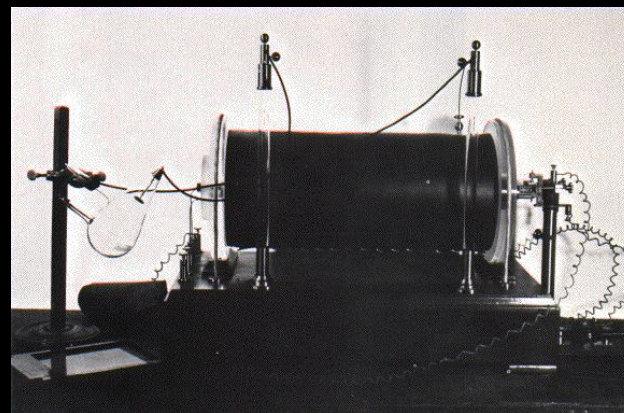
2. Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, dass durch die schwarze Cartonhülse, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchlässt, ein Agens hindurchgeht, das im Stande ist, lebhaft Fluorescenz zu erzeugen, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen.

Man findet bald, dass alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade. Einige Beispiele führe ich an. Papier ist sehr durchlässig: ¹⁾ hinter einem eingebundenen Buch von ca. 1000 Seiten sah ich den Fluorescenzschirm noch deutlich leuchten; die Druckerschwärze bietet kein merkliches Hinderniss. Ebenso zeigte sich Fluorescenz hinter einem doppelten Whistspiel; eine einzelne Karte zwischen Apparat

¹⁾ Mit „Durchlässigkeit“ eines Körpers bezeichne ich das Verhältniss der Helligkeit eines Licht hinter dem Körper gehaltenen Fluorescenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welcher dieser unter denselben Verhältnissen aber ohne Zwischenschaltung des Körpers zeigt.

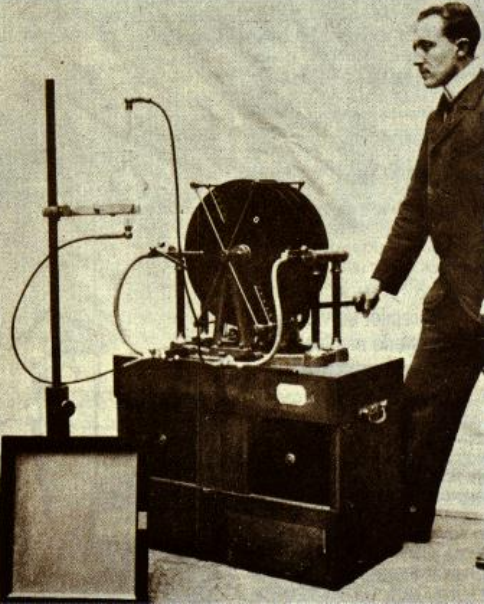


**Wilhelm Conrad Röntgen
(1845-1923)**

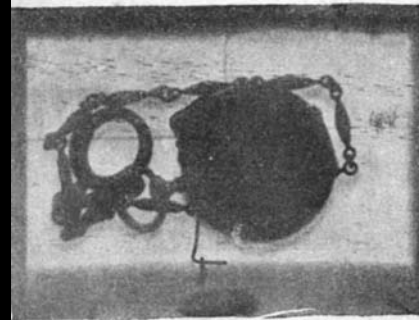


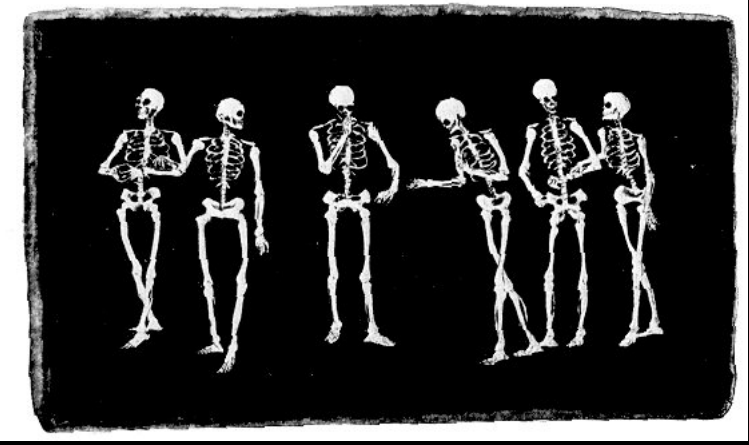
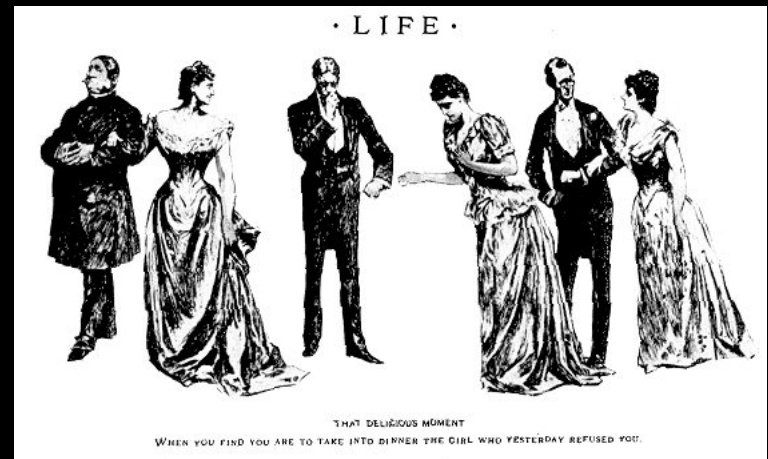
„Wydaje się istnieć pewien związek między nowymi promieniami i światłem. Wskazuje na to w obu wypadkach tworzenie się cienia, fluorescencja i działanie chemiczne. Od dawna wiadomo, że w eterze oprócz drgań poprzecznych mogą występować także fale podłużne – według niektórych fizyków takie drgania podłużne muszą istnieć. Istnienie ich, co prawda, nie zostało dotychczas potwierdzone, toteż nie można było zbadać ich właściwości eksperymentalnie. Czy nie należy zatem przypisać nowych promieni drganiom podłużnym w eterze? Muszę przyznać, iż podczas moich badań coraz bardziej skłaniałem się do tego, że takie wyjaśnienie jest poprawne, pozwałam sobie więc tu go przedstawić, chociaż zdaję sobie sprawę z tego, iż wymaga ono jeszcze dalszego potwierdzenia.”

Wilhelm Conrad Röntgen (grudzień 1895 r.)



Wczesne przyrządy do wytwarzania promieni X i fotografie

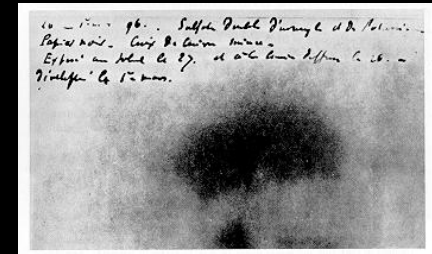




„Szczególnie podkreślam następujący fakt, który wydaje mi się niezwykle ważny i niezgodny ze zjawiskami, których można by oczekiwać: te same krysztaly umieszczone tak samo w stosunku do kliszy fotograficznej, tak samo osłonięte, lecz trzymane w ciemności i chronione przed wzbudzeniem przez padające światło, nadal dają taki sam efekt fotograficzny.



Opowiem teraz, jak zdarzyło mi się dokonać tego spostrzeżenia. Niektóre z poprzednich doświadczeń były gotowe w środę 26 lutego i czwartek 27 lutego, ale ponieważ w dniach tych słońce świeciło tylko przelotnie, schowałem całe przygotowane urządzenie do ciemnej szuflady z uchwytami i solą uranylową na miejscu. Słońce nie ukazało się jeszcze przez parę następných dni - wobec czego 1 marca wywołałem klisze spodziewając się zobaczyć tylko bardzo słabe obrazy. Okazało się, że przeciwnie, obrazy te są bardzo intensywne. Pomyślałem od razu, że działanie to może się odbywać w zupełnej ciemności.”



Henri Becquerel, 2 III 1896 r.

Dlaczego Becquerel poszedł w niedzielę (!) do laboratorium i zdecydował się wywołać klisze, chociaż wiedział, że nie były wystawione na światło słoneczne?

W 1867 roku Niépce de Saint Victor zauważył, że sole uranu powodują „zamglenie” kliszy fotograficznej, nawet jeśli była oddzielona od tych soli warstwami papieru.

Czy Becquerel wiedział o tym ???

Komunikaty Becquerela w 1896 r.

- 2 III odkrycie promieniowania uranu
- 9 III natężenie promieniowania uranu nie zmieniło się po przechowywaniu go przez kilka dni w ciemności **prawda**
promienie uranowe ulegają odbiciu i załamaniu **fałsz**
- 23 III natężenie promieniowania uranu dużo większe niż rury Crookesa **prawda**
- 30 III promieniowanie uranu ulega podwójnemu załamaniu przy przejściu przez turmalin **fałsz**
- 23 V promieniowanie metalicznego uranu jest bardziej intensywne niż jego związków **prawda**

Po odkryciu zjawiska Zeemana Becquerel postanowił odejść od tak „nieciekawego” zagadnienia, jakim zdawała się być wtedy promieniotwórczość

Powódź „odkryć” niewidzialnego przenikliwego promieniowania

27 I	Le Bon	„czarne światło” (<i>lumière noire</i>) z lampy parafinowej
Luty	Mau	promieniowanie ze Słońca
	Egbert	promieniowanie ze Słońca
9 III	Troost	siarczek cynku
Marzec	McKissick	różne substancje, w tym np. zwykła kreda
Marzec	Arnold	fluoryt, mieszaniny siarczków i wolframianów
11 V	Le Bon	„czarne światło” może być skupiane przez metale
6 VII	Colson	wypolerowany cynk
13 VII	Pellat	stal
24 VIII	Henry	robaczki świętojańskie (odkrycie wkrótce potwierdzone przez Muraokę w Kyoto)

„Po odkryciu promieni Röntgena Becquerel odkrył nowy rodzaj światła, którego właściwości przypominają promienie Röntgena bardziej niż jakiegokolwiek światło znane dotychczas... Becquerel wykazał, że to promieniowanie soli uranowych może ulegać polaryzacji, jest więc to niewątpliwie światło; może także ulegać załamaniu. Tworzy ono przejście między promieniami Röntgena i zwykłym światłem, przypomina promienie Röntgena swym działaniem fotograficznym, zdolnością przechodzenia przez substancje nieprzezroczyste dla zwykłego światła i charakterystycznym działaniem elektrycznym, natomiast przypomina zwykłe światło swą zdolnością polaryzacji i załamania [...]”



J. J. Thomson, *Wykład na Uniwersytecie Cambridge*, 10 VI 1896 r.

„Promieniowanie soli uranowych jest szczególnie interesujące z innego punktu widzenia. Sir George Stokes wykazał, że w przypadku fosforescencji wywołanej światłem słonecznym lub lampy łukowej światło wysyłane przez fosforyzujące ciało ma długość większą od światła wywołującego fosforescencję; natomiast w przypadku fosforescencji odkrytej przez Becquerela wysyłane jest światło o mniejszej długości fali niż światło padające...”



**Podsumowanie wiedzy o nowych promieniach
w połowie 1896 roku**
(utrzymane aż do wiosny 1898 r.)

Właściwość	Promienie Röntgena	Promienie uranowe
Przenikanie przez papier i aluminium	tak	tak
Przenikanie przez cięższe metale	nie	nie
Działanie na kliszę fotograficzną	tak	tak
Jonizowanie powietrza	tak	tak
Odbicie zwierciadlane	nie	tak*
Załamanie	nie	tak*
Polaryzacja	nie	tak*
Natura	?	bardzo krótkie fale eteru

* Błędne wyniki Becquerela z marca 1896 r.

„Promienie Becquerela zajmują wyjątkową pozycję, ponieważ wiadomo o nich znacznie więcej niż o jakichkolwiek „nowych” promieniach. Na temat natury promieni X nie udowodniono niczego pewnego poza tym, że jeśli są promieniami ultrafioletowymi, to ich długość musi być niezmiernie mała, tak mała, iż współczynnik załamania dla niemal wszystkich ciał jest równy jedności. Natomiast nie może być wątpliwości, że promienie Becquerela są krótkimi poprzecznymi falami eteru...”

Oscar M. Stewart, *Phys. Rev.* No. 4, Kwiecień 1898 r.

„Becquerel wykrył, że sole uranowe wysyłają niewidzialne promienie przenikające przez glin, papier czarny dla światła nieprzezroczysty, i rozpraszają ładunki elektryczne. Podobnie jak ciała fosforyzujące, po krótkim oświetleniu, przez pewien czas (kilkanaście godzin) świecą, tak też sole uranowe wysyłają, lecz znacznie dłużej, bo miesiące całe, owe promienie niewidzialne. Zjawisko to fizycy niektórzy nazywają hyperfosforescencją. Jeszcze mocniej w sposób podobny działa czysty metal uran. Znaleziono wiele jeszcze innych ciał, wysyłających podobne promienie niewidzialne, jak siarek cynku, siarek wapnia itp. Wszystkie te ciała fosforyzują widzialnie; lecz, chociaż już świecić widzialnie przestają, przez czas bardzo długi jeszcze wysyłają owe promienie niewidzialne, o własnościach zbliżonych do własności promieni Röntgena. ”

„Tym promieniom niewidzialnym nadano ogólne miano promieni Becquerela. Wszystkie one rozpraszają ładunki elektryczne, ulegają jednak mocniejszemu pochłanianiu w powietrzu, aniżeli promienie Röntgena. Prócz tego Becquerel wykazał, że dają się one odbijać od powierzchni zwierciadlanych, załamywać, oraz polaryzować.

Fosfor świecący przy powolnym utlenianiu w powietrzu wilgotnym, prócz promieni widzialnych, wysyła też promienie niewidzialne, przenikające przez papier czarny i działające na czułe klisze fotograficzne; glin jest jednak dla nich nieprzezroczysty.”

„W świetle robaczków świętojańskich zawarte są też podobne promienie, przenikające i przez glin, a nawet przez cienkie blaszki miedziane. Jak i promienie Becquerela, ulegają one odbiciu, załamaniu i polaryzacji. Każdy niemal dzień przynosi nowe w tej dziedzinie odkrycia; zakres ciał wysyłających promienie o właściwościach dotychczas nieznanych rozszerza się coraz bardziej: jedne z nich fosforyzują i widzialnie i niewidzialnie (hyperfosforyzują), inne tylko niewidzialnie, promieniami o własnościach podobnych do własności promieni Röntgena.”

„Jeśliśmy się zgodzili uważać promienie X za przejaw drgań eteru poprzecznych, z tym większą słusnością przypuścić to możemy dla promieni Becquerela i promieni im analogicznych. Lecz ponieważ ze względu na ich zdolność odbijania się, załamania i polaryzacji, zbliżają się one bardziej do promieni widzialnych, aniżeli promienie Röntgena, więc też przypisać im należy fale o długościach pośrednich pomiędzy długością fal poznanych dotychczas promieni pozafioletkowych oraz promieni X.”



„Badałam przewodnictwo powietrza pod wpływem promieni uranowych odkrytych przez Pana Becquerela i poszukiwałam innych poza solami uranowymi ciał, które byłyby zdolne do czynienia powietrza przewodnikiem elektryczności.

W badaniach tych stosowałam kondensator płaski, którego jedna z płytek była pokryta jednorodną warstwą uranu lub innej sproszkowanej substancji. Między płytkami była utrzymywana różnica potencjałów 100 woltów. Absolutna wartość prądu przepływającego przez kondensator była wyznaczana za pomocą elektrometru i kwarcu piezoelektrycznego.

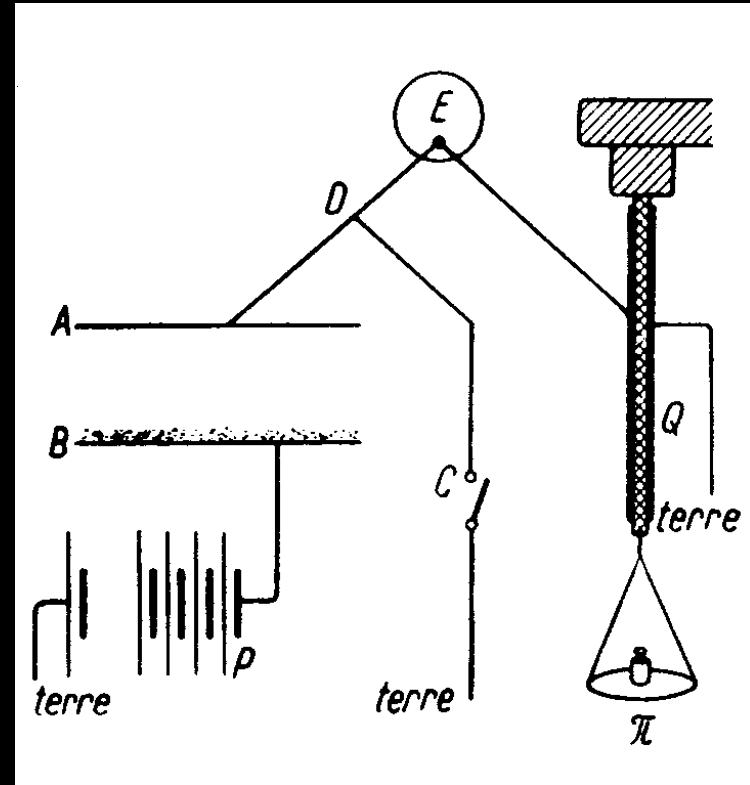
Zbadałam dużą liczbę metali, soli, tlenków i minerałów [...] Wszystkie badane związki uranu są bardzo aktywne; są one w ogólności tym bardziej aktywne, im więcej zawierają uranu. Bardzo aktywne są związki toru. Tlenek toru przewyższa aktywnością tor metaliczny. Należy zauważyć, że dwa najbardziej aktywne pierwiastki, uran i tor, to te o największym ciężarze atomowym [...]

Maria Skłodowska-Curie, 12 IV 1898 r.



„Dwie rudy uranu, blenda smolista (tlenek uranu) i chalkolit (fosfat miedzi i uranu) są znacznie bardziej aktywne niż sam uran. Jest to fakt zdumiewający i nasuwa przypuszczenie, że minerały te mogą zawierać pierwiastek znacznie bardziej aktywny od uranu. [...] W celu wyjaśnienia spontanicznego promieniowania uranu i toru można sobie wyobrazić, że cała przestrzeń jest bezustannie przeszywana przez promienie podobne do promieni Röntgena, lecz dużo bardziej przenikliwe, które mogą być pochłaniane tylko przez niektóre pierwiastki o dużym ciężarze atomowym, jak uran i tor.”

Maria Skłodowska-Curie, 12 IV 1898 r.



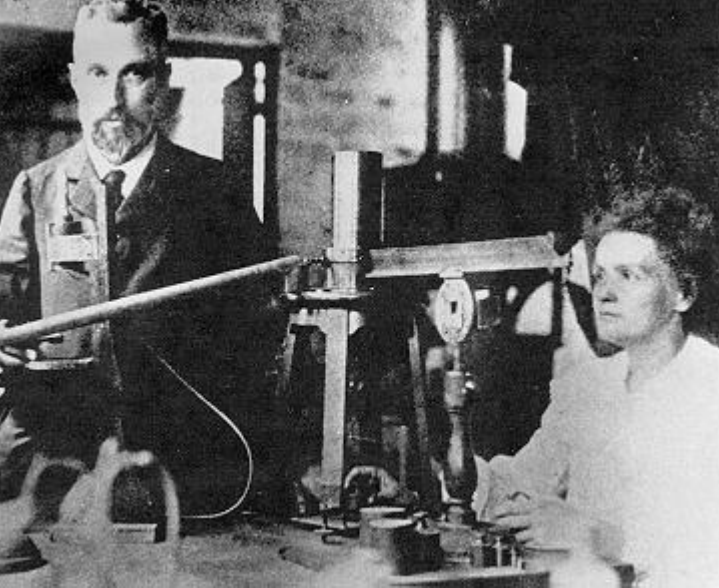
Elektrometr zastosowany przez
Marię i Piotra Curie

Podsumowanie wiedzy o nowych promieniach na wiosnę 1898 roku

Właściwość	Promienie Röntgena	Promienie uranowe	Promienie torowe
Przenikanie przez papier i aluminium	tak	tak	tak
Przenikanie przez cięższe metale	nie	nie	nie
Działanie na kliszę fotograficzną	tak	tak	tak
Jonizowanie powietrza	tak	tak	tak
Odbicie zwierciadlane	nie	tak*	tak (?)**
Załamanie	nie	tak*	tak**
Polaryzacja	nie	tak*	nie**
Natura	?	bardzo krótkie fale eteru	?

* Błędne wyniki Becquerela z marca 1896 r.

** Wyniki Schmidta z lutego 1898 r.



Odkrycie polonu (18 VII 1898 r.)

„...Niektóre rudy, zawierające uran i tor (blendy smoliste, chalkolit, uranit) są bardzo aktywne pod względem emisji promieni Becquerela. W poprzedniej

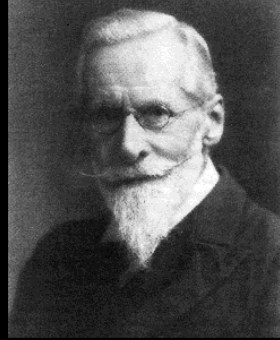
pracy jedno z nas wykazało, że ich aktywność jest nawet większa od aktywności uranu i toru i wyraziło opinię, że fakt ten należy przypisać jakiejś innej, nadzwyczaj aktywnej substancji, która znajduje się w tych rudach w bardzo nieznacznej ilości [...]

Przypuszczamy, że ciało, które wyodrębniliśmy z blendy smolistej, zawiera nieznaną jeszcze metal, zbliżony do bizmutu pod względem właściwości chemicznych. Jeśli istnienie tego metalu się potwierdzi, proponujemy dla niego nazwę „polon” - od nazwy ojczyzny jednego z nas.”



„Zupełnie niedawno pan i pani Curie ogłosili odkrycie, które, jeśli zostanie potwierdzone, na pewno pomoże w badaniu tego niejasnego działu fizyki. Zwrócili oni uwagę na nowy składnik minerału uranu, blendy smolistej, który w porównaniu z uranem posiada 400 razy większą zdolność emitowania jakiejś formy energii, zdolnej do działania na płytę fotograficzną i wyzwiania elektryczności przez czynienie powietrza przewodnikiem. Wydaje się też, że aktywność promienista nowego ciała, któremu odkrywcy nadali nazwę Polonium, nie wymaga ani wzbudzenia przez światło ani przez elektryczność; podobnie jak uran czerpie ono swą energię z jakiegoś stale odnawiającego się, niewyczerpanego źródła, którego przedtem się nie domyślano [...]”

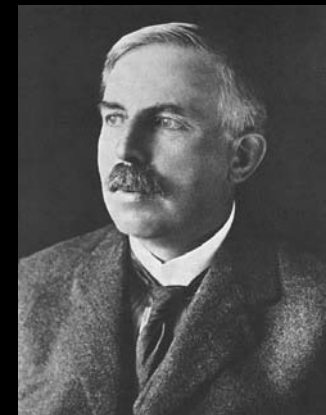
William Crookes, wrzesień 1898 r.



„Zmniejszenie prędkości szybkich cząsteczek ochładzałoby warstwę powietrza, w której się znajdują, ale to ochładzanie byłoby szybko kompensowane przez promieniowanie i przewodzenie z otaczającej atmosfery; w zwykłych warunkach różnica temperatury byłaby niezauważalna, wobec czego uran wydawałby się nieustannie wysyłać promienie energii bez widocznych środków odtwarzania. Całkowita energia ruchu translacyjnego i wewnętrznych ruchów cząsteczek w spokojnym powietrzu przy normalnej temperaturze i ciśnieniu wynosi około 140000 stopo-funtów na jard sześcienny powietrza. Zatem powietrze w pokoju o wysokości 12, szerokości 18 i długości 22 stóp zawiera energię wystarczającą do poruszania maszyny o mocy jednego konia mechanicznego przez dwanaście godzin. Źródło, z którego czerpią energię uran i inne ciężkie atomy czeka tylko na dotknięcie magicznej pałeczki nauki aby pozwolić dwudziestemu stuleciu usunąć w cień wspaniałości stulecia dziewiętnastego...”

William Crookes, wrzesień 1898 r.

„Z eksperymentów wynika, że promieniowanie uranu jest złożone i że są w nim co najmniej dwa odrębne rodzaje promieniowania - jeden, który ulega łatwemu pochłanianiu, który nazwiemy promieniowaniem α , i drugi, promieniowanie bardziej przenikliwe, które nazwiemy promieniowaniem β ...



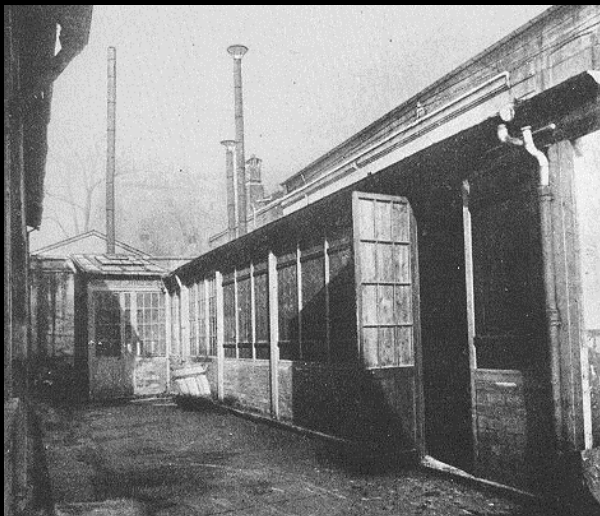
Możliwe, że odkryte przez Curie bardzo silne promieniowanie blendy smolistej jest wywołane częściowo raczej bardzo złożoną strukturą tego materiału niż tym, że próbka zawiera nową, silnie promieniującą substancję.”

Ernest Rutherford, *Phil. Mag.* 47, 109, styczeń 1899 r.

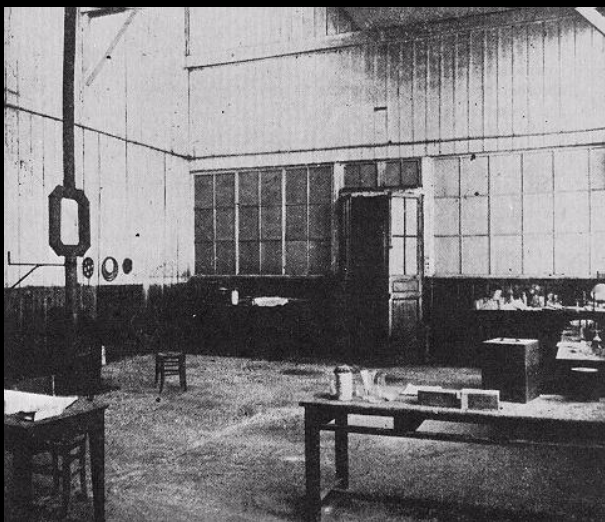


Odkrycie radu (26 XII 1898 r.)

„...Wyżej wymienione fakty każą nam przypuszczać, że w tym nowym związku promieniotwórczym znajduje się nowy pierwiastek, który proponujemy nazwać radem. Nowy ten związek zawiera na pewno bardzo znaczną ilość baru, mimo to jednak jest on silnie promieniotwórczy. Promieniotwórczość radu musi być zatem ogromna.”



Laboratorium małżonków Curie, w którym odkryto polon i rad



Becquerel

Inni badacze

1
8
9
6
1
8
9
7
1
8
9
8
1
8
9
9

Prace
na temat
„promieni
uranowych”

24 II
2, 9, 23, 30 III
23 V

23 XI

1 III
12 IV

Prace
na temat
zjawiska
Zeemana

8 XI →

17 I →

4 IV →

4 VII →

31 X →

20 XII →

16 I →

Praca na temat uranu
(Odwołanie błędnych wyników
z marca 1896 r.)

27 III



Promienie X



Zjawisko Zeemana



e/m Wiechert



e/m Thomson



e/m Kaufmann



4 II Promieniowanie toru (Schmidt)



12 IV Promieniowanie toru (MS-C)



18 VII Polon



26 XII Rad



Rutherford (promienie α , β)

Podsumowanie wiedzy o nowych promieniach na wiosnę 1899 roku

Właściwość	Promienie Röntgena	Promienie uranu, toru, polonu, radu
Przenikanie przez papier i aluminium	tak	tak
Przenikanie przez cięższe metale	nie	nie
Działanie na kliszę fotograficzną	tak	tak
Jonizowanie powietrza	tak	tak
Odbicie zwierciadlane	nie	nie
Załamanie	nie	nie
Polaryzacja	nie	nie
Natura	?	?

Przeważające domysły na temat źródła energii pierwiastków promieniotwórczych:

Ich ciężkie atomy mają właściwość absorbowania energii ze źródeł zewnętrznych

- najszybsze cząsteczki gazu
 - Crookes (1898), M. Curie (1899)
- niewidzialne promieniowanie wypełniające wszechświat
 - M. Curie (1899), P. Curie (1903), Mendelejew (1903), Kelvin (1905)

i jej emisji w postaci przenikliwego promieniowania

„Nie możemy dociec - i zresztą nie mamy prawa dociekać, co w ciągu tych lat ośmiu wniósł w ową pracę on, a co ona, bowiem oni tego wyraźnie nie chcieli. Wielkość umysłu Piotra znamy z jego poprzednich prac, wielkość umysłu Marii wykazała nam jej wspaniała hipoteza [...]

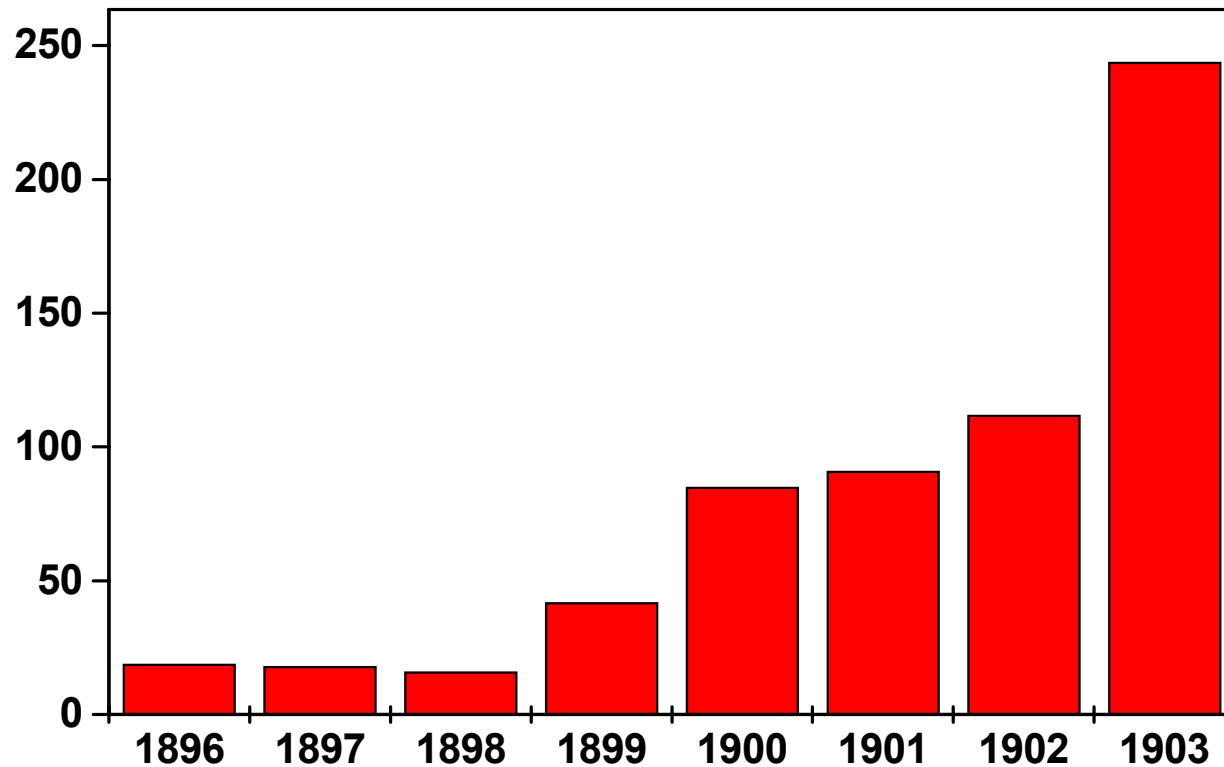
..Więc dosyć mamy dowodów na to, że w naukowym związku ich dwojga wymiana była wzajemna i równe udziały. To nam musi wystarczyć i całkowicie zaspokoić naszą ciekawość w tym względzie. Teraz już nam nie wolni oddzielać w pracy jej od niego, teraz muszą się oni dla nas złączyć w jedno, tak jak się łączą w jedno ich notatki i ich podpis - zawsze wspólny - na komunikatach przesyłanych towarzystwom naukowym, na pracach ogłaszanych drukiem. Zawsze pisać będą: „stwierdziliśmy”, „zauważyliśmy”, kiedy zaś wyraźna konieczność skłania ich do oddzielenia ich roli w jakimś fragmencie pracy, taką znajdą sobie wzruszającą formę obejścia tej konieczności: Niektóre rudy, zawierające uran i tor (smółka uranowa, chalkolit, uranit) są bardzo aktywne pod względem wysyłania promieni Becquerela. W poprzedniej pracy jedno z nas wykazało, że ich aktywność jest nawet większa od aktywności uranu i toru i wyraziło opinię, że fakt ten należy przypisać jakiemuś innemu, nadzwyczaj aktywnemu ciału, które znajduje się w tych rudach w bardzo nieznacznej ilości...”

Eve Curie, *Maria Curie*, przekład z franc. Hanna Szylerowa, Warszawa 1958

„...We wczesnych miesiącach 1898 roku promieniotwórczość to było „martwe pole” - istniała, ale nikt nie wiedział co z nią zrobić. Trzeba było nie tylko odkrycia aktywności toru, najpierw przez Gerharda C. Schmidta, a potem przez Marię Curie, lecz głównie późniejszych odkryć polonu i radu przez małżonków Curie, aby powróciło zainteresowanie tą dziedziną. Wtedy bowiem stało się oczywiste, że jest to zjawisko atomowe o wielkim znaczeniu.”

Lawrence Badash (1965)

Liczba prac na temat promieniotwórczości

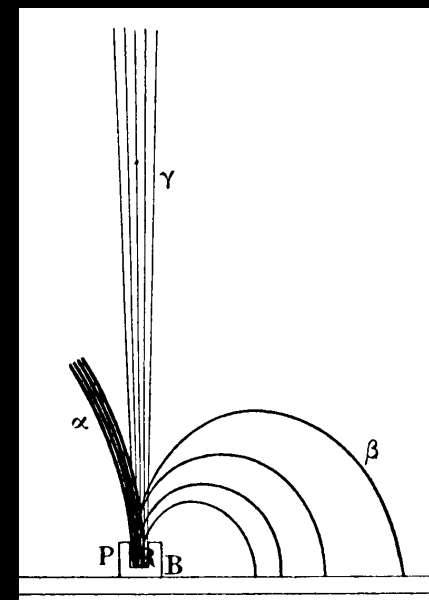


{Na podstawie danych w pracy Maxa Iklé,
Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik, 1, 413-442 (1904)}

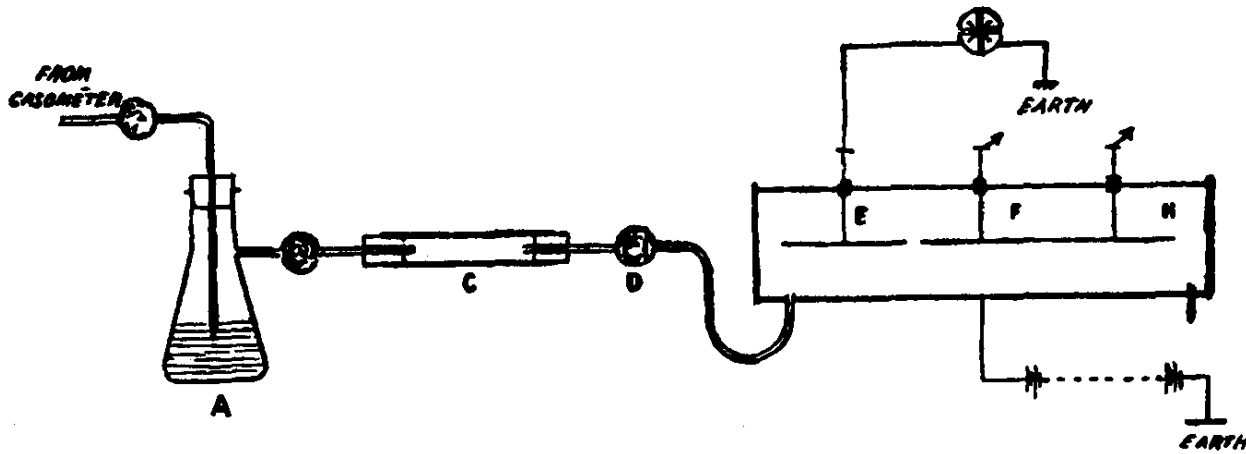
- 1899 Rutherford promieniowanie uranu ma dwie składowe α , β , o różnej zdolności przenikania przez materię
- 1899 Geisel, Meyer, Schweidler promienie uranu odchylane w polu magnetycznym
- 1900 Villard odkrycie promieni γ , nie odchylanych w polu magnetycznym
- 1900 Dorn odchylenie promieni beta w polu elektrycznym
- 1900 Rutherford promieniowanie emanacji toru zanika w czasie wykładniczo według prawa $I = I_0 \exp(-\lambda t)$
- 1902 Rutherford, Soddy teoria przemian promieniotwórczych



Paul Villard



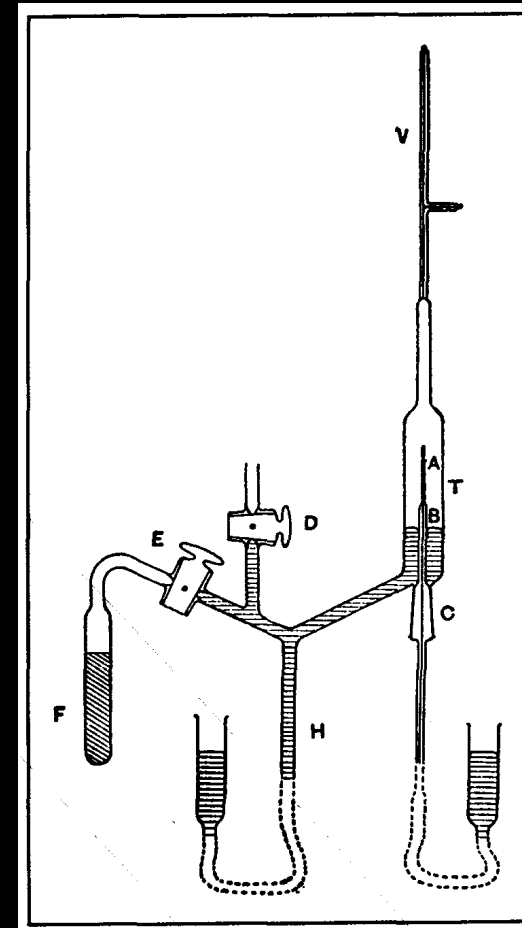
Rysunek Marii Curie (1903)



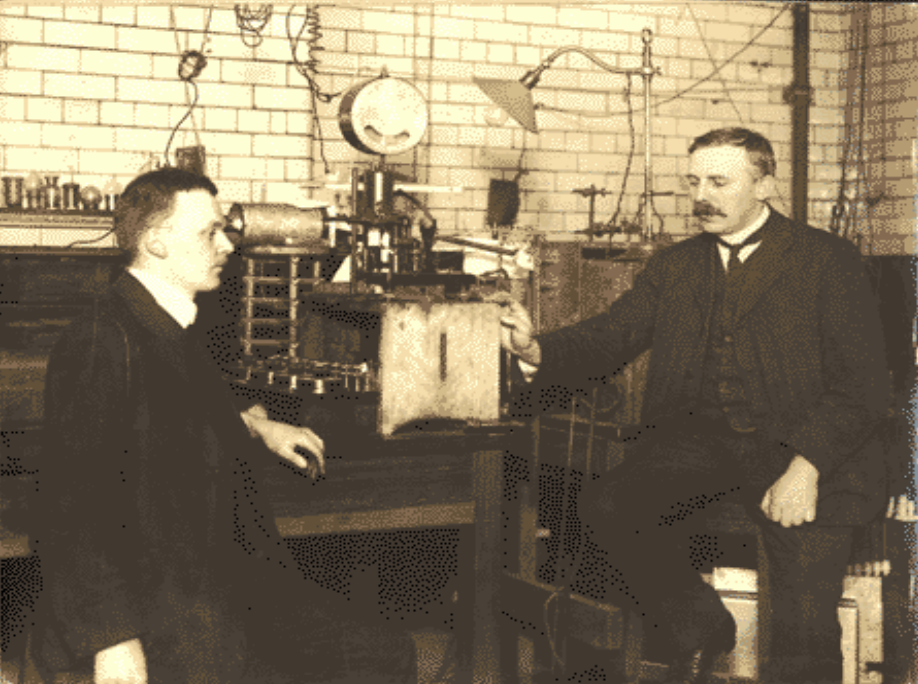
Rutherford i Soddy (1902) Czas połowicznego zaniku emanacji toru



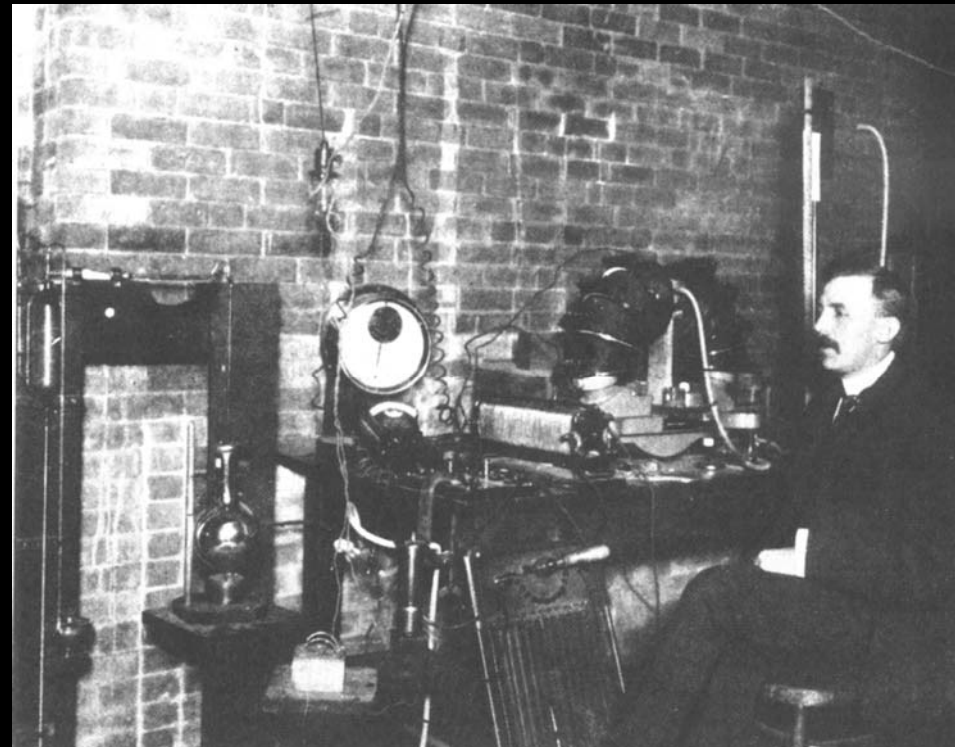
Frederic Soddy



Cząstki alfa to
zjonizowany hel
(1908)



**Hans Geiger (1882-1945)
i Ernest Rutherford (1871-1937)
w Manchesterze (1908)**



Od promieni katodowych do elektronu

„J. J. Thomson discovered the electron. Numerous are the books and articles in which one finds it said he did so in 1897. I cannot quite agree.”

Abraham Pais - *Inward Bound*

„It is often said that the electron was discovered shortly before the turn of the century by J. J. Thomson. That is an oversimplification.”

Hendrik Casimir - *Haphazard Reality*

Kto odkrył elektron?

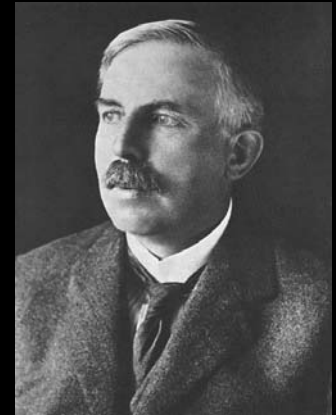
1871	Varley	promienie katodowe są korpuskułami
1874	Stoney	pierwsza ocena ładunku elementarnego
1881	Helmholtz	„atomy elektryczności”
1891	Stoney	nazwa „elektron”
1892	Lorentz	elektronowa teoria materii

(1892 cząstki naładowane, 1895 jony, 1899 elektrony)

XI 1896	Lorentz	e/m dla „elektronów” (efekt Zeemana)
I 1897	Wiechert	e/m dla promieni katodowych (może są to atomy Helmholtza ?)
IV 1897	Kaufmann	e/m dla promieni katodowych (nie są to korpuskuły)
IV 1897	Thomson	e/m dla promieni katodowych (są to korpuskuły)

1899 elektrony Lorentza = promienie katodowe =
promienie beta

„Elektron wydaje się więc być najmniejszą jednostką masy, jaką znamy. Wysunięto pogląd, że cała materia składa się z elektronów. Na przykład, według tego poglądu atom wodoru to bardzo złożona struktura złożona może z tysiąca lub więcej elektronów. Poszczególne pierwiastki różnią się liczbą i ułożeniem elektronów tworzących atom.”



Ernest Rutherford, *Trans. Royal Soc. Canada*, 1902

THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

OCTOBER 1897.

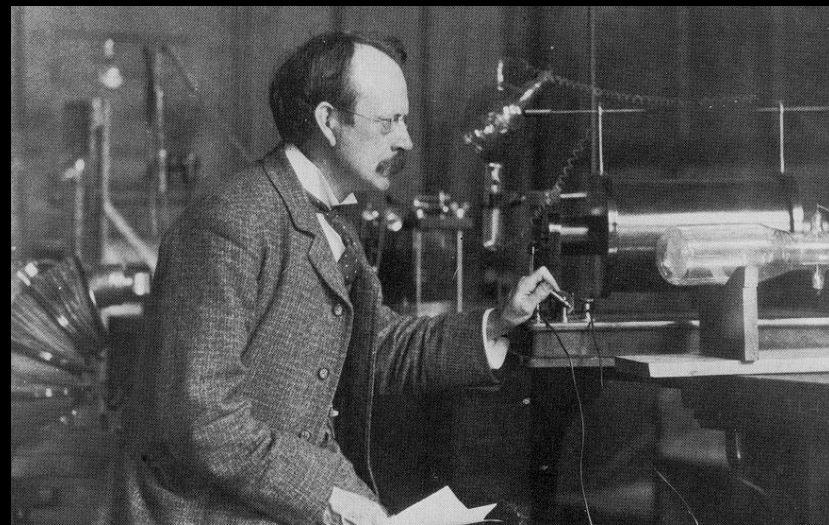
XL. *Cathode Rays.* By J. J. THOMSON, M.A., F.R.S.,
Cavendish Professor of Experimental Physics, Cambridge.*

THE experiments † discussed in this paper were undertaken in the hope of gaining some information as to the nature of the Cathode Rays. The most diverse opinions are held as to these rays; according to the almost unanimous opinion of German physicists they are due to some process in the æther to which—inasmuch as in a uniform magnetic field their course is circular and not rectilinear—no phenomenon hitherto observed is analogous: another view of these rays is that, so far from being wholly ætherial, they are in fact wholly material, and that they mark the paths of particles of matter charged with negative electricity. It would seem at first sight that it ought not to be difficult to discriminate between views so different, yet experience shows that this is not the case, as amongst the physicists who have most deeply studied the subject can be found supporters of either theory.

The electrified-particle theory has for purposes of research a great advantage over the ætherial theory, since it is definite and its consequences can be predicted; with the ætherial theory it is impossible to predict what will happen under any given circumstances, as on this theory we are dealing with hitherto

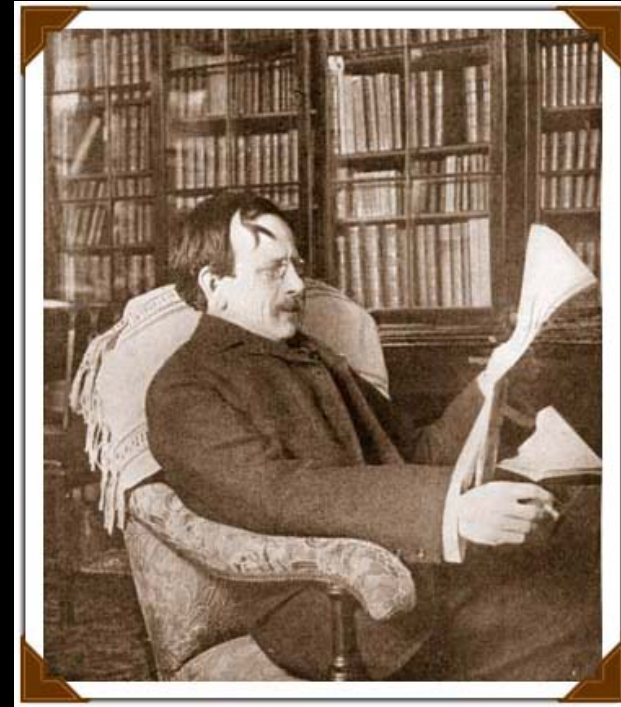
* Communicated by the Author.

† Some of these experiments have already been described in a paper read before the Cambridge Philosophical Society (Proceedings, vol. ix. 1897), and in a Friday Evening Discourse at the Royal Institution ('Electrician,' May 21, 1897).

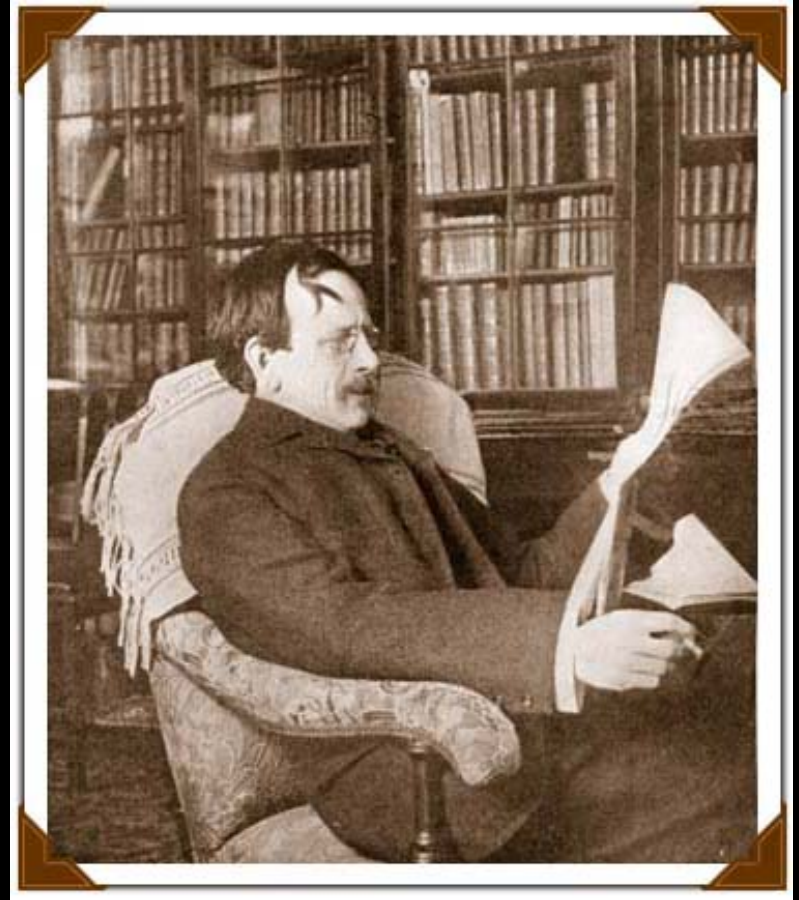


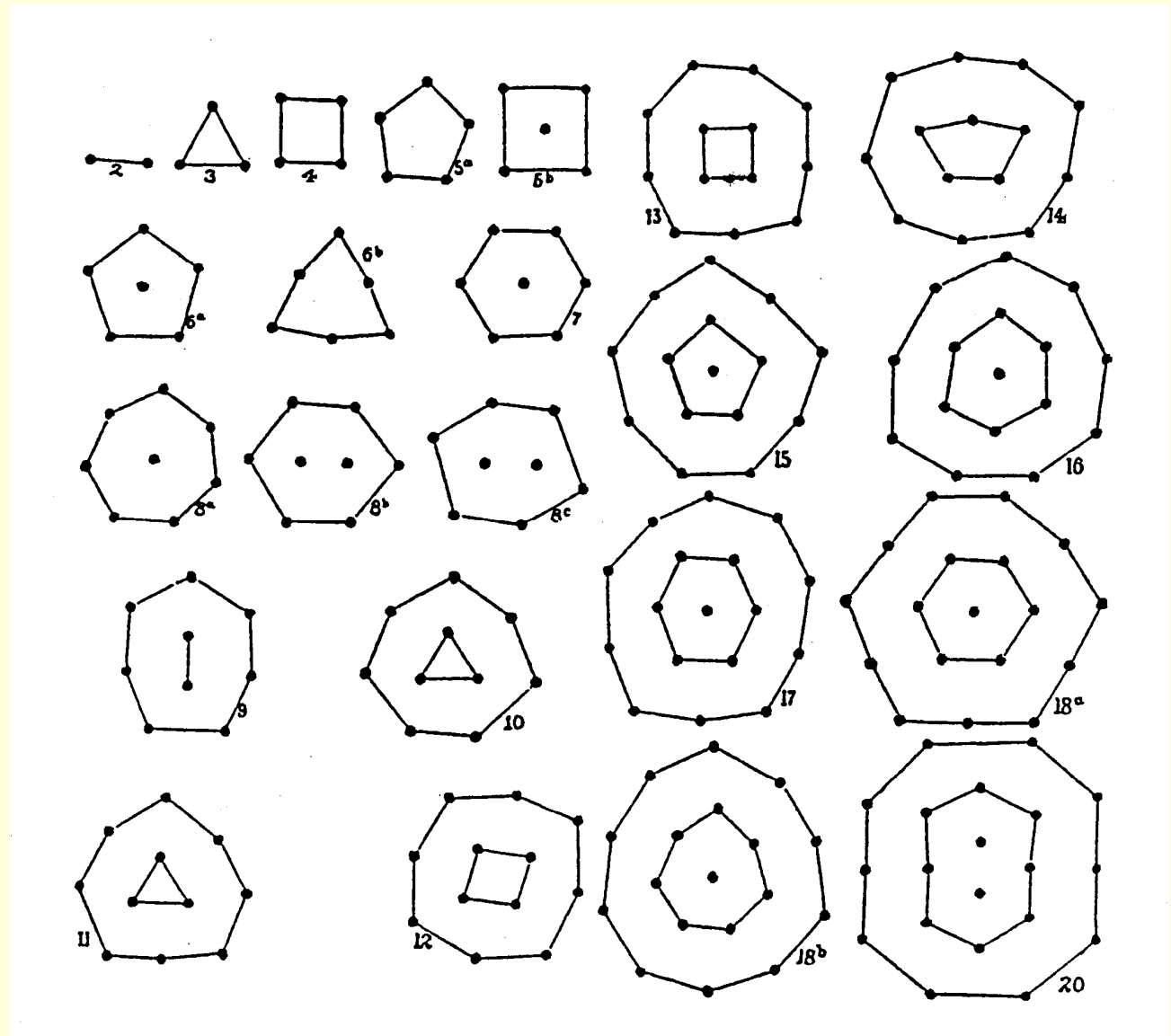
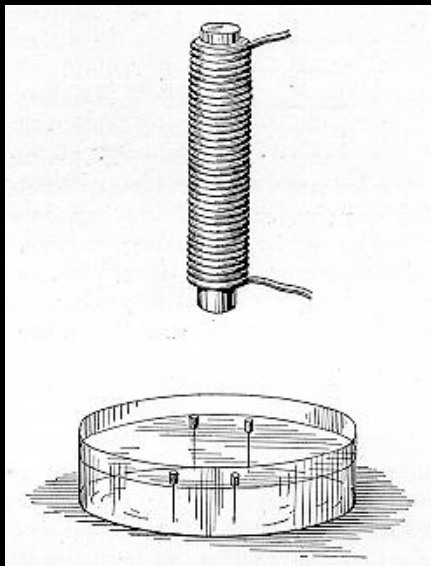
J. J. Thomson przy aparaturze
do badań promieni katodowych

„Doświadczenia dyskutowane w tej pracy podjęto w nadziei uzyskania pewnych danych o naturze promieni katodowych. Na temat tych promieni istnieją różne poglądy. Zgodnie z prawie jednomyślnym zdaniem fizyków niemieckich, powstają one wskutek jakiegoś procesu w eterze, niepodobnego do wszystkich dotychczas znanych, ponieważ w jednorodnym polu magnetycznym bieg tych promieni jest kolisty, a nie prostoliniowy. Według innego poglądu, nie mają one natury eterowej, lecz są całkowicie materialne i znaczą tory cząstek materii naładowanych elektrycznością ujemną. Zdawałoby się na pierwszy rzut oka, że nie powinno być trudno rozstrzygnąć między tak różnymi poglądami, ale z doświadczenia wynika, iż tak nie jest, gdyż wśród fizyków, którzy to zagadnienie najpełniej badali, można znaleźć zwolenników obu teorii. Teoria cząstek naładowanych ma z punktu widzenia badań wielką przewagę nad teorią eterową, gdyż jest wyraźnie określona i można przewidzieć wnioski z niej wynikające; w teorii eterowej nie można przewidzieć, co zdarzy się w jakichkolwiek okolicznościach, ponieważ według niej mamy do czynienia z dotychczas nie obserwowanymi zjawiskami w eterze, których praw nie znamy.”



„Traktuję atom jako zbiór wielkiej liczby mniejszych ciał, które będę nazywał korpuskułami; te korpuskuły są wszystkie jednakowe; masa korpuskuły to masa jonu ujemnego w gazie przy niskim ciśnieniu, czyli około 3×10^{-24} grama. W zwykłym atomie ten zbiór korpuskuł tworzy system elektrycznie neutralny...”





A. Mayer, *Am. Journ. Sci.*, 116, 248 (1878)

no longer holds: thus 6 magnets do not arrange themselves at the corners of a hexagon, but divide into two systems, consisting of 1 in the middle surrounded by 5 at the corners of a pentagon. For 8 we have two in the inside and 6 outside; this arrangement in two systems, an inner and an outer, lasts up to 18 magnets. After this we have three systems: an inner, a middle, and an outer; for a still larger number of magnets we have four systems, and so on.

Mayer found the arrangement of magnets was as follows:—

1.	2.	3.	4.	5.
$\left\{ \begin{array}{l} 1.5 \\ 1.6 \\ 1.7 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2.6 \\ 2.7 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3.7 \\ 3.8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4.8 \\ 4.9 \end{array} \right.$	5.9
$\left\{ \begin{array}{l} 1.5.9 \\ 1.6.9 \\ 1.6.10 \\ 1.6.11 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2.7.10 \\ 2.8.10 \\ 2.7.11 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3.7.10 \\ 3.7.11 \\ 3.8.10 \\ 3.8.11 \\ 3.8.12 \\ 3.8.13 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4.8.12 \\ 4.8.13 \\ 4.9.12 \\ 4.9.13 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 5.9.12 \\ 5.9.13 \end{array} \right.$
$\left\{ \begin{array}{l} 1.5.9.12 \\ 1.5.9.13 \\ 1.6.9.12 \\ 1.6.10.12 \\ 1.6.10.13 \\ 1.6.11.12 \\ 1.6.11.13 \\ 1.6.11.14 \\ 1.6.11.15 \\ 1.7.12.14 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 2.7.10.15 \\ 2.7.12.14 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3.7.12.13 \\ 3.7.12.14 \\ 3.7.13.14 \\ 3.7.13.15 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 4.9.13.14 \\ 4.9.13.15 \\ 4.9.14.15 \end{array} \right.$	

where, for example, 1.6.10.12 means an arrangement with one magnet in the middle, then a ring of six, then a ring of ten, and a ring of twelve outside.

Now suppose that a certain property is associated with two magnets forming a group by themselves; we should have this property with 2 magnets, again with 8 and 9, again with 19 and 20, and again with 34, 35, and so on. If we regard the system of magnets as a model of an atom, the number of magnets being proportional to the atomic weight, we should have this property occurring in elements of atomic weight 2, (8, 9), 19, 20, (34, 35). Again, any property conferred by three magnets forming a system by themselves would occur with atomic weights 3, 10, and 11; 20, 21, 22, 23, and 24; 35, 36, 37 and 39; in fact, we should have something quite analogous to the periodic law, the first series corresponding to the arrangement of the magnets in a single group, the second series to the arrangement in two groups, the third series in three groups, and so on.



J. J. Thomson.

NUMBER OF CORPUSCLES IN ORDER—*continued.*

21	21	21	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	24
17	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21	21
15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	15	15	15	15	15
5	5	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	
24	24	24	24	24	24	24																		
21	21	21	21	21	21	21																		
17	18	18	18	18	18	19																		
15	15	15	15	16	16	16																		
11	11	11	11	11	12	12																		
5	5	6	7	7	7	7																		
1	1	1	1	1	1	1																		

We can investigate the equilibrium of corpuscles in one plane by experiment as well as by analysis, using a method introduced for a different purpose by an American physicist, Professor Mayer. The problem of the arrangement of the corpuscles is to find how a number of bodies which repel each other with forces inversely proportional to the square of the distance between them will arrange themselves when under the action of an attractive force tending to drag them to a fixed point. For the experimental method the corpuscles are replaced by magnetised needles pushed through cork discs and floating on water. Care should be taken that the needles are equally magnetised. These needles, having their poles all pointing in the same way, repel each other like the corpuscles. The attractive force is produced by a large magnet placed above the surface of the water, the lower pole of this magnet being of the opposite sign to that of the upper poles of the floating magnets. The component along the surface of the water of the force due to this magnet is directed to the point on the surface vertically below the pole of the magnet, and is approximately proportional to the distance from this point. The forces acting on the magnets are thus analogous to those acting on the corpuscles.

If we throw needle after needle into the water we shall find that they will arrange themselves in definite patterns, three needles at the corners of a triangle, four at the corners of a square, five at the corners of a pentagon; when, however,

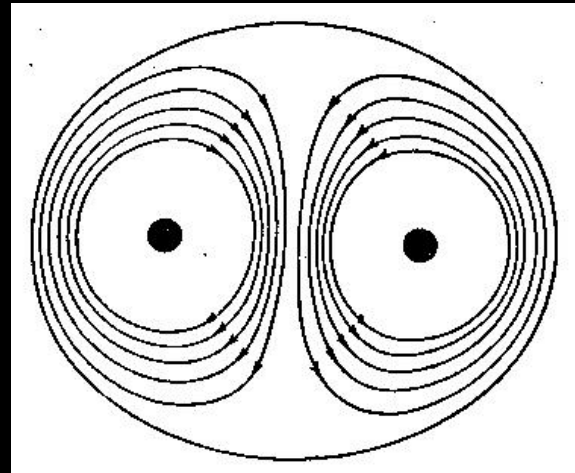


O pomiarach Wiecherta, Kaufmanna i J. J. Thomsona:

„Spośród działów badań fizycznych, które ostatnio bardzo się rozwijają, niewiele ma większe znaczenie od badań wyładowań w gazach rozrzedzonych. Dzieje się tak nie tylko wskutek szybkiego rozwoju tego przedmiotu, lecz także ze względu na daleko sięgające konsekwencje wyników i wpływ jakie zdają się wywierać na bardzo różne działy fizyki...

Najpoważniejszym powodem, by wątpić w prawdziwość wartości otrzymanych na stosunek e/m jest niewiarygodna prędkość promieni katodowych. Jakież mamy podstawy, by przypuszczać, że zwykłe prawa elektryczności i mechaniki mogą być stosowane do cząstki poruszającej się z prędkością jednej trzeciej prędkości światła? Wydaje mi się, że mamy tu najbardziej zdumiewający przykład ekstrapolacji w całej historii fizyki."

Ernest Merritt, profesor fizyki w Cornell University, wiceprezydent American Association for the Advancement of Science, *Science*, XII, No. 289, 13 VII 1900.



„Korpuskularna teoria materii, z jej założeniami dotyczącymi ładunków elektrycznych i sił między nimi, nie jest ani trochę tak fundamentalna jak wirowa teoria materii...”

J. J. Thomson (1906)

Sir William

Thomson zawnioskował [Thomson and Tait, *Natural Philosophy*, vol. I, part II, App. F, 1883 i *Nature*, Czerwiec, 1883 (tę ostatnią pracę patrz specjalnie)], że gdybyśmy kulę wody wielkości piłki do grania (16 cm. w średnicy) powiększyli do rozmiarów, jakie posiada nasza ziemia, wówczas pojedyncze cząstki, czyli ziarna wody, zajmowałyby przestrzenie nieco większe niż mała kula karabinowa, lecz mniejsze niż piłka do grania.

Lecz to wszystko wcale nas nie poucza o naturze tych atomów czyli cząsteczek. Na pierwszy rzut oka zdawałoby się naturalnym przypuszczeniem, że przedstawiają się one w postaci twardej kul; lecz takie przypuszczenie nie byłoby w stanie objaśnić ani ich sprężystości, ani też wzajemnego działania na siebie: Faraday uważał cząstki za „środki siły” (centres of force), a Macquorn Rankine za jądra, z których każde otoczone jest atmosferą pełną wirów i prądów bardzo złożonej natury.

Najbardziej interesującą hipotezę w tym kierunku postawił Sir William Thomson, który przypuszcza, że każdy atom materii jest wirem pierścieniowym (vortex-ring, francuzkie: tourbillon) w eterze wszechświatowym. Eter nie działa bezpośrednio na nasze zmysły, lecz hipoteza Sir Williama Thomsona sprowadza działanie materii na nasze zmysły do zupełnie tej samej kategorii zjawisk, co i działanie światła lub ciepła promienistego, to znaczy, że objawy materii są tylko pewnym rodzajem ruchu eteru.

Alfred Daniell,

Podręcznik zasad fizyki

Warszawa, 1887

Przyjrzyjmy się kółkom dymu, jakie wychodzą z paszczy działa, z komina lokomotywy, z ćmiącej się fajki tytoniu, z warg palacza, lub z wybuchającego pęcherzyka fosforowodoru. Spostrzeżemy, że wszystka materya tworząca taki pierścień znajduje się w ruchu obrotowym około osi mającej formę koła i nieposiadającej swobodnych końców. Jest to wir-pierścieniowy; przypuszczamy właśnie, iż taki sam ruch eteru stanowi atom-wirowy (vortex-atom). Obracający się pierścień tego rodzaju w niedoskonałym płynie, jakim jest powietrze, musi być wynikiem tarcia; lecz w płynie doskonałym może on powstać jedynie tylko na skutek specjalnego aktu stworzenia pewnego rodzaju. Taki atom wirowy w płynie doskonałym posiadałby następujące własności: poruszałby się w płynie; objętość jego byłaby niezmienną; byłby niezniszczalny; pod wpływem uderzeń innych atomów-wirowych byłby niepodzielny, lecz przedstawiałby sprężystość doskonałą, gdyż aczkolwiek odkształcony na pewną chwilę, odzyskiwałby pierwotną formę, odbywając wahania około średniej swój postaci: a więc mógłby on wykonywać ruchy harmoniczne, co, jak nam dowodzi spektroskop, jest istotnym udziałem cząstek materyi; mógłby on zmieniać swą formę, stawać się małym a grubym, lub dużym a cienkim, i, praktycznie rzeczy biorąc, jest to jedyna forma ruchu w eterze, która może zachodzić w jednym i tym samym lub w pobliżu jednego i tego samego miejsca w przestrzeni, i która może się składać w jedno z ruchami postępowemi. Tego rodzaju budowa atomowa zgadza się z tem, co Tolver Preston nazywa „otwartą budową materyi” (open structure of matter), pozwalającą na przechodzenie światła, wysiłów elektrycznych i magnetycznych oraz działania ciężkości przez tak zbudowaną materyę. Wszystkie te własności wirów-pierścieniowych objaśniają bardzo dobrze wiele ze znanych własności materyi; lecz znajomość ich nie wystarcza nam, ponieważ należy objaśnić nie tylko atom chemiczny i atomowość (wartościowość), ale także istnienie masy fizycznej i zjawiska ciężenia. Przed rozwiązaniem obu tych zadań nie jesteśmy w stanie postawić wystarczającej teorii o wewnętrznej budowie cząstki (molecule).

Alfred Daniell,
Podręcznik zasad fizyki
Warszawa, 1887

„Początkowo było bardzo mało takich, którzy wierzyli w istnienie ciał mniejszych niż atomy. Jakiś czas później pewien wybitny fizyk, który był obecny na moim wykładzie w Royal Institution, powiedział mi, że myślał, iż sobie kpię ze słuchaczy. Wcale mnie to nie zdziwiło, ponieważ sam z największą niechęcią przyjąłem taką interpretację moich eksperymentów, i dopiero kiedy nabrałem przekonania, że nie ma innego wyjaśnienia, zdecydowałem się opublikować moje przekonanie o istnieniu ciał mniejszych od atomów.”



J. J. Thomson, *Recollections and reflections* (1936)

W 1906 roku Nagroda Nobla z fizyki
dla Josepha Johna Thomsona

*„w uznaniu wielkiego znaczenia jego
teoretycznych i doświadczalnych badań
przewodzenia elektryczności przez gazy.”*

Stan fizyki w 1900 roku

Liczba fizyków w 1900 roku

	Forman et al.	Kudriawcew	Liczba przyjęta
Argentyna		4	4
Austro-Węgry	79	53 [#]	79
Belgia	17		17
Bułgaria		2	2
Francja	145	~90	145
Hiszpania		13	13
Holandia	31	~15	31
Imperium Brytyjskie [*]	171	~100	171
Japonia	11	8	11
Niemcy	195	~120	195
Portugalia		8	8
Rosja	40	50	50
Rumunia		5	5
Serbia		3	3
Stany Zjednoczone	195	~110	195
Szwajcaria	47		47
Szwecja/Norwegia ^{**}	34 ^{***}		34
Włochy	73	~50	73
			1083
Inne kraje (1905) ^{##}			15

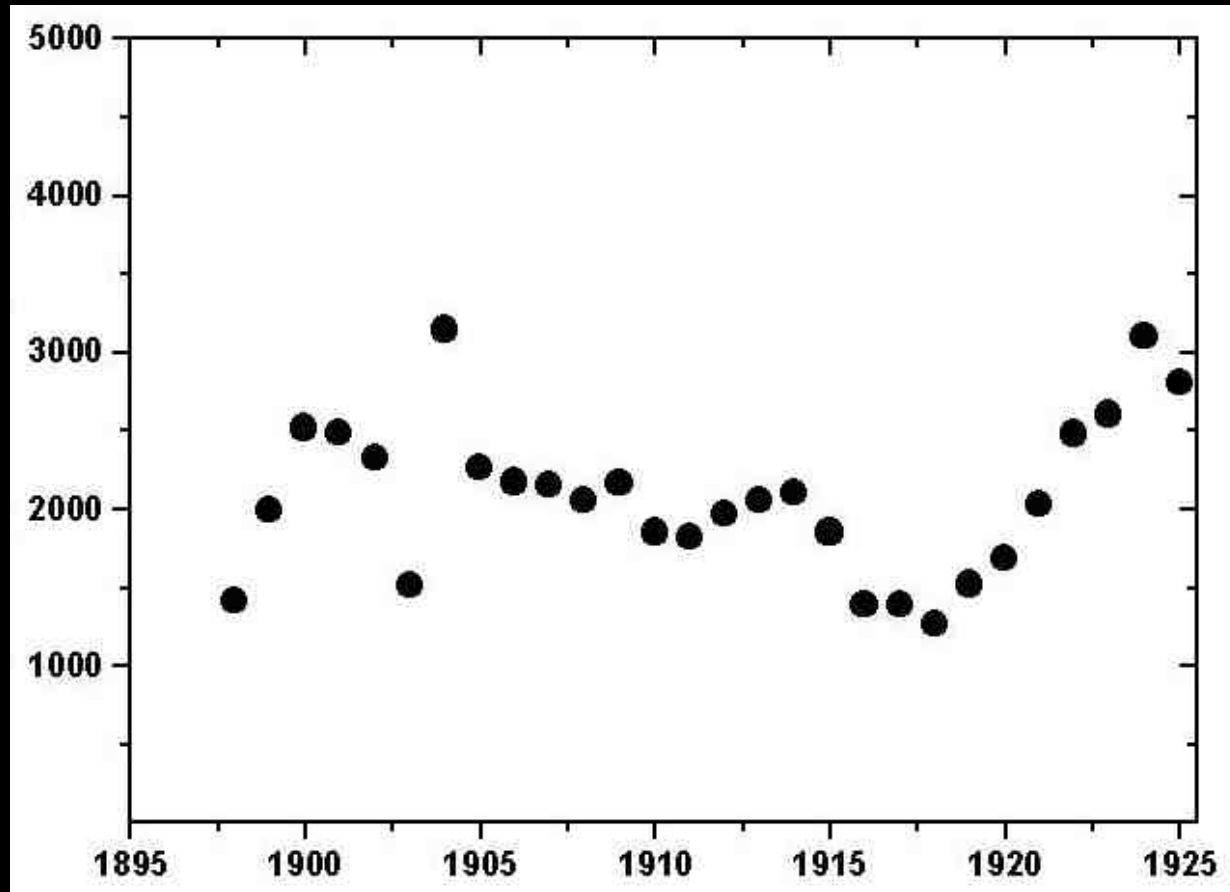
^{*} Razem z Indiami, Irlandią i Kanadą; ^{**} Unia do 1905 r.; ^{***} Razem z Danią i Finlandią;

[#]33 Austriaków, 8 Węgrów, 6 Polaków, 4 Czechów;

^{##}Brazylia, Chile, Grecja, Peru, Turcja, Urugwaj (*Addressbuch der Lebender Physiker...*)

Liczba prac z fizyki zarejestrowana w *Science Abstracts*

Liczba
prac
w danym
roku



Science Abstracts

1900

17,1%

17,0%

10,7%

1,6%

31,0%

22,6%

1/3 publikacji w
Science Abstracts
dotyczyła techniki

SUBJECT INDEX.

To facilitate reference to any desired subject, the Index is divided into the following sections arranged alphabetically. If any of these are absent this may be taken as an indication that no Abstracts dealing with those particular subjects have been included in this volume.

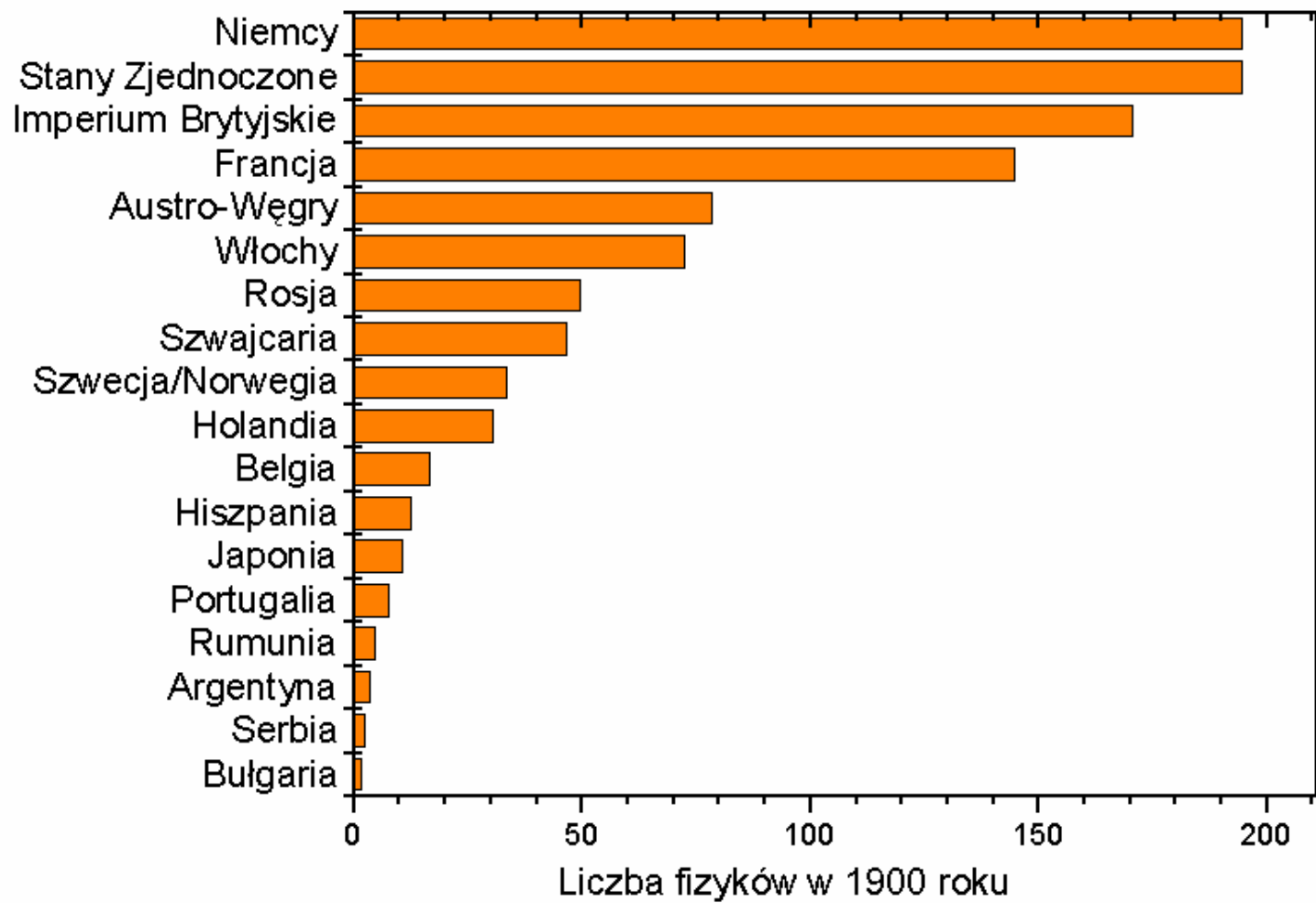
The numbers refer to Abstracts, those in italics referring to References.

- In General Physics* :—Apparatus and Instruments (physical, excluding electrical, descriptive); Astronomy; Elasticity; Gravity; Measurements; Meteorology, &c.; Miscellaneous; Surface Tension; Theories.
- In Light* :—Absorption (light and heat); Dispersion; Interference; Measurements; Miscellaneous; Phosphorescence and Fluorescence; Photography; Photometry; Polarisation; Rays; Reflection; Refraction; Spectra; Vision; Zeeman Effect and Radiation in a Magnetic Field.
- In Heat* :—Absorption (light and heat); Conductivity (thermal); Critical Points and Constants; Dilatation; Freezing-, Melting-, and Boiling-Points; Gases and Vapours; Measurements; Miscellaneous; Specific Heat and Latent Heat; Temperature; Temperatures (high and low); Thermodynamics; Vapour Pressure.
- In Sound* :—All Abstracts referring to this subject have been indexed under *Sound*.
- In Electricity and Magnetism* :—Absorption; Alternate Current Research; Apparatus and Instruments (descriptive); Capacity (electrostatic); Conductivity and Resistivity; Dielectrics; Discharge in Gases and in Vacuo; Induction; Induction (self and mutual); Measurements; Medical Electricity; Miscellaneous; Oscillations and Waves; Polarisation (electric waves); Polarisation (electrolytic); Resonance; Static Electricity; Terrestrial Magnetism and Electricity; Thermo-Electricity and Thermo-Magnetism.
- In Chemical Physics* :—Absorption; Batteries (primary); Batteries (secondary); Chemical Equilibrium; Dissociation and Ionisation; Electric Furnace Processes; Electrolysis (commercial); Electrolysis (except commercial); Electrolytic Analysis; Miscellaneous; Osmosis; Solution and Solubility; Vats and Cells (electrolytic).
- In Steam Plant, Gas and Oil Engines* :—Accessories (steam plant); Automobiles; Boilers; Condensers; Economisers and Feed Water Heaters; Gas Engines, Gas Producers, &c.; Miscellaneous; Oil Engines; Steam Engines.
- In General Electrical Engineering* :—Accessories and Appliances (electrical, excluding traction); Apparatus and Instruments (descriptive); Batteries (primary); Batteries (secondary); Equipment of Factories and Machine Tools; Insulation and Insulators; Miscellaneous.
- In Generators, Motors, and Transformers* :—Alternators; Dynamos; Miscellaneous; Motors; Rectifiers; Transformers and Rotary Converters.
- In Power Transmission, Traction, and Lighting* :—Accessories and Appliances (traction); Automobiles; Cables, Conductors and Wiring; Costs; Electricity Works (descriptive); Lamps (arc) and Arc Lighting; Lamps (incandescent); Miscellaneous; Power Transmission and Distribution; Traction (electric, by accumulators); Traction (excluding accumulator traction and descriptions of power stations); Traction (mechanical).
- In Telegraphy and Telephony* :—Telegraphy (excluding wireless telegraphy); Telegraphy (wireless); Telephony.

Liczba aktywnych fizyków w 1900 roku

1. Bezpośrednie „zliczanie głów” > 1083
2. *Adressbuch der lebender Physiker, Mathematiker und Astronomer* (1905) < 1290
3. *Science Abstracts for 1900* $0,7 \times 1658 \approx 1160$

Trzy niezależne oceny dają bardzo zbliżony wynik



Znani fizycy w 1900 roku

Niemcy: Max Abraham, Paul Drude, Wilhelm Hallwachs, Johann Wilhelm Hittorf Friedrich Kohlrausch, Philip Lenard, Otto Lummer, Walther Nernst, Max Planck, Ernst Pringsheim, Carl Pulfrich, Wilhelm Conrad Röntgen, Heinrich Rubens, Emil Warburg, Wilhelm Wien

Wielka Brytania: William Crookes, James Dewar, Joseph Larmor, Oliver Lodge, John Poynting, George Stokes, William Strutt (Lord Rayleigh), John Joseph Thomson, William Thomson (Lord Kelvin)

Francja: Emil Amagat, Henri Becquerel, Marcel Brillouin, Marie Alfred Cornu, Pierre Curie, Maria Skłodowska-Curie, Gabriel Lippmann, Eleuthere Mascart, Jean Perrin, Henri Poincaré

Stany Zjednoczone: Josiah Gibbs, Samuel Langley, Albert Michelson, Henry Rowland, Robert Wood

Holandia: Heike Kamerlingh-Onnes, Hendrik Lorentz, Johannes Van der Waals, Pieter Zeeman

Austro-Węgry: Ludwig Boltzmann, Roland Eötvös, Ernst Lecher, Karol Olszewski

Rosja: Boris Golicyn, Piotr Lebediew, Nikołaj Umow

Szwecja: Johannes Rydberg

Krótką tradycja kongresów międzynarodowych

Pierwszy Międzynarodowy Kongres Chemików Karlsruhe, 1860	140
Pierwszy Międzynarodowy Kongres Matematyków Zurych, 1894	<100
Pierwszy Międzynarodowy Kongres Fizyków Paryż, 1900	~800

„Komitet organizacyjny skoncentrował wysiłki na przygotowaniu dobrego streszczenia aktualnego stanu wiedzy fizycznej, zwłaszcza w tych dziedzinach, w których w ostatnich poprzedzających latach dokonano największego postępu i w których wydawało się najważniejsze zbadanie aktualnego stanu postępu w końcu XIX wieku. Po ustaleniu listy tematów podzielono je między fizyków, którzy wydawali się być najlepiej powołani aby przedstawić pełny opis ich przedmiotu. Raporty te opublikowano w trzech tomach, po francusku. Zawierają one najpełniejsze z dotychczasowych przedstawienie jakiegokolwiek nauki w jakiejś epoce..”



*Ch. E. Guillaume,
Sekretarz Komitetu Organizacyjnego Kongresu*

RAPPORTS
PRÉSENTÉS AU
CONGRÈS INTERNATIONAL
DE
PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900

SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

RASSEMBLÉS ET PUBLIÉS PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME ET L. POINCARÉ,
Secrétaires généraux du Congrès.

TOME I.

QUESTIONS GÉNÉRALES. — MÉTROLOGIE.
PHYSIQUE MÉCANIQUE. — PHYSIQUE MOLÉCULAIRE.

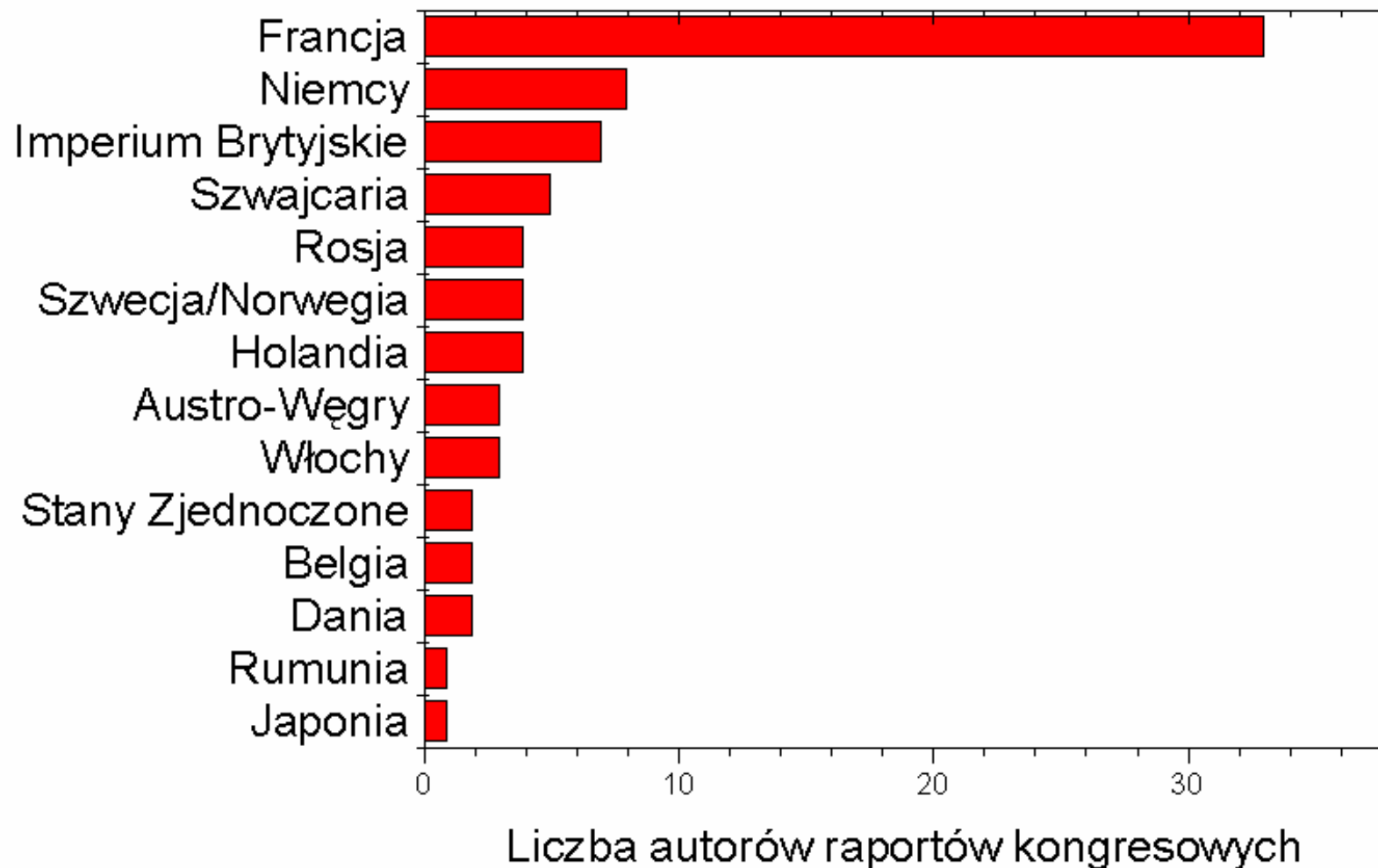


PARIS,

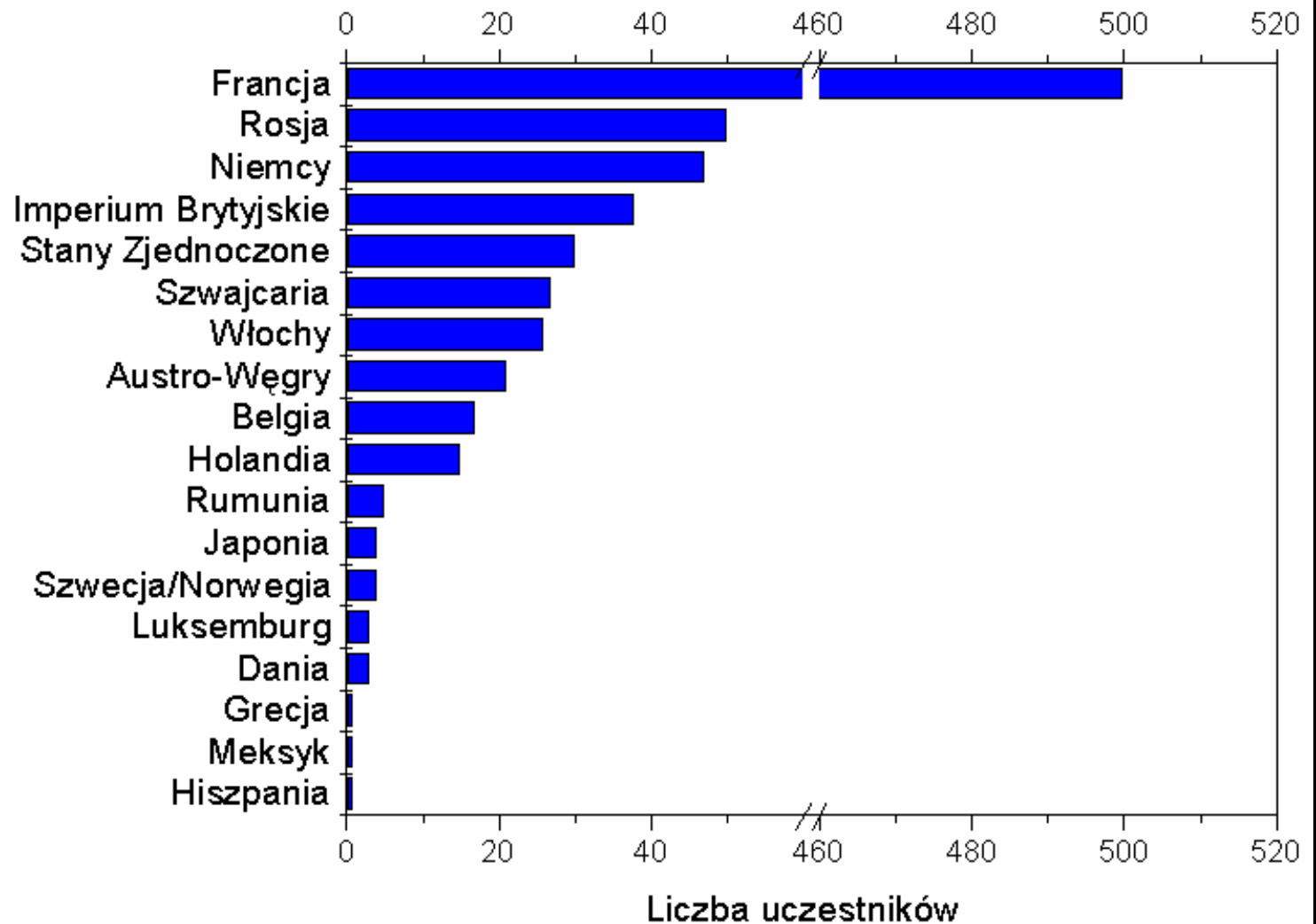
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1900

I Międzynarodowy Kongres Fizyki w Paryżu (1900)



I Międzynarodowy Kongres Fizyki w Paryżu (1900)



I Międzynarodowy Kongres Fizyków Paryż, 6 -12 sierpnia 1900 r.

Sekcje kongresu:

1. Zagadnienia ogólne i metrologia
2. Mechanika i fizyka cząsteczkowa
3. Optyka i termodynamika
4. Elektryczność i magnetyzm
5. Magnetoptyka, promienie katodowe, uranu itd.
6. Fizyka kosmiczna
7. Fizyka biologiczna

Zagadnienia omawiane w Sekcji 1:

Fizyka matematyczna i fizyka doświadczalna (H. Poincaré),

Dokładność pomiarów w metrologii (Benoit)

Laboratoria narodowe (Pellat)

Przegląd propozycji układów jednostek (Guillaume)

Pomiary interferometryczne w metrologii (Macé de Lépinay)

Prędkość dźwięku (Violle)

Skale termometryczne (Chappuis)

Postęp w pirometrii (Barus)

Mechaniczny równoważnik ciepła (Ames)

Ciepło właściwe wody (Griffiths)

Wzorzec siły elektromotorycznej (Gouy)

Równoważnik elektrochemiczny srebra, miedzi i wody (Leduc)

Badanie powierzchni poziomemu na Ziemi i zmiany ciężenia w polu magnetycznym (Eötvös)

Rozkład siły ciężkości na powierzchni Ziemi (Bourgeois)

Stała grawitacji (Boys)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 2:

Symetria i sprężystość kryształów (Vogt)

Deformacje ciał stałych (Mensager)

Ciała stałe pod ciśnieniem (Spring)

Budowa stopów metali (Roberts-Austen)

Krystalizacja przy stałej temperaturze (Van't Hoff)

Kalorymetria cieczy (Battelli)

Statyka cieczy (Amagat)

Statyka mieszanin cieczy (Van der Waals)

Ścisłość cieczy (Szwedow)

Wyznaczanie stałych krytycznych (Mathias)

Krytyczny współczynnik załamania (Golicyn)

Osmoza (Perrin)

Dyfuzja gazów (Brillouin)

Włoskowatość (Van de Mensbrugghe)

Topnienie i krystalizacja (Weinberg)

Deformacje wędrujące (Guillaume)

Oddziaływania hydrodynamiczne na odległość (Bjerknes)

Ciepło właściwe gazów (Battelli)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 3:

Warunki tworzenia się fal w eterze (W. Thomson)

Rozkład linii widmowych (Rydberg)

Dyspersja (Carvallo)

Promieniowanie ciał czarnych (Lummer)

Promieniowanie gazów (Pringsheim)

Teoretyczne prawa promieniowania (Wien)

Właściwości optyczne metali (Drude)

Prędkość światła (Cornu)

Ciśnienie światła (Lebediew)

Teoria kinetyczna gazów i zasada Carnota (Lippmann)

Postęp teorii maszyn cieplnych (Witz)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 4:

Rozchodzenie się energii elektrycznej w polu elektromagn. (Poynting)

Stosunek jednostek elektromagn. i elektrostat. (Abraham)

Prędkość fal elektrycznych (Blondlot i Gutton)

Fale Hertza (Righi)

Radioinduktory (Koherery) (Branly)

Gazy jako dielektryki (Bouty)

Elektroliza i jonizacja (Arrhenius)

Histereza (Warburg)

Elektryczność kontaktowa (Christiansen)

Właściwości magnetyczne materii (Du Bois)

Magnetostrykcja (Nagaoka)

Zmiany fizyczne wywołane namagnesowaniem (Hurmuzescu)

Przemiany węglików żelaza (Van't Hoff)

Zapis prądów zmiennych (Blondel)

Teoria ogniw (L. Poincaré)

Łuk elektryczny (Lang)

Prądy wielofazowe (Potier)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 5:

Teoria zjawisk magnetoptycznych (Lorentz)

Teoria dyspersji w metalach (Drude)

Zjawiska aktynoelektryczne (Bichat i Swyngedauw)

Gazy zjonizowane (Villari)

Dane o budowie materii na podstawie badań wyładowań elektrycznych w gazach (J. J. Thomson)

Promienie katodowe (Villard)

Promieniowanie uranu (Becquerel)

Nowe pierwiastki promieniotwórcze i ich promieniowanie (M. & P. Curie)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 6:

Budowa fizyczna Słońca (Birkeland)

Stała słoneczna (Crova)

Porównanie światła Słońca i gwiazd (Dufour)

Elektryczność atmosferyczna (Exner)

Zorze polarne (Paulsen)

Lód i lodowce (Hagenbach)

Oscylacje jezior (Forel i Sarasin)

Zagadnienia omawiane w Sekcji 7:

Przenoszenie energii w organizmie (Broca)

Zjawiska fizyczne na siatkówce (Charpentier)

Akomodacja (Tscherning)

Zjawiska cząsteczkowe wywołane przez elektryczność
w materii żywej i nieożywionej (Bose)

Analiza widmowa w fizyce biologicznej (Hénocque)

O potrzebie perspektywy w historii

О потребности перспективы в истории

GESCHICHTSTAFELN

DER
PHYSIK

VON

FELIX AUERBACH



LEIPZIG
VERLAG VON JOHANN AMBROSIIUS BARTH
1910

Ю.А.ХРАМОВ

**БИОГРАФИЯ
ФИЗИКИ**
ХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ
СПРАВОЧНИК

Ответственный редактор
акад. АН УССР
А. Г. СИТЕНКО

КНБВ
«ТЕХНИКА»
1983

1900	Elektrische Ablenkung der β -Strahlen (vgl. 1899 <i>Elster</i>)	<i>Bequerel</i> und <i>Dorn</i>
	Halbringelektromagnet (vgl. 1894)	<i>du Bois</i>
	Bestimmung von Diamagnetismen	<i>du Bois</i> und <i>Schüler</i>
	Thermochemie der Gasketten	<i>Bose</i>
	Praktisches Härteprüfungsverfahren (vgl. 1890 <i>Auerbach</i>)	<i>Brinell</i>
	Gesetz der Diffusion der Gase durch eine Öffnung	<i>Brown</i>
	Neueste und genaueste Messung der atmosphärischen Refraktionskonstante	<i>Courvoisier</i>
	Stark absorbierbare α -Strahlen	<i>Curie</i>
	Elektrische Ladung der β -Strahlen	<i>Curie</i>
	Erklärung der akustischen Kohärerwirkung durch die Bildung von Klangfiguren in den Brücken (vgl. 1898 <i>Auerbach</i>)	<i>Drago</i>
f.	Elektronentheorie der Metalle, insbesondere ihrer Stromleitung und ihrer optischen Eigenschaften (vgl. 1898 <i>Riecke</i>)	<i>Drude</i>
	Einflußlosigkeit des den Lichtstrahlen entsprechenden Magnetfeldes auf die Lichterscheinungen	<i>Drude</i>
f.	Ionentheorie der Hallgruppe von Effekten Tönender Lichtbogen, insbesondere Duddelschaltung (vgl. 1898 <i>Simon</i>)	<i>Duddel</i>
f.	Untersuchungen über Lufterlektrizität	<i>Ebert</i>
	Studien über die Seiches (1886 <i>Forel</i>)	<i>Ebert</i>
f.	Untersuchung über Ionisierung der Luft usw.	<i>Elster</i> und <i>Geitel</i>
	Rotation unter Einfluß von Röntgenstrahlen	<i>Gratz</i>
f.	Geometrische Optik auf Grund der allgemeinen Flächentheorie	<i>Gullstrand</i>
f.	Neue Theorie der Lippenpfeifen	<i>Hensen</i>
	Wirkung der Radiumstrahlen auf Selen	<i>Himstedt</i>
	Einführung der Begriffe Tropie und Ektropie Leitfähigkeit und Leitverhältnis reiner Metalle	<i>Hirth</i> und <i>Jäger</i> und <i>Disselhorst</i>
	Entladungseigentümlichkeiten leitender Gase Abstrakte Formulierung des Beharrungsprinzips	<i>Kaufmann</i>
	Bolometrischer Atlas des ultraroten Sonnenspektrums	<i>Kleinpeter</i>
	Experimentelle Messung des Drucks durch Lichtstrahlen (vgl. 1873 <i>Maxwell</i>)	<i>Langley</i>
	Wirkung ultravioletten Lichts auf Gase, insbesondere Nebelkern- und Ozonbildung	<i>Lebedew</i>
		<i>Lenard</i>

1900	Elektrizität der Wasserfälle	<i>Lenard</i>
	Konvektionsströme und Faradaysches Gesetz bei geschmolzenen Salzen	<i>R. Lorenz</i>
	Hallphänomen in Flammgasen	<i>Marx</i>
	Kritischer Einfallswinkel beim Kerreflekt	<i>Micheli</i>
	Fortschreitende elektrische Wellen in parallelen Drähten	<i>Mie</i>
f.	Untersuchungen über Äther und Elektronen	<i>Mie</i>
	Elastizitätsmoduln von Gesteinen	<i>Nagaoka</i>
	Volumenänderung bei der Magnetisierung	<i>Nagaoka</i> und <i>Honda</i>
	Allgemeine Strahlungsformel, abgeleitet aus der elektromagnetischen Theorie, und Aufstellung eines absoluten Maßsystems	<i>Planck</i>
f.	Genaueste Werte der thermischen Ausdehnung des Wassers	<i>Reichsanstalt</i>
	Genaueste Messungen der Ladung des Ions	<i>Richarz</i>
	Strahlung des schwarzen Körpers und Bestätigung der Planckschen Formel	<i>Rubens</i> und <i>Kurlbaum</i>
	Allgemeine Theorie des Konkavgitters	<i>Runge</i>
	Radioaktivität der Torverbindungen, Emanation und Induktion	<i>Rutherford</i>
	Beziehung der Härte zum periodischen System	<i>Rydberg</i>
	Unterbrechungs- und Variationstöne	<i>Schaefer</i> und <i>Abraham</i>
	Einfluß der Temperatur auf das Potentialgefälle in Röhren	<i>G. C. Schmidt</i>
	Theorie der Beugung der Röntgenstrahlen	<i>Sommerfeld</i>
	Änderung der Leitfähigkeit von Gasen durch einen stetigen elektrischen Strom	<i>Stark</i>
f.	Ionisierung durchströmter Gase, selbständige und unselbständige Strömung, unipolare Entladung	<i>Stark</i>
	Schallgeschwindigkeit in verschiedenen weiten Röhren und Prüfung der Kirchhoffschen Formel (1868)	<i>Stevens</i>
	Untersuchungen über Radiumstrahlen	<i>Strutt</i>
	Bei steigendem Druck nimmt die Volumenänderung beim Schmelzen auf null ab	<i>Tammann</i>
	Ionisierung durch Ionenstoß	<i>J. J. Thomson</i>
	Theorie der Kugelblitze und Elmsfeuer	<i>M. Toepler</i>
	γ -Strahlen ohne Ablenkung und mit starker Durchdringung	<i>Villard</i>
	Theorie des Kristall-Ferromagnetismus (vgl. 1896 <i>Weiss</i>)	<i>Voigt</i>
	Theorie der binären Gemische und die ψ -Fläche	<i>van der Waals</i>

● Разработано тензорное исчисление (Г. Риччи-Курбастро, Т. Леви-Чивита).

Ш. Гийом



1900. Дж. Рэлей вывел закон распределения энергии в излучении абсолютно черного тела, развитый в 1905 Дж. Джинсом:

$$\varepsilon_0(\nu, T) = \frac{2\pi^2}{c^2} \nu^2 RT$$

(закон Рэлей—Джинса).

Экспериментально подтвержден в 1901 Г. Рубенсом и Ф. Курлбаумом для длинных волн.

Дж. Рэлей



1900—1902. Г. Рубенс и Э. Хаген выполнили измерения отражательной способности металлов, подтвердившие электромагнитную теорию света Максвелла.

1900. Введение понятия кванта энергии (М. Планк).

● М. Планк сформулировал квантовую гипотезу и ввел фундаментальную постоянную h (постоянная Планка), имеющую размерность действия, положив начало квантовой теории.

● М. Планк предложил новую формулу для распределения

энергии в спектре излучения абсолютно черного тела:

$$\varepsilon_0(\nu, T) = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

(закон Планка).

● Экспериментальное подтверждение формулы излучения Планка (Г. Рубенс, Ф. Курлбаум).

● Вышел в свет труд «Эфир и материя» Дж. Лармора, где помещена его электродинамика движущихся сред.

● П. Виллар открыл γ -лучи.

● М. Склодовская-Кюри первая указала на корпускулярную природу альфа-лучей.

● Обнаружено отклонение бета-лучей электрическим полем (Ф. Дорн).

● А. Беккерель, пропуская бета-лучи через пересекающие друг друга электрическое и магнитное поля, измерил отношение заряда к массе бета-частиц и установил, что оно того же порядка, что и для частиц катодных лучей.

● П. Кюри и М. Склодовская-Кюри доказали, что бета-лучи несут отрицательный заряд.

● Э. Резерфорд ввел понятие периода полураспада.

● А. Пуанкаре ввел импульс электромагнитного поля.

● Дж. Таунсенд построил теорию проводимости в газах и рассчитал коэффициенты диффузии заряженных частиц.

● М. Бриллюэн разработал математическую теорию диффузии газов.

● Т. Эдисон изобрел щелочной (железоникелевый) аккумулятор.

1901. Ж. Перрен сформулировал планетарную модель атома (модель Перрена).

● Обнаружено физиологическое действие радиоактивного излучения (А. Беккерель, П. Кюри).

● О. Ричардсон установил зависимость плотности тока на-

Liczba ważnych odkryć w latach 1899 i 1900

Geschichtstafeln der Physik

Felix Auerbach

Leipzig 1910

1899 1900

44 69

Биография физики

Ю.А.Храмов

Kiev 1983

1899 1900

17 16

Liczba ważnych odkryć pokrywających się w obu spisach

1899

7

1900

7

Siedem pozycji pokrywających się na listach Auerbacha i Chramowa dla roku 1900:

1. Wzór Plancka dla promieniowania ciała czarnego (jego teoria **nie została** wymieniona u Auerbacha !),
2. Potwierdzenie doświadczalne tego wzoru przez Rubensa i Kurlbauma,
3. Odkrycie promieni gamma przez Villarda,
4. Odkrycie odchylenia promieni beta w polu elektrycznym (Dorn, Becquerel),
5. Odkrycie, że promienie beta są cząstkami o ładunku ujemnym (Pierre Curie i Maria Skłodowska-Curie),
6. Pomiar stosunku e/m dla promieni beta, dający wynik bardzo zbliżony do wyniku dla promieni katodowych (Becquerel),
7. Odkrycie przez Lebedewa ciśnienia światła przewidzianego przez teorię Maxwella

Powstanie i recepcja teorii kwantów

Promieniowanie ciała czarnego

- 1860 Gustav Kirchhoff - pojęcie ciała (doskonale) czarnego o uniwersalnym rozkładzie zdolności emisyjnej $e(\lambda, T)$
- 1879 Josef Stefan - $\int e(\lambda, T) d\lambda \sim T^4$ z eksperymentu
- 1884 Ludwig Boltzmann - teoretyczne wyprowadzenie wzoru Stefana
- 1886 Samuel Langley - pomiar rozkładu widmowego promieniowania Słońca
- 1887 Władimir Aleksandrowicz Michelson - pierwszy wzór dla $e(\lambda, T) = a T^{3/2} \lambda^{-6} \exp(-b/\lambda^2 T)$
- 1888 Heinrich Weber - $e(\lambda, T) = a \lambda^{-2} \exp(cT - b/\lambda^2 T^2)$
- 1893 Wilhelm Wien - prawo przesunięć $\lambda_{max} T = constans$**
- 1896 Wilhelm Wien - $e(\lambda, T) = a \lambda^{-5} \exp(-b/\lambda T)$
- 1896 Friedrich Paschen - $e(\lambda, T) = a \lambda^{-5,6} \exp(-b/\lambda T)$

Promieniowanie ciała czarnego



Wilhelm Wien
(1864-1928)

$$a\lambda^{-5} \exp(-b / \lambda T)$$



John William Strutt
(Lord Rayleigh)
(1842-1919)

$$aT\lambda^{-4} \exp(-b / \lambda T)$$



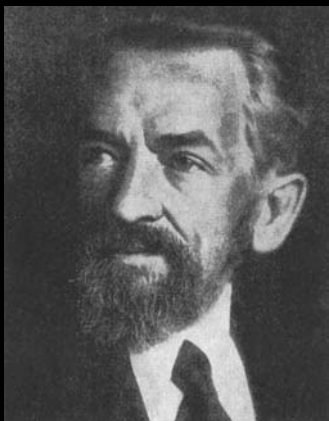
Max Planck
(1858-1947)

19 X 1900 r. - wzór fenomenologiczny na natężenie promieniowania ciała czarnego

Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung

14 XII 1900 r. - wyprowadzenie tego wzoru przy założeniu $E = h\nu$

Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum

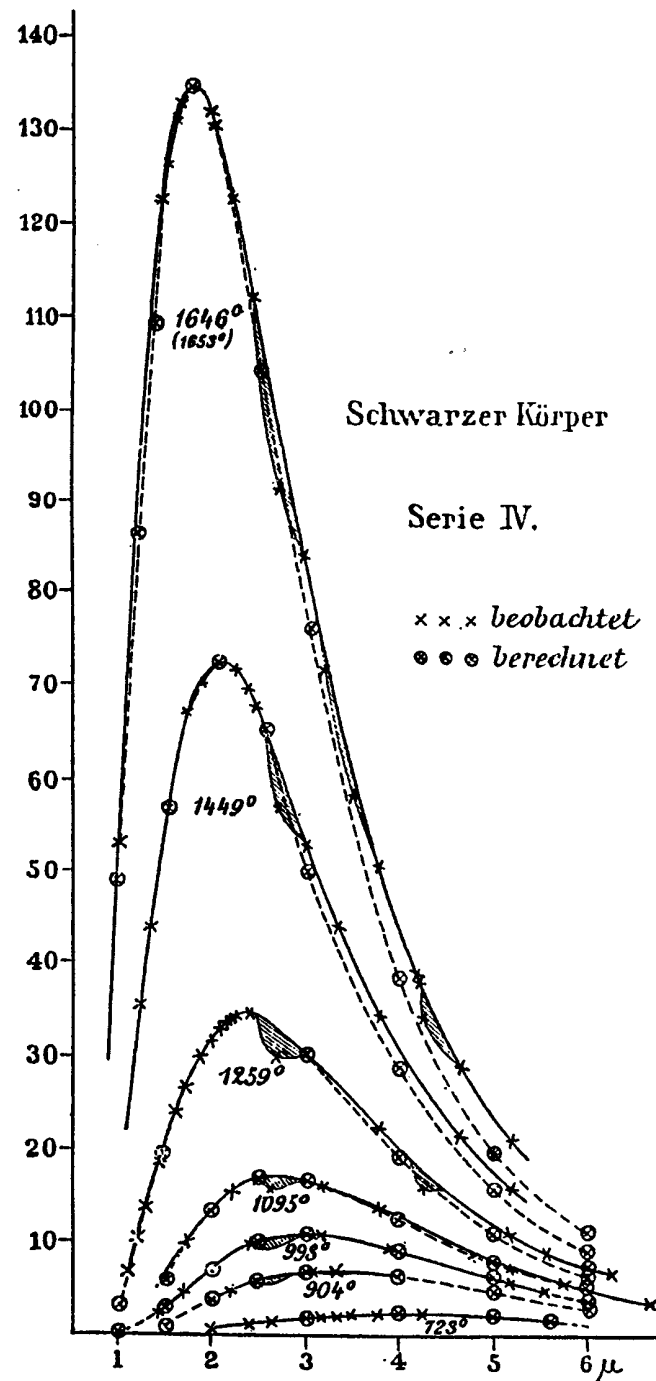


Otto Lummer



Ernst Pringsheim

Pierwsze dokładne pomiary promieniowania ciała czarnego dla dużych długości fali (1899)



Niedziela 7 października 1900 r.

Popołudniowa herbatka u państwa Plancków

Rubens opowiedział Planckowi o tym, że wyniki pomiarów wykazują odstępstwo od przewidywań wzoru Wiena

Po wyjściu gości Planck siadł za biurkiem i tego samego wieczoru wpadł na pomysł ulepszenia wzoru Wiena.

Wyniki przedstawił 19 października 1900 r. na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego w Berlinie

Referat Plancka 19 X 1900 r.



Max Planck

IV.

Verhandlungen der physikal. Gesellschaft 2, p. 202; 1900.

Ueber eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung. (1)

(Vorgetragen in der Sitzung vom 19. Oktober 1900.)

Die von Herrn Kurlbaum in der heutigen Sitzung mitgeteilten interessanten Resultate der von ihm in Gemeinschaft mit Herrn Rubens auf dem Gebiete der längsten Spektralwellen ausgeführten Energiemessungen haben die zuerst von den Herren Lummer und Pringsheim auf Grund ihrer Beobachtungen aufgestellte Behauptung nachdrücklich bestätigt, daß das Wiensche Energieverteilungsgesetz nicht die allgemeine Bedeutung besitzt, welche ihm bisher von mancher Seite zugeschrieben worden war, sondern daß dies Gesetz vielmehr höchstens den Charakter eines Grenzgesetzes hat, dessen überaus einfache Form nur einer Beschränkung auf kurze Wellenlängen bzw. tiefe Temperaturen ihren Ursprung verdankt¹⁾. Da ich selber die Ansicht von der Notwendigkeit des Wienschen Gesetzes auch an dieser Stelle vertreten habe, so sei es mir gestattet, hier kurz darzulegen, wie sich die von mir entwickelte elektromagnetische Theorie der Strahlung zu den Beobachtungstatsachen stellt.

Nach dieser Theorie ist das Energieverteilungsgesetz bestimmt, sobald die Entropie S eines auf Bestrahlung ansprechenden linearen Resonators als Funktion seiner Schwingungsenergie U bekannt ist. Ich habe indes schon in meiner letzten Arbeit über diesen Gegenstand hervorgehoben²⁾, daß der Satz der Entropievermehrung an und für sich noch nicht hinreicht, um diese Funktion vollständig anzugeben; zur Ansicht von der Allgemeinheit des Wienschen Gesetzes wurde ich vielmehr durch eine besondere Betrachtung geführt, nämlich durch die Berechnung einer unendlich kleinen Entropievermehrung eines in einem stationären Strahlungs-

¹⁾ Auch Hr. Paschen hat, wie er mir brieflich mitteilte, neuerdings merkliche Abweichungen vom Wienschen Gesetz festgestellt.

²⁾ M. Planck, Ann. d. Phys. 1. p. 730. 1900.

Zakończenie referatu Plancka 19 X 1900 r.

„...dochodzi się do wzoru promieniowania, zawierającego dwie wielkości stałe,

$$E = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1}$$

Wzór ten, jak mogę ocenić, opisuje opublikowane wartości pomiarów równie dobrze jak najlepsze z opublikowanych dotychczas wzorów spektralnych, to jest wzory Thiesena*, Lummera- Jahnkego** i Lummera-Pringsheima.*** ...Dlatego pozwalam sobie zwrócić uwagę państwa na ten nowy wzór, który z punktu widzenia elektromagnetycznej teorii promieniowania uważam za najprostszy po wzorze Wiena.”

* Thiesen M., Verhandlungen Deutsch. Phys. Ges., 2, 67 (1900),

** Lummer O., Jahnke E., Ann. Phys. 3, 288 (1900),

***Lummer O., Pringsheim E., Verhandlungen Deutsch. Phys. Ges., 2, 174, 900).

Parametryzacje $e(\lambda, T)$ ciała czarnego

Wien 1896

$$a\lambda^{-5} \exp(-b / \lambda T)$$

Rayleigh 1900

$$aT\lambda^{-4} \exp(-b / \lambda T)$$

Lummer, Pringsheim 1900

$$aT\lambda^{-4} \exp(-b / (\lambda T)^{1.25})$$

Lummer, Jahnke 1900

$$a\lambda^{-5} \exp(-b / (\lambda T)^{0.9})$$

Thiesen 1900

$$aT^{0.5} \lambda^{-4.5} \exp(-b / \lambda T)$$

Planck 19 X 1900

$$a\lambda^{-5} \left(\frac{1}{\exp(b / k\lambda T) - 1} \right)$$

Planck 14 XII 1900

$$8\pi hc\lambda^{-5} \left(\frac{1}{\exp(hc / k\lambda T) - 1} \right)$$

„Nazajutrz przyszedł do mnie kolega Rubens i powiedział, że po posiedzeniu jeszcze tej samej nocy porównał dokładnie mój wzór z wynikami swoich pomiarów i wszędzie stwierdził zadowalającą zgodność.”

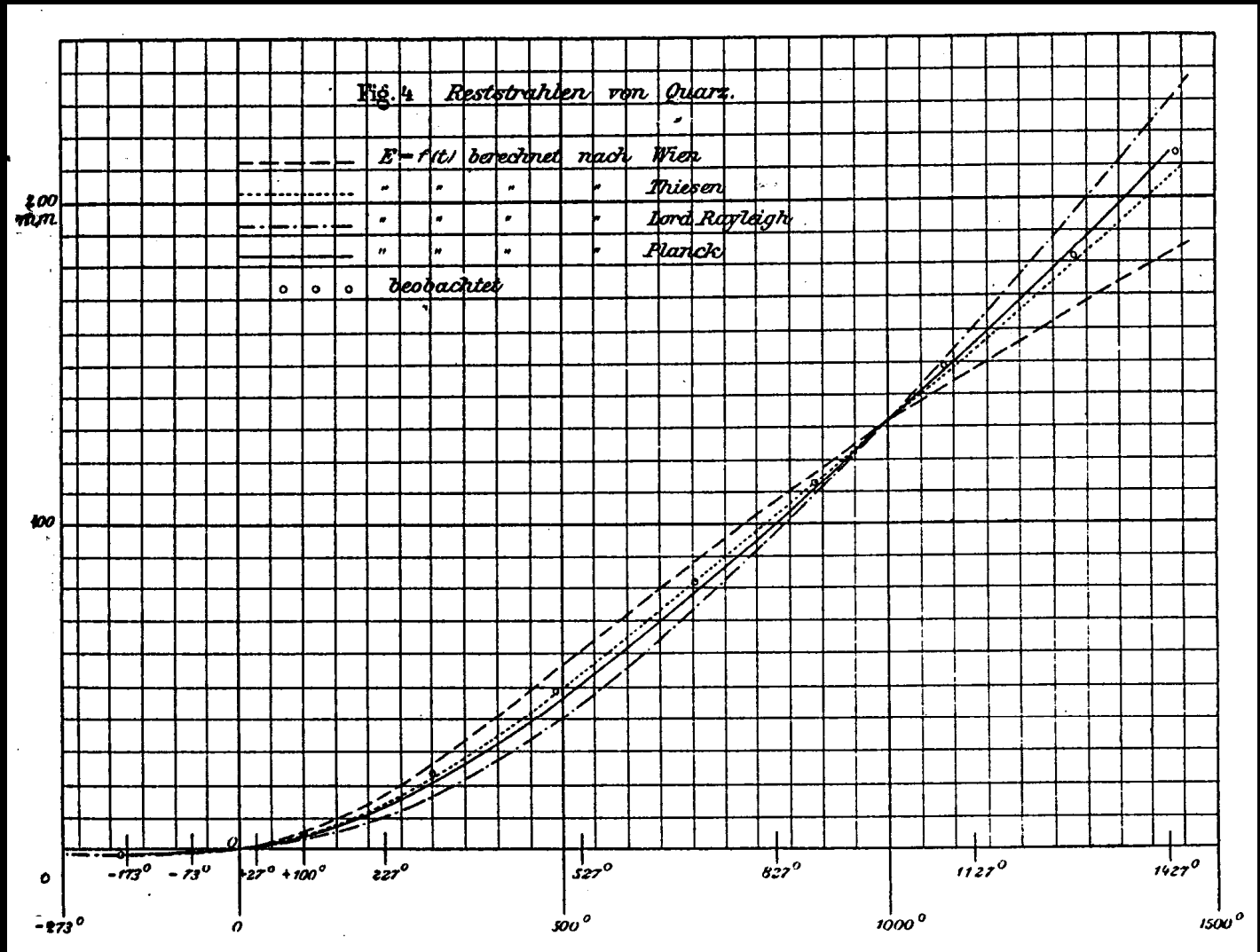
Max Planck



Heinrich
Rubens



Ferdinand
Kurlbaum



14 XII 1900 r.
Narodziny fizyki kwantowej



9. Ueber das Gesetz
der Energieverteilung im Normalspectrum;
von Max Planck.

(In anderer Form mitgeteilt in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft,
Sitzung vom 19. October und vom 14. December 1900, Verhandlungen
2. p. 202 und p. 287. 1900.)

Einleitung.

Die neueren Spectralmessungen von O. Lummer und E. Pringsheim¹⁾ und noch auffälliger diejenigen von H. Rubens und F. Kurlbaum²⁾, welche zugleich ein früher von H. Beckmann³⁾ erhaltenes Resultat bestätigten, haben gezeigt, dass das zuerst von W. Wien aus molecularkinetischen Betrachtungen und später von mir aus der Theorie der elektromagnetischen Strahlung abgeleitete Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum keine allgemeine Gültigkeit besitzt.

Die Theorie bedarf also in jedem Falle einer Verbesserung, und ich will im Folgenden den Versuch machen, eine solche auf der Grundlage der von mir entwickelten Theorie der elektromagnetischen Strahlung durchzuführen. Dazu wird es vor allem nötig sein, in der Reihe der Schlussfolgerungen, welche zum Wien'schen Energieverteilungsgesetz führten, dasjenige Glied ausfindig zu machen, welches einer Abänderung fähig ist; sodann aber wird es sich darum handeln, dieses Glied aus der Reihe zu entfernen und einen geeigneten Ersatz dafür zu schaffen.

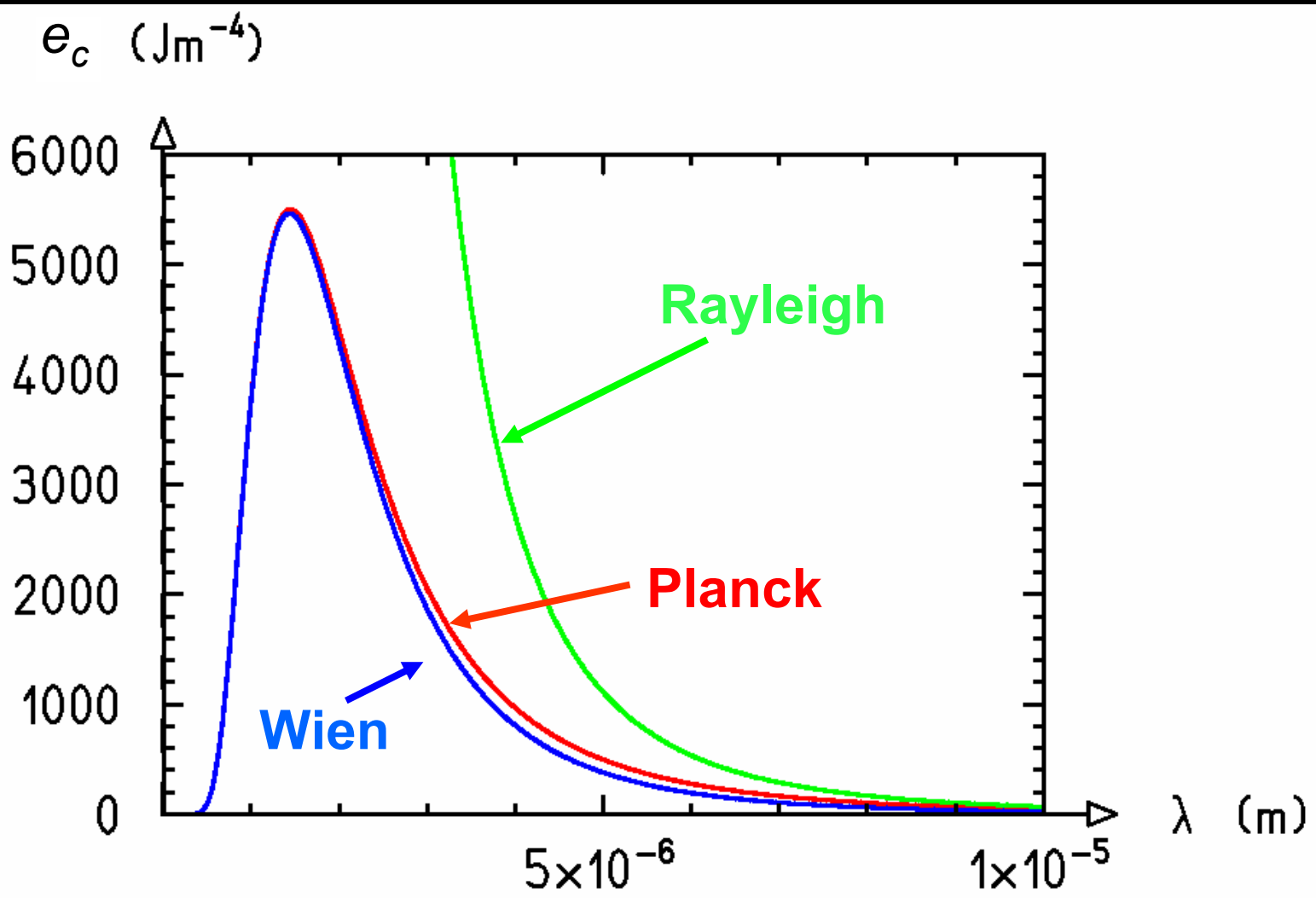
Dass die physikalischen Grundlagen der elektromagnetischen Strahlungstheorie, einschliesslich der Hypothese der „natürlichen Strahlung“, auch einer geschärften Kritik gegenüber Stand halten, habe ich in meinem letzten Aufsatz⁴⁾ über diesen

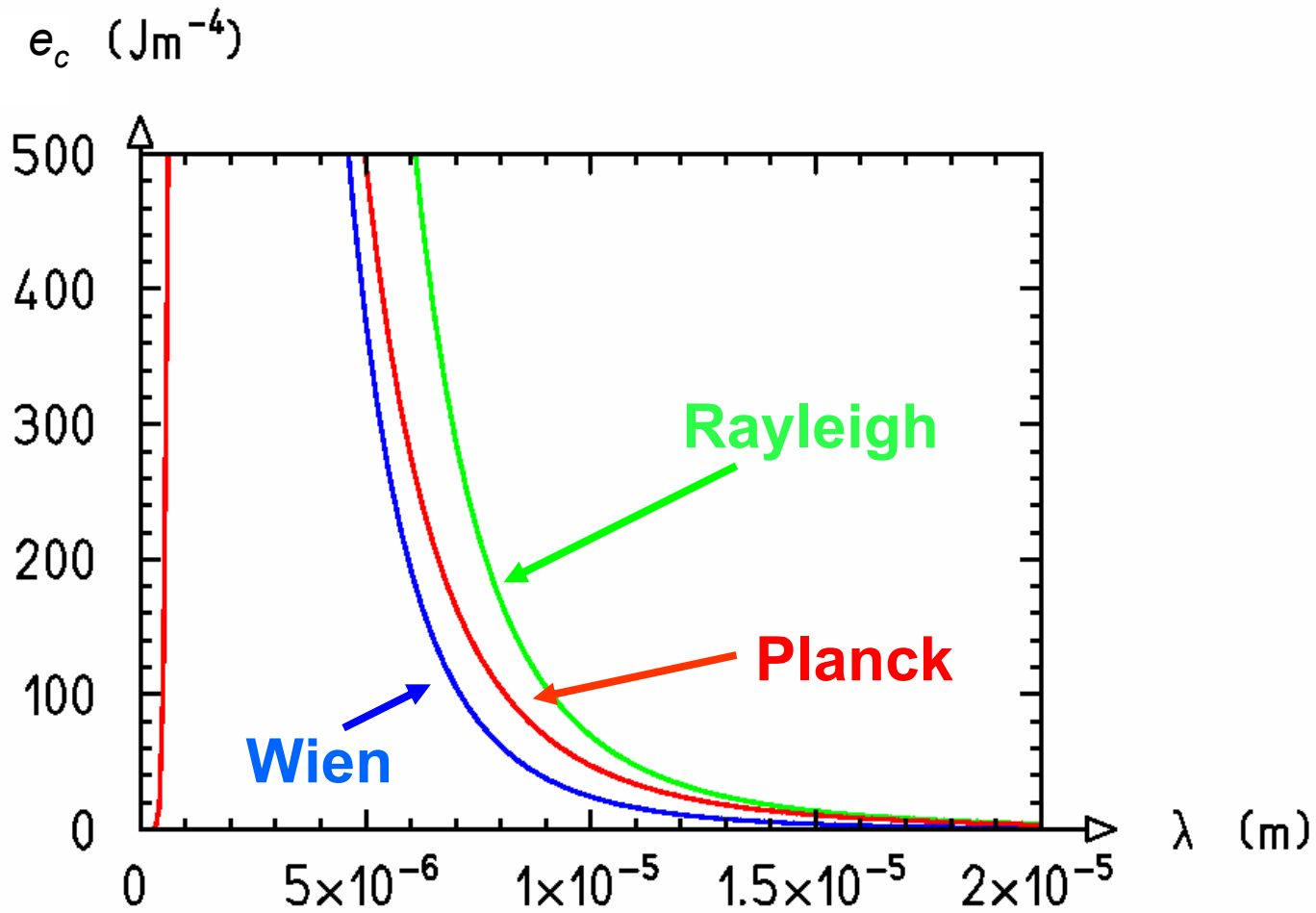
1) O. Lummer u. E. Pringsheim, Verhandl. der Deutsch. Physikal. Gesellsch. 2. p. 163. 1900.

2) H. Rubens und F. Kurlbaum, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin vom 25. October 1900, p. 929.

3) H. Beckmann, Inaug.-Dissertation, Tübingen, 1898. Vgl. auch H. Rubens, Wied. Ann. 69. p. 582. 1899.

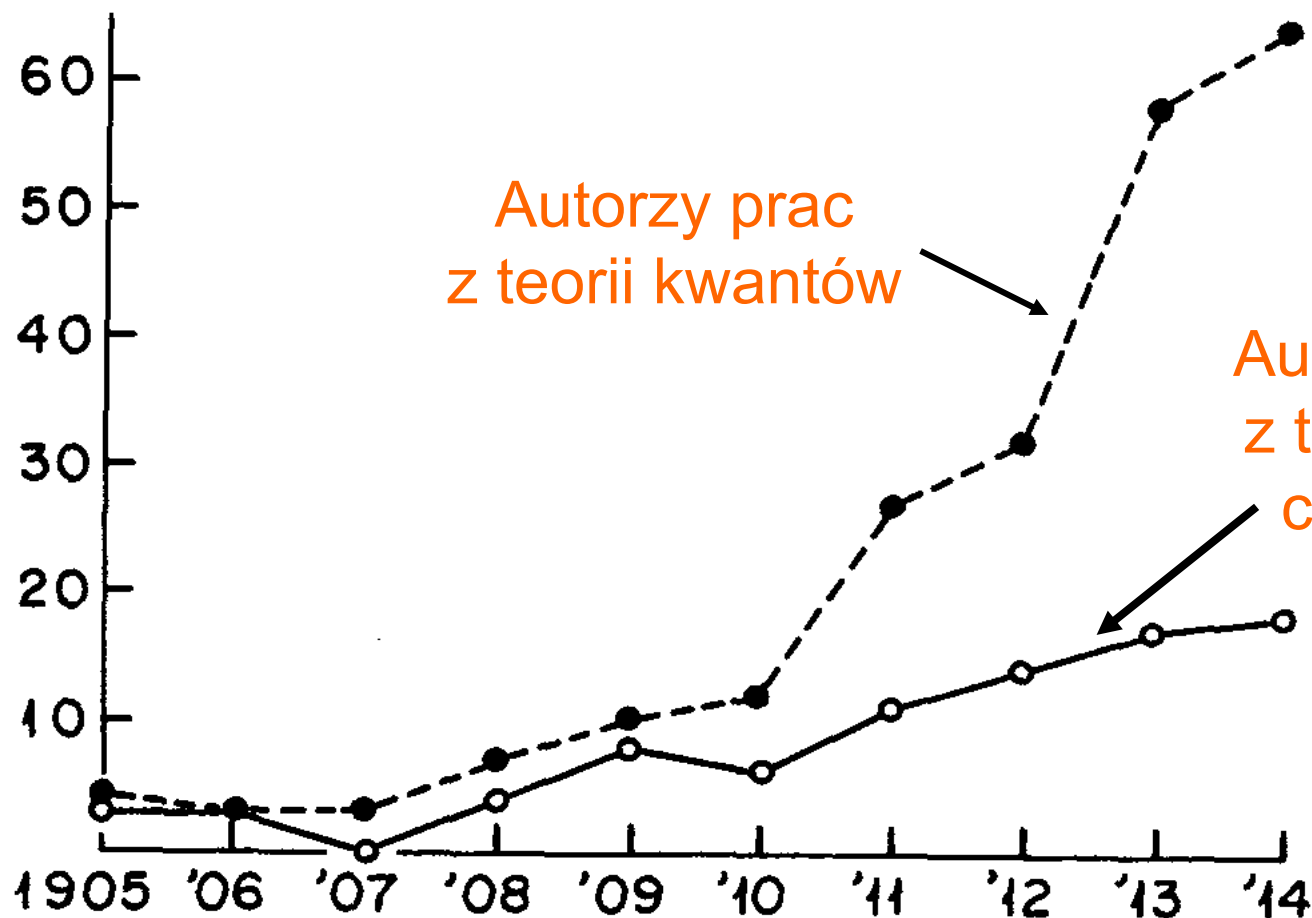
4) M. Planck, Ann. d. Phys. 1. p. 719. 1900.





$$e_c(\lambda, T) = 8\pi hc \lambda^{-5} \left[\exp \left\{ \frac{hc}{k\lambda T} - 1 \right\} \right]^{-1}$$

Autorzy prac na temat teorii kwantów



Autorzy prac z teorii kwantów

Autorzy prac z teorii ciała czarnego

Albert Einstein



14 III 1879	Urodził się w Ulm
1896 - 1900	Studia w ETH Zürich
1902 - 1909	Pracownik urzędu patentowego w Bernie
III 1905	<i>Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt</i>
V 1905	<i>Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen</i>
VI 1905	<i>Zur Elektrodynamik bewegter Körper</i>
IX 1905	<i>Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig</i>
1909 - 1914	Profesor w Pradze i Zurychu
1914 - 1933	Profesor w Instytucie Cesarza Wilhelma (Berlin)
III 1916	<i>Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie</i>
1916	<i>Zur Quantentheorie der Strahlung</i>
1922	Nagroda Nobla z fizyki (za rok 1921)
1924	<i>Quantentheorie des einatomigen idealen Gases</i>
od X 1933	Profesor w Institute for Advanced Studies (Princeton)
1935	<i>Can Quantum-Mechanical Description... (EPR)</i>
18 IV 1955	Zmarł w Princeton

Albert Einstein -1905



 17 III

Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt

 11 V

Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen

 30 VI

Zur Elektrodynamik bewegter Körper

 27 IX

Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig

**6. Über einen
die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes
betreffenden heuristischen Gesichtspunkt;
von A. Einstein.**

Zwischen den theoretischen Vorstellungen, welche sich die Physiker über die Gase und andere ponderable Körper gebildet haben, und der Maxwell'schen Theorie der elektromagnetischen Prozesse im sogenannten leeren Raume besteht ein tiefgreifender formaler Unterschied. Während wir uns nämlich den Zustand eines Körpers durch die Lagen und Geschwindigkeiten einer zwar sehr großen, jedoch endlichen Anzahl von Atomen und Elektronen für vollkommen bestimmt ansehen, bedienen wir uns zur Bestimmung des elektromagnetischen Zustandes eines Raumes kontinuierlicher räumlicher Funktionen, so daß also eine endliche Anzahl von Größen nicht als genügend anzusehen ist zur vollständigen Festlegung des elektromagnetischen Zustandes eines Raumes. Nach der



$$E = h\nu - P$$

O pewnym heurystycznym punkcie widzenia na wytwarzanie i przemiany światła
Annalen der Physik 17, 132-148 (1905)

„Istnieje głęboka różnica formalna między pojęciami teoretycznymi, które fizycy uformowali na temat gazów i innych ciał ważkich oraz teorią Maxwella procesów elektromagnetycznych w tak zwanej pustej przestrzeni. Podczas gdy uważamy, że stan ciała jest całkowicie wyznaczony przez położenia i prędkości bardzo wielkiej, ale skończonej liczby atomów i elektronów, dla opisu stanu elektromagnetycznego elementu przestrzeni używamy ciągłych funkcji przestrzennych, tak że skończonej liczby wielkości nie można uznać za wystarczającą dla całkowitego opisu stanu elektromagnetycznego przestrzeni. Według teorii Maxwella energię traktuje się jako ciągłą funkcję przestrzenną dla wszystkich procesów czysto elektromagnetycznych, natomiast zgodnie z obecnymi poglądami fizyków, energię ciała ważkiego powinno się przedstawiać jako sumę po atomach i elektronach...”

Ze wzoru Wiena: zależność entropii monochromatycznego promieniowania od objętości:

$$S - S_0 = \frac{E}{\beta v} \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)$$

Ze wzoru Boltzmannna dla entropii gazu:

$$S - S_0 = \frac{R}{N} \ln W = \frac{R}{N} \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)^n$$

Rzuca się w oczy formalne podobieństwo tych wzorów

„Wydaje mi się, że obserwacje „promieniowania ciała czarnego“, fotoluminescencji, wytwarzania promieni katodowych przez światło ultrafioletowe i inne zjawiska związane z emisją i przemianą światła, są łatwiej zrozumiałe jeśli się założy, że energia światła jest w przestrzeni rozłożona nierównomiernie. Zgodnie z rozważanym tu założeniem, przy rozchodzeniu się promienia świetlnego wysłanego ze źródła punktowego, jego energia nie jest rozłożona w sposób ciągły w stale zwiększającej się objętości przestrzeni, lecz składa się ze skończonej liczby kwantów energii, które są zlokalizowane w punktach przestrzeni, poruszają się bez podziału i mogą być pochłaniane lub wytwarzane tylko jako kompletne całości.”

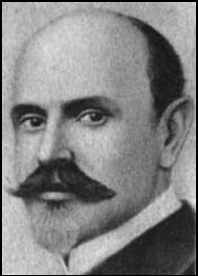
$$\Pi \varepsilon = \frac{R}{N} \beta v - P$$

„Jeżeli ten wzór jest poprawny, to Π wykreślone we współrzędnych kartezjańskich jako funkcja częstości padającego światła musi dać linię prostą o nachyleniu niezależnym od natury badanej substancji. Wydaje mi się, że ta koncepcja zjawiska fotoelektrycznego nie jest sprzeczna z jego właściwościami, które obserwował Lenard. Jeżeli każdy kwant energii padającego światła przekazuje swą energię elektronowi, niezależnie od innych, to rozkład prędkości elektronów, tzn. natura wytworzonych promieni katodowych, nie będą zależne od natężenia padającego światła. Z drugiej strony, przy wszystkich identycznych okolicznościach, liczba elektronów opuszczających ciało będzie proporcjonalna do natężenia padającego światła.”

Zjawisko fotoelektryczne



1887 Heinrich Hertz (odkrycie zjawiska)



1888 Wilhelm Hallwachs – oświetlona płytka metalowa ładuje się dodatnio



1888 Aleksandr Stoletow – światło powyżej 285 nm nie daje efektu; konstrukcja pierwszej fotokomórki



1899-1902 Philipp Lenard – energia fotoelektronów nie zależy od natężenia padającego światła

Badania zjawiska fotoelektrycznego



W 1902 r. Philipp Lenard zauważył, że efekt zależy od rodzaju użytego światła.

Wysunął hipotezę, że światło działa jako „wyzwalacz” elektronów, które są uwalniane z katody wynosząc energię, jaką miały wewnątrz atomów

Wyjaśnianie zjawiska fotoelektrycznego w fizyce klasycznej

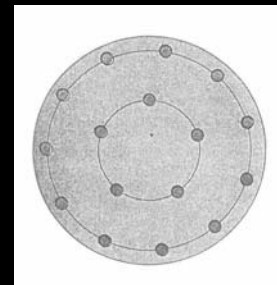
1902 Lenard – światło jako „wyzwalacz” elektronów

1910 Thomson – inna hipoteza „wyzwalacza” elektronów

1911 Sommerfeld – hipoteza „rezonansowej emisji”

1912 Richardson – hipoteza „parowania” gazu elektronów

$$(wzór $E = h\nu - P$)$$



Badania zjawiska fotoelektrycznego

W latach 1907-1913 otrzymywano różne sprzeczne wyniki na temat zależności energii fotoelektronów od częstości światła

$$E = a\nu - P, \quad E = a\nu^{2/3} - P, \quad E = a\nu^2 - P,$$

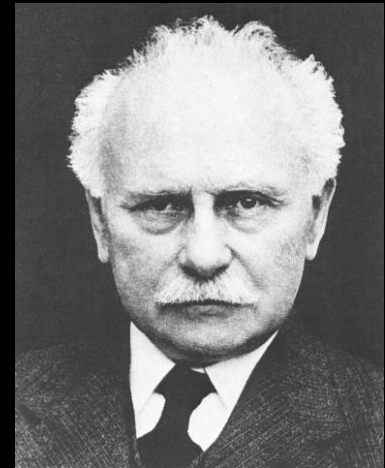
$$E = a\nu^3 - P, \quad E = a \log \nu - P$$

Spekulacje Lorentza na temat kwantów (1910)

- eksperymenty interferencyjne Lummera i Gehrckego z różnicą dróg do 80 cm dają dolną granicę **rozciągłości podłużnej** kwantu światła
- największy [wówczas] teleskop na Mt. Wilson ma średnicę 150 cm – stąd dolna granica **rozciągłości poprzecznej** kwantu światła

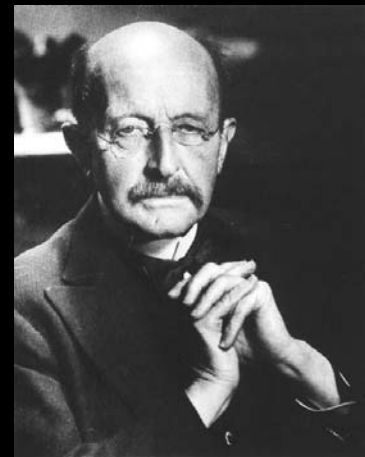
„Jak to jest możliwe, że tak monstrualnie wielki kwant przechodzi przez źrenicę oka nie ulegając podziałowi?”

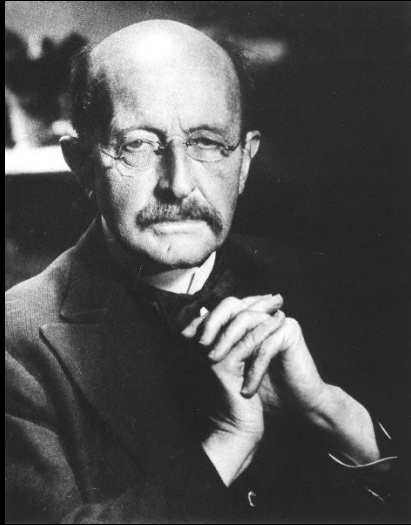
W 1909 r. Johannes Stark
po raz pierwszy napisał
wzór na pęd kwantu
światła w postaci $h\nu/c$



„Kiedy myśli się o wszystkich eksperymentalnych potwierdzeniach elektrodynamiki Maxwella w badaniach nawet najbardziej złożonych zjawisk interferencji, kiedy myśli się o niezwykłych trudnościach w objaśnianiu zjawisk elektrycznych i magnetycznych przez teorie, które by odrzucały tę elektrodynamikę, to instynktownie przyjmuje się wrogi stosunek do wszelkich prób poruszenia tego fundamentu. Dlatego też pozostawimy nadal na uboczu hipotezę kwantów światła, tym bardziej, że jest ona jeszcze w stadium zarodkowym. Będziemy przyjmowali, że wszystkie zjawiska zachodzące w próżni dokładnie odpowiadają równaniom Maxwella i nie mają żadnego związku ze stałą h .”

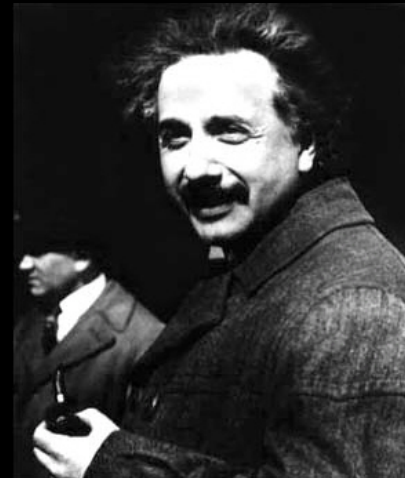
Max Planck, Kongres Solvaya (1911)

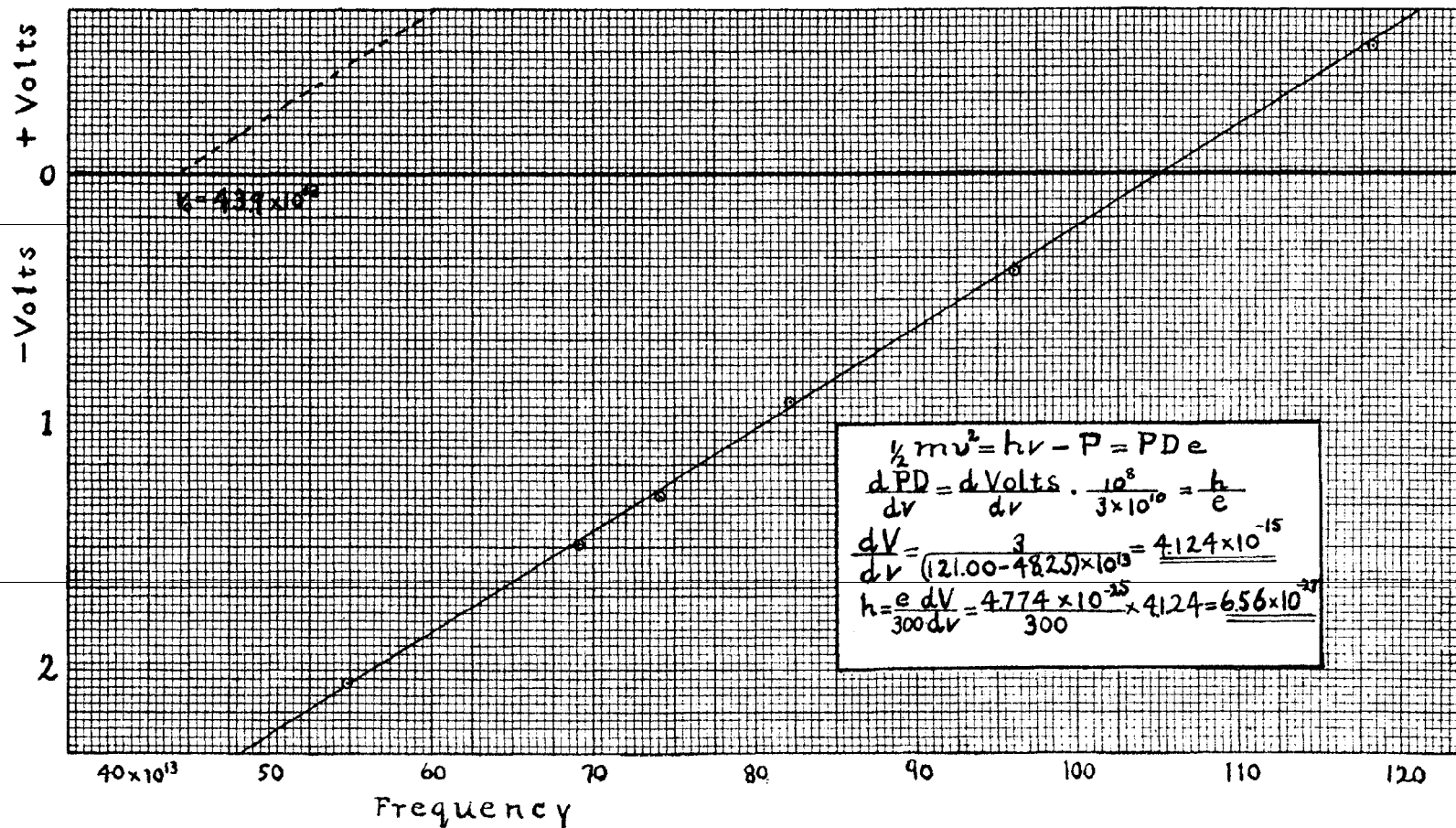




„Nie powinno się poczytywać przeciw niemu tego, że czasem w swych spekulacjach posuwał się być może zbyt daleko, jak na przykład w swej hipotezie kwantów światła, ponieważ nawet w najbardziej ścisłej nauce nie może być przełomu bez zgadzania się czasem na ryzykowny krok.”

Planck, Nernst, Rubens i Warburg w liście rekomendującym Alberta Einsteina do członkostwa w Pruskiej Akademii Nauk (1913)





Wyniki Roberta Millikana [*Phys. Rev.* 7, 355 (1916)]

„W 1905 r. Einstein po raz pierwszy powiązał zjawisko fotoelektryczne z teorią kwantową wysuwając śmiałą, żeby nie powiedzieć lekkomyślną, hipotezę elektromagnetycznej korpuskuły światła o energii $\varepsilon = h\nu$, która przy absorpcji była przekazywana elektronowi. Hipoteza może być słusznie nazwana lekkomyślną ponieważ, po pierwsze, zaburzenie elektromagnetyczne, które pozostaje zlokalizowane w przestrzeni, wydaje się gwałcić samą koncepcję zaburzenia elektromagnetycznego, a po drugie, uderza ona w dokładnie ustalone fakty dotyczące interferencji...”



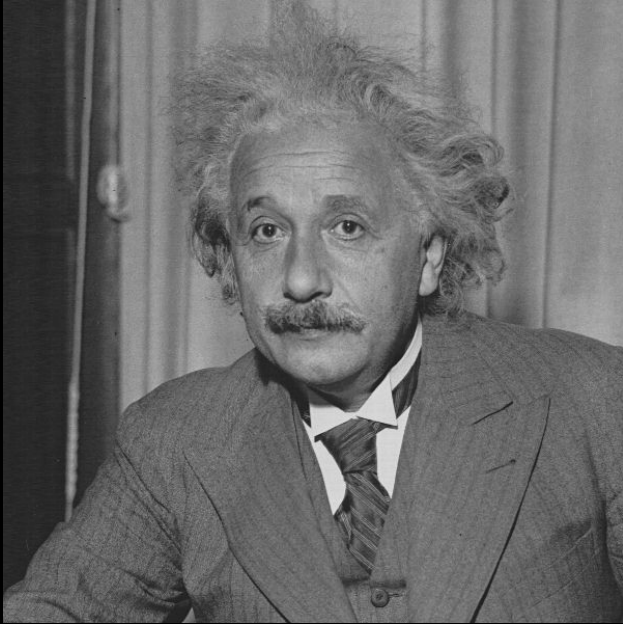
Robert Millikan, *Phys. Rev.* 7, 355 (1916)

„Pomimo pozornie pełnego sukcesu równania Einsteina, teoria fizyczna stworzona w celu jego wyprowadzenia jest tak niemożliwa do utrzymania, że jak sądzę, sam Einstein już jej nie podtrzymuje.”



Robert Millikan, *Phys. Rev.* 7, 355 (1916)

1922



Nagrodę Nobla z fizyki
za rok 1921 otrzymał profesor
Albert Einstein z Berlina
*„za zasługi dla fizyki teoretycznej,
a zwłaszcza za odkrycie prawa
zjawiska fotoelektrycznego”*

Albert Einstein -1905



17 III

Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt



11 V

Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen



30 VI

Zur Elektrodynamik bewegter Körper



27 IX

Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig

5. *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen;*
von A. Einstein.

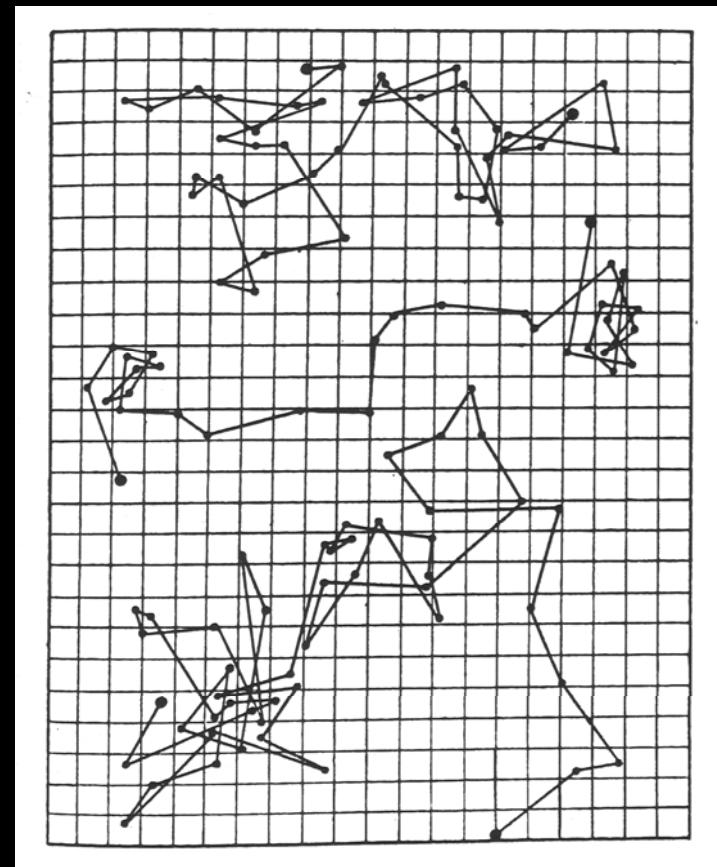
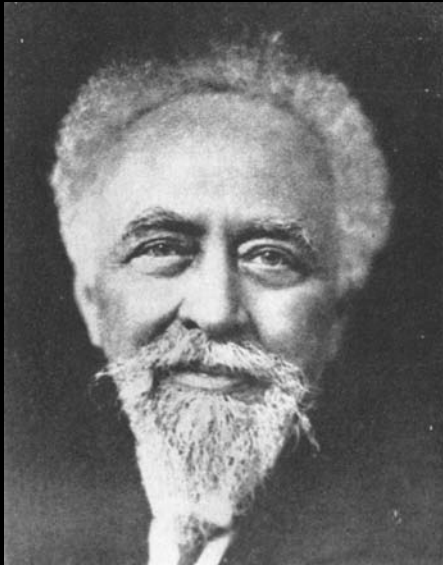
In dieser Arbeit soll gezeigt werden, daß nach der molekularkinetischen Theorie der Wärme in Flüssigkeiten suspendierte Körper von mikroskopisch sichtbarer Größe infolge der Molekularbewegung der Wärme Bewegungen von solcher Größe ausführen müssen, daß diese Bewegungen leicht mit dem Mikroskop nachgewiesen werden können. Es ist möglich, daß die hier zu behandelnden Bewegungen mit der sogenannten „Brownschen Molekularbewegung“ identisch sind; die mir erreichbaren Angaben über letztere sind jedoch so ungenau, daß ich mir hierüber kein Urteil bilden konnte.

Annalen der Physik **17**, 549-560
(1905)



Praca Mariana Smoluchowskiego:
*Zur kinetischen Theorie der
Brownschen Molekularbewegung
und der Suspensionen*
Annalen der Physik **21**, 755 (1906)

Równanie Einsteina-Smoluchowskiego dla ruchów Browna stanowiło ostateczne ilościowe wyjaśnienie tego zjawiska



Jean Perrin sprawdził ilościowo wzór Einsteina-Smoluchowskiego wykazując, że średni kwadrat przesunięcia w wybranym kierunku jest proporcjonalny do czasu; wyznaczył na podstawie tych obserwacji wartość liczby Avogadra, która występuje we wspomnianym wzorze

W 1917 r. Smoluchowski został wybrany rektorem UJ, ale nie objął funkcji, ponieważ 5 IX zmarł na dyzenterię

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

14. Dezember 1917.

Heft 50.

Marian v. Smoluchowski.

Von Albert Einstein, Berlin.

Am 5. September wurde uns einer der feinsten zeitgenössischen Theoretiker jah durch den Tod entrissen — M. v. Smoluchowski. Eine Dysenterieepidemie raffte in Krakau den erst 45-jährigen dahin.

Smoluchowski wissenschaftliches Ringen galt der Molekulartheorie der Wärme. Insbesondere war sein Interesse auf diejenigen Konsequenzen der Molekularkinetik gerichtet, welche vom Standpunkt der klassischen Thermodynamik aus nicht verstanden werden können; denn er fühlte, daß nur von dieser Seite her der starke Widerstand zu überwinden war, den die Zeitgenossen am Ende des 19. Jahrhunderts der Molekulartheorie entgegenstellten.

Derselbe skeptische Geist, welcher die Elektrodynamik mächtig förderte, indem er sie von unweckmäßigen mechanischen Bildern reinigte, hemmte zugleich die Entwicklung der Wärmelehre. Nachdem es den Physikern bewußt geworden war, daß eine Theorie allen Anforderungen der Klarheit und Vollständigkeit genügen könne, ohne auf Mechanik gegründet zu sein, lehnten sie auf allen Gebieten der Physik mechanische Theorien überhaupt ab. So begreift man, daß Boltzmann im Jahre 1898 im Vorwort zum zweiten Teil seiner „Vorlesungen über Gastheorie“ bekümmert niederschrieb: „Es wäre meines Erachtens ein Schaden für die Wissenschaft, wenn die Gastheorie durch die augenblicklich herrschende, ihr feindselige Stimmung zeitweilig in Vergessenheit geriete, wie z. B. einst die Undulationstheorie durch die Autorität Newtons.“

Schon in dieser Vorrede ist auf die im gleichen Jahre erschienene theoretische Arbeit Smoluchowskis über den Temperatursprung zwischen Wand und Gas bei der Wärmeleitung in sehr verdünnten Gasen hingewiesen. Diese von Kundt und Warburg schon 23 Jahre früher entdeckte Erscheinung lieferte in der Tat ein starkes Argument für die Molekularkinetik; denn wie sollte ein mit der Verdünnung des Gases wachsender Temperatursprung zwischen Wand und Gas ohne Zuhilfenahme des der klassischen Wärmelehre fremden Begriffes der freien Weglänge befriedigend gedeutet werden?

Um die Überzeugung der Gegner zu wandeln, bedurfte es aber eines noch schlagenderen Beweises. Die Existenz jenes Temperatursprungs war ohne die Kinetik zwar kaum zu begreifen, aber die Realität einer Wärmebewegung konnte aus diesem Phänomen nicht direkt gefolgert wer-

den. Erst in den Jahren 1905—1906 gelangte die kinetische Wärmethorie zu allgemeiner Anerkennung durch den Nachweis, daß die längst entdeckte Wimmelbewegung mikroskopisch kleiner, in Flüssigkeiten suspendierter Teilchen, die Brownsche Bewegung, durch diese Theorie quantitativ erklärt wird. Smoluchowski lieferte eine besonders schöne und anschauliche Theorie dieser Erscheinung, indem er von dem Aequipartitionsatz der Kinetik ausging. Dieser verlangt, daß ein Teilchen von 1 μ Durchmesser (und der Dichte des Wassers) sich in Flüssigkeit bei thermodynamischem Gleichgewicht mit einer mittleren Momentangeschwindigkeit von etwa 3 mm pro Sekunde bewegt; indem Smoluchowski quantitativ formuliert, daß diese Geschwindigkeit durch innere Reibung beständig vernichtet, durch unregelmäßige Molekularstöße immer wieder hergestellt wird, gelangt er zur Erklärung des Phänomens.

Durch die Erkenntnis vom Wesen der Brownschen Bewegung war plötzlich jeder Zweifel an der Richtigkeit der Boltzmannschen Auffassung der thermodynamischen Gesetze geschwunden. Es war klar, daß es ein thermodynamisches Gleichgewicht genau genommen überhaupt nicht gibt, daß vielmehr jedes dauernd sich selbst überlassene System um den Zustand des idealen thermodynamischen Gleichgewichtes in unregelmäßigem Wechsel pendelt. Da jedoch, wie die allgemeine Theorie zeigt, jene Schwankungen nur gering sind, so müssen sie sich unserer Beobachtung im allgemeinen entziehen. Es gelang aber Smoluchowski im Jahre 1908, eine zweite Gruppe von beobachtbaren Phänomenen zu finden, in welchen jene Schwankungen fast unmittelbar zur Wirkung kommen, nämlich bei der Opaleszenz von Gasen und von Flüssigkeiten in der Natur des kritischen Zustandes. Je kompressibler nämlich eine Substanz bzw. ein Mischungsbestandteil einer solchen ist, desto größer sind die örtlich-zeitlichen Schwankungen, welche die Dichte in unablässigem Wechsel infolge der Unregelmäßigkeit der Wärmebewegung erfahren muß; Smoluchowski erkannte, daß diese Schwankungen eine optische Trübung der Substanzen im Gefolge haben müssen, die sich auf Grund der allgemeinen Theorie berechnen läßt. Auch das schon von Lord Rayleigh erklärte Blau des Himmels gehört in diese Erscheinungsgruppe und beweist die Existenz räumlicher Dichteschwankungen in der Luft.

Smoluchowskis übriger wissenschaftlicher Arbeiten kann hier im einzelnen nicht gedacht werden. Es sei aber an die beiden vortreff-

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 22.

15. November 1917.
Redaktionschluss für No. 24 am 22. November 1917.

18. Jahrgang.

INHALT:

Zum Andenken an Marian v. Smoluchowski. Von A. Sommerfeld. S. 553.

Originalmitteilungen:

A. Korn, Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. IV. S. 559.

M. v. Laue, Temperatur- und Dichteschwankungen. S. 542.

A. Hagenbach u. W. Frey, Spektroskopisches über elektrodenlose Ringentladung durch elektrische Schwingungen. S. 544.

M. Siegbahn u. W. Stenström, Über die Röntgenspektren der isotopischen Elemente. S. 547.

K. Uller, Grundlegung der Kinetik einer physikalischen Welle

von elementarer Schwingungsform. III. S. 548.

Zusammenfassende Bearbeitungen:
G. Mie, Die Einsteinsche Gravitationstheorie und das Problem der Materie. /S. 551.

Personalien. S. 556.

Angebote. S. 556.

Gesuche. S. 556.

Zum Andenken an Marian von Smoluchowski.

In Krakau verschied am 5. September d. J. nach kurzem Krankenlager an der Ruhr M. v. Smoluchowski. Wer seine glänzende wissenschaftliche Tätigkeit verfolgt hat,

Boltzmann hat nur durch seine Schriften auf ihn gewirkt; eine nähere persönliche Berührung hat merkwürdigerweise nie stattgefunden. Enge Freundschaft verband ihn

sah in ihm den eigentlichen Erben des Boltzmannschen Geistes der Naturbeachtung. Mit dem jüngsten Aufschwunge der Atomistik wird sein Name für alle Zeiten verknüpft sein. Aus der Fülle erfolgreicher Arbeit ist er herausgerissen; niemand wird seine geistvolle Art ersetzen können.

Marian Ritter von Smolan-Smoluchowski wurde am 28. Mai 1872 in Vorderbrühl bei Wien geboren als Sohn eines hohen Beamten in der Kanzlei des Kaisers Franz Joseph. In Wien besuchte er das Gymnasium und 1890—1894 die Universität, die ihn 1895 promovierte. Seine Lehrer waren Stefan und Exner.



M. Smoluchowski

mit Hasenöhrl, der als unmittelbares Opfer des Krieges auf der Hochfläche von Lafraun 1915 gefallen ist; nicht nur wissenschaftliche Interessen, auch gleiche Liebe und Empfindung für Musik und treue Kameradschaft bei Bergtouren und beim Skisport führte beide zusammen.

Die Jahre nach seiner Promotion arbeitete Smoluchowski im Auslande: 1895/6 in Paris unter Lippmann, 1896/7 in Glasgow unter Lord Kelvin, 1897 in Berlin unter Warburg. Von seiner Lehrzeit in Glasgow zeugen einige Arbeiten (5), (6), (7)¹⁾,

1) Die Zahlen weisen auf das nachfolgende Verzeichnis hin.

Albert Einstein -1905



17 III

Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt



11 V

Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen



30 VI

Zur Elektrodynamik bewegter Körper



27 IX

Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig

3. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper;*
von A. Einstein.

Daß die Elektrodynamik Maxwells — wie dieselbe gegenwärtig aufgefaßt zu werden pflegt — in ihrer Anwendung auf bewegte Körper zu Asymmetrien führt, welche den Phänomenen nicht anzuhaften scheinen, ist bekannt. Man denke z. B. an die elektrodynamische Wechselwirkung zwischen einem Magneten und einem Leiter. Das beobachtbare Phänomen hängt hier nur ab von der Relativbewegung von Leiter und Magnet, während nach der üblichen Auffassung die beiden Fälle, daß der eine oder der andere dieser Körper der bewegte sei, streng voneinander zu trennen sind. Bewegt sich nämlich der Magnet und ruht der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten ein elektrisches Feld von gewissem Energiewerte, welches an den Orten, wo sich Teile des Leiters befinden, einen Strom erzeugt. Ruht aber der Magnet und bewegt sich der Leiter, so entsteht in der Umgebung des Magneten kein elektrisches Feld, dagegen im Leiter eine elektromotorische Kraft, welcher an sich keine Energie entspricht, die aber — Gleichheit der Relativbewegung bei den beiden ins Auge gefaßten Fällen vorausgesetzt — zu elektrischen Strömen von derselben Größe und demselben Verlaufe Veranlassung gibt, wie im ersten Falle die elektrischen Kräfte.

Beispiele ähnlicher Art, sowie die mißlungenen Versuche, eine Bewegung der Erde relativ zum „Lichtmedium“ zu konstatieren, führen zu der Vermutung, daß dem Begriffe der absoluten Ruhe nicht nur in der Mechanik, sondern auch in der Elektrodynamik keine Eigenschaften der Erscheinungen entsprechen, sondern daß vielmehr für alle Koordinatensysteme, für welche die mechanischen Gleichungen gelten, auch die gleichen elektrodynamischen und optischen Gesetze gelten, wie dies für die Größen erster Ordnung bereits erwiesen ist. Wir wollen diese Vermutung (deren Inhalt im folgenden „Prinzip der Relativität“ genannt werden wird) zur Voraussetzung erheben und außerdem die mit ihm nur scheinbar unverträgliche



Annalen der Physik 17, 891-921
(1905)

„Dobrze wiadomo, że elektrodynamika Maxwella – jak się ją dziś rozumie – w zastosowaniu do ciał w ruchu prowadzi do asymetrii, które nie wydają się być nieodłączne od zjawisk. Weźmy, na przykład, oddziaływanie elektromagnetyczne między magnesem i przewodnikiem. Obserwowane tu zjawisko zależy tylko od ruchu względnego przewodnika i magnesu, podczas gdy zwyczajowe ujęcie wprowadza wyraźne zróżnicowanie między dwoma przypadkami, w których jedno lub drugie z tych ciał jest w ruchu.”

„Jeśli bowiem magnes jest w ruchu, a przewodnik w spoczynku, to w otoczeniu magnesu powstaje pole elektryczne o określonej energii; pole to wytwarza prąd elektryczny w miejscach, gdzie znajdują się części przewodnika. Jeśli natomiast magnes jest w spoczynku, a przewodnik w ruchu, w otoczeniu magnesu nie powstaje żadne pole elektryczne, natomiast w przewodniku pojawia się siła elektromotoryczna, której nie odpowiada żadna energia, lecz która prowadzi – przy założeniu równości ruchu względnego w obu dyskutowanych przypadkach – do powstania prądów elektrycznych o takim samym natężeniu i kierunku, jak te, które są wytwarzane przez siły elektryczne w pierwszym przypadku.”

„Podobne przykłady, jak również bezowocne próby wykrycia ruchu Ziemi względem „ośrodka światłonośnego”, prowadzą do założenia, że nie tylko zjawiska mechaniczne, lecz także elektrodynamiczne, nie mają właściwości odpowiadających pojęciu absolutnego spoczynku. Należy raczej przypuszczać, że te same prawa elektrodynamiki i optyki są słuszne we wszystkich układach współrzędnych, w których obowiązują prawa mechaniki, co już zostało udowodnione dla wielkości pierwszego rzędu.”

„Temu przypuszczeniu, które będziemy dalej nazywali „zasadą względności”, nadamy rangę postulatu; ponadto wprowadzimy jeszcze jeden postulat, tylko pozornie sprzeczny z tym pierwszym, że światło w próżni rozchodzi się z określoną prędkością, która nie zależy od stanu ruchu ciała je wysyłającego. Te dwa postulaty wystarczają do podania prostej, wolnej od sprzeczności elektrodynamiki ciał w ruchu, opartej na teorii Maxwella dla ciał spoczywających.”

„Wprowadzenie „eteru światłonośnego” okaże się zbyteczne, ponieważ w przedstawionych tu poglądach ani nie ma potrzeby „przestrzeni w absolutnym spoczynku” obdarzonej specjalnymi właściwościami, ani też potrzeby przypisywania wektora prędkości jakiemukolwiek punktowi pustej przestrzeni, w której zachodzą procesy elektromagnetyczne. Teoria tu rozwijana, podobnie jak każda inna elektrodynamika, opiera się na kinematyce ciała sztywnego, ponieważ twierdzenia każdej teorii tego rodzaju dotyczą związków między ciałami sztywnymi (układami współrzędnych), zegarami i procesami elektromagnetycznymi. Niedostateczne uwzględnienie tej okoliczności jest źródłem trudności, z jakimi zмага się obecnie elektrodynamika ciał w ruchu.”

Treść pracy Einsteina *O elektrodynamice ciał w ruchu*:

A. Część kinematyczna





1. Definicja równoczesności.
2. Względność długości i czasu.
3. Teoria transformacji współrzędnych czasowych i przestrzennych z układu stacjonarnego do układu, który jest względem niego w jednostajnym ruchu postępowym.
4. Znaczenie fizyczne otrzymanych równań w przypadku poruszających się ciał sztywnych i zegarów.
5. Dodawanie prędkości.

B. Część elektrodynamiczna

6. Transformacja równań Maxwella-Hertza dla próżni. O naturze sił elektromotorycznych powstających wskutek ruchu w polu magnetycznym
7. Teoria zjawiska Dopplera i aberracji.
8. Transformacja energii promieni świetlnych. Teoria ciśnienia wywieranego przez promieniowanie na doskonałe zwierciadła.
9. Transformacja równań Maxwella-Hertza przy uwzględnieniu prądów konwekcyjnych.
10. Dynamika (powoli przyspieszanego) elektronu.

Albert Einstein -1905



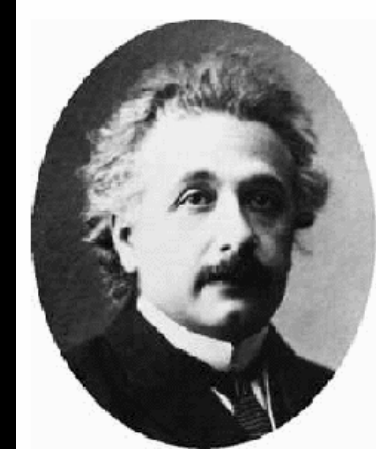
-  17 III *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*
-  11 V *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*
-  30 VI *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*
-  27 IX *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig*

Annalen der Physik 18, 639-641 (1905)

„Jeżeli ciało emituje energię E
w postaci promieniowania, to
jego masa zmniejsza się
o E/c^2 ...”

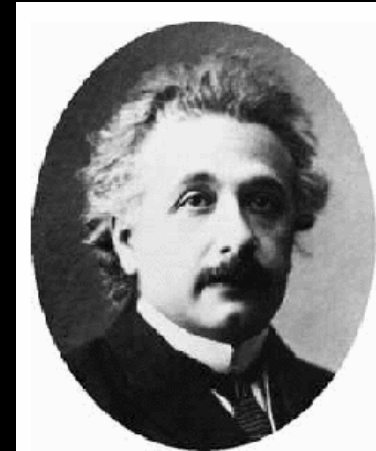


„Po dziesięciu latach rozmyślań taka zasada zrodziła się z paradoksu, na który natknąłem się już gdy miałem szesnaście lat: Jeżeli podążę za promieniem światła z prędkością c (prędkość światła w próżni), to taki promień powinienem widzieć jako pole elektromagnetyczne w spoczynku, ale oscylujące w przestrzeni. Wydaje się jednak, że coś takiego nie może istnieć, co wynika zarówno z doświadczenia, jak równań Maxwella.”



Albert Einstein, *Autobiographisches*

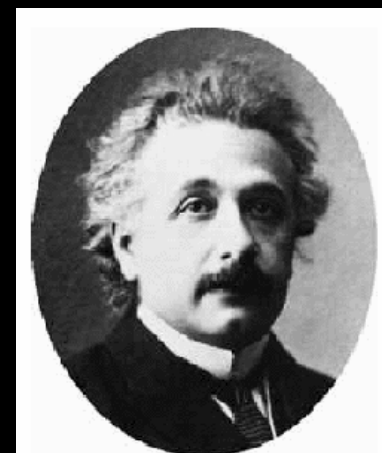
„Od samego początku wydawało mi się intuicyjnie jasne, że z punktu widzenia takiego obserwatora wszystko musi się dziać zgodnie z tymi samymi prawami co dla obserwatora pozostającego w spoczynku względem Ziemi. W jaki bowiem sposób pierwszy obserwator mógłby wiedzieć lub stwierdzić, że jest w szybkim ruchu jednostajnym”



Albert Einstein, *Autobiographisches*

„Widzimy, że paradoks ten zawiera już zarodek szczególnej teorii względności.

Dziś każdy oczywiście wie, że wszelkie próby wyjaśnienia tego paradoksu były skazane na niepowodzenie dopóki w naszej podświadomości tkwił aksjomat o absolutnym charakterze czasu. Właściwie już rozpoznanie tego aksjomatu i jego arbitralnego charakteru zawierało w sobie zasadnicze elementy rozwiązania problemu...”



Albert Einstein, *Autobiographisches*

Einstein, Lorentz, Poincaré i inni

Edmund Whittaker – *A History of the Theories of Aether and Electricity*,
Vol. 2, The Modern Theories 1900-1926 (1954)

Chapter 2. The relativity theory of Poincaré and Lorentz

„In the autumn of the same year, in the same volume of the *Annalen der Physik* as his paper on the Brownian motion, Einstein published a paper which set forth the relativity theory of Poincaré and Lorentz with some amplifications, and which attracted much attention.”

Liczne próby dyskredytacji Einsteina można znaleźć w internecie.
Podejmowane są one jednak przez ludzi niekompetentnych,
niedouczonech i maniaków

Rozpowszechniane są stwierdzenia, że praca Einsteina z 1905 r. nie zawierała niczego nowego, ponieważ wzory transformacji relatywistycznej [transformacji Lorentza] stosował już Voigt w 1887 r., potem Lorentz w latach 1892-1904 i Larmor w 1900 r., natomiast zasadę względności podał Poincaré w 1904 r. Wobec tego twierdzi się, że Einstein to plagiator!



Woldemar Voigt

W 1887 r. Voigt opublikował pracę z wynikami swych rozważań na temat rozchodzenia się fal odkształceń w ośrodku sprężystym. Stwierdził, że zastosowanie transformacji

$$x'_1 = x_1 - vt$$

$$y'_1 = y_1(1 - v^2 / \omega^2)$$

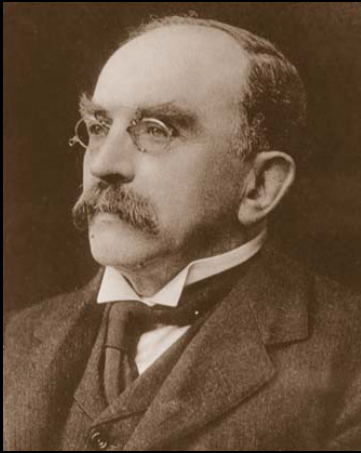
$$z'_1 = z_1(1 - v^2 / \omega^2)$$

$$t' = t - vx_1 / \omega^2$$

(ω to prędkość fazowa fali)

zapewnia niezmienniczość wyników

Jak widać, jego wzory są różne od transformacji Lorentza



Joseph Larmor

W 1900 r. Larmor w swej elektronowej teorii materii („*Aether and Matter*”) stosował już „transformację Lorentza” dla x, y, z, t i wyprowadził stąd skrócenie FitzGeralda-Lorentza.

Larmor podkreślał, że jego wyniki są poprawne tylko z dokładnością do wielkości rzędu v^2/c^2



Hendrik Lorentz

W celu wyjaśnienia negatywnego wyniku doświadczenia Michelsona-Morleya Lorentz zakładał, że wskutek ruchu względem sprężystego nieruchomego eteru rozmiar ciała w kierunku ruchu ulega skróceniu o czynnik
 $1 - 2v^2/c^2$ (1892 r.)
 $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ (1895 r.)



George FitzGerald

W 1899 r. Lorentz rozważał zmianę skali czasu w transformacji („czas lokalny”). W tymże roku niezależnie na pomysł skrócenia rozmiaru ciał wpadł FitzGerald. **Skrócenie traktowane jako rzeczywiste, wynikające z właściwości sił molekularnych.**

(odtąd: skrócenie FitzGeralda-Lorentza)

W 1904 r. Lorentz rozwijając swą teorię elektronową udowodnił niezmienniczość równań Maxwella przy założeniu transformacji [Lorentza]

Elektromagnetyczna teoria materii



Wilhelm Wien

*„Über die Möglichkeit einer
elektromagnetischen Begründung
der Mechanik“* (1900)

Elektromagnetyczna teoria materii



Max Abraham

Max Abraham był jednym z głównych propagatorów programu zastąpienia praw mechaniki newtonowskiej przez prawa elektrodynamiki Maxwella, które miały zostać uznane za podstawowe prawa fizyki. Cała masa miała być pochodzenia elektromagnetycznego

Elektromagnetyczna teoria materii

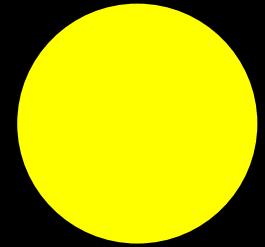


Walter Kaufmann

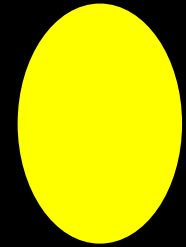
W 1901 r. Kaufmann rozpoczął pomiary stosunku e/m promieni beta z chlorku radu. Okazało się, że masa elektronu rzeczywiście zależy od jego prędkości

Trzy modele elektronu

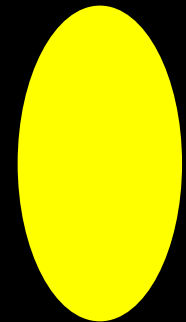
Abraham (1902) – ładunek rozłożony równomiernie na powierzchni **szttywnej** kulki



Lorentz (1904) – ładunek rozłożony równomiernie na powierzchni kulki, **która ulega deformacji** podczas ruchu względem eteru



Bucherer (1904), Langevin (1905) - ładunek rozłożony równomiernie na powierzchni kulki, która ulega deformacji podczas ruchu względem eteru, ale jej **objętość pozostaje stała**



Zależność masy elektronu od prędkości $m = m_0 \psi(\beta)$

Abraham $\psi(\beta) = \frac{3}{4} \frac{1}{\beta^2} \left[\left(\frac{1 + \beta^2}{2\beta} \right) \ln \left(\frac{1 + \beta}{1 - \beta} \right) - 1 \right]$

Lorentz $\psi(\beta) = (1 - \beta^2)^{-1/2}$

STW Einsteina

Bucherer $\psi(\beta) = (1 - \beta^2)^{-1/3}$

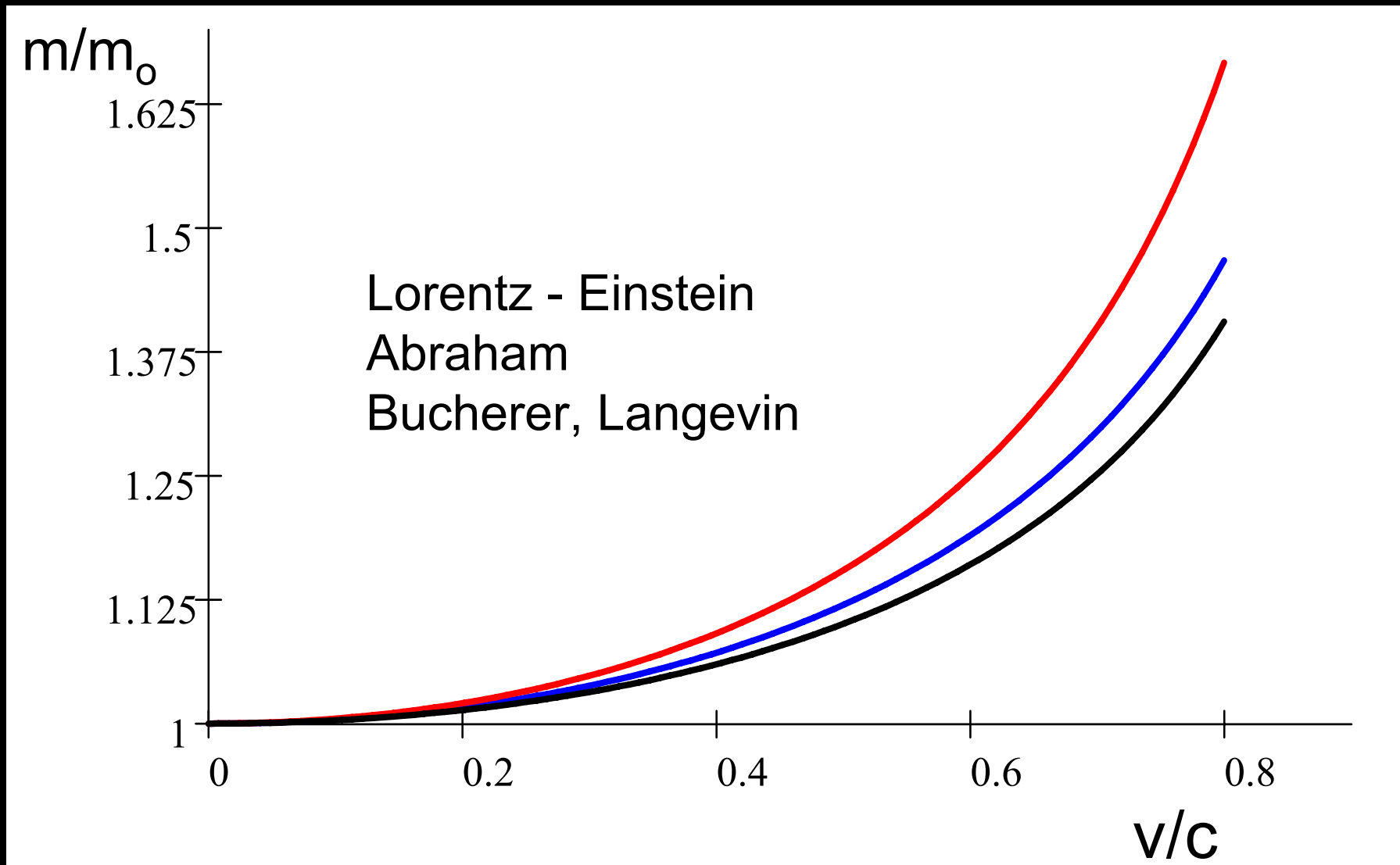
Zależność masy elektronu od prędkości $m = m_0 \psi(\beta)$

Abraham $\psi(\beta) \cong 1 + \frac{2}{5} \beta^2 + \frac{9}{35} \beta^4 + \dots$

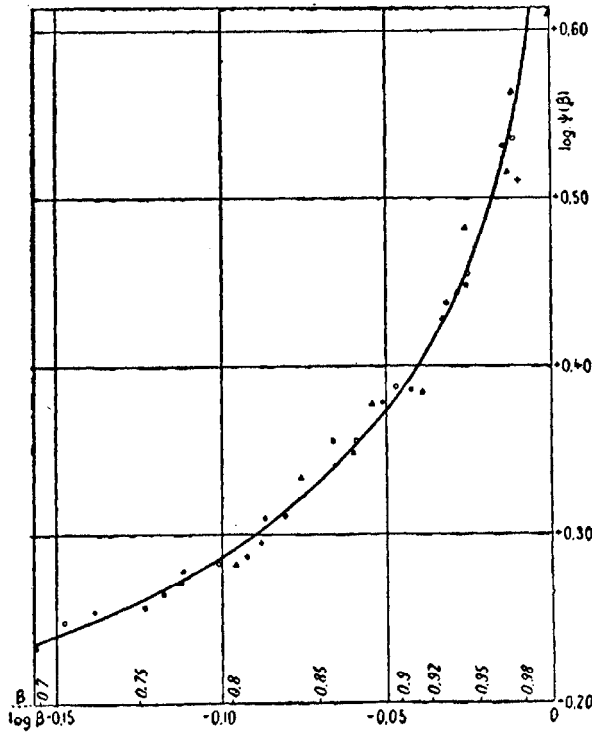
Lorentz $\psi(\beta) \cong 1 + \frac{1}{2} \beta^2 + \frac{3}{8} \beta^4 + \dots$

Bucherer $\psi(\beta) \cong 1 + \frac{1}{3} \beta^2 + \frac{2}{9} \beta^4 + \dots$

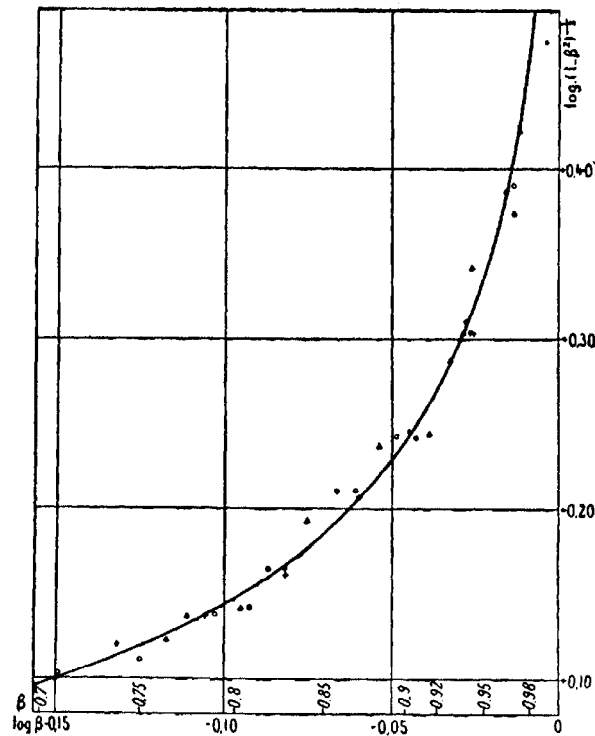
Masa elektronu jako funkcja jego prędkości



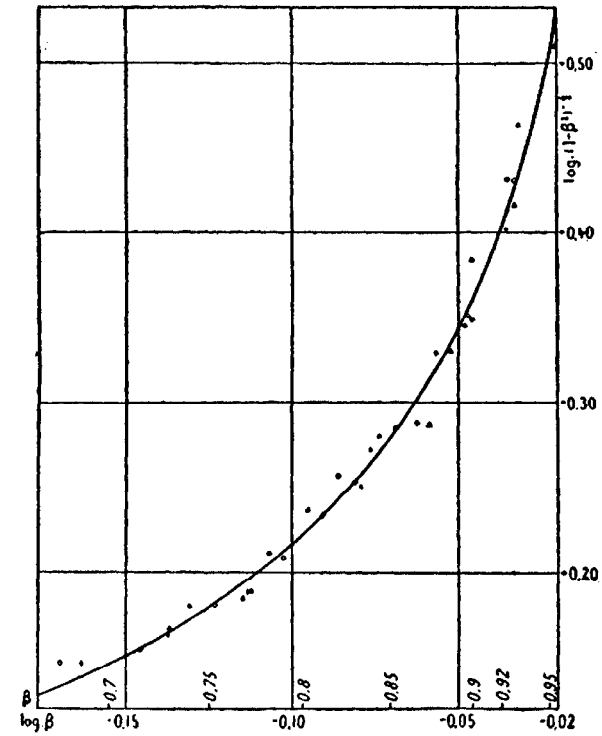
Paul Langevin – *The relation of physics of electrons to other branches of science* (St. Louis Congress, 1904)



Abraham



Bucherer, Langevin



Lorentz, Einstein

„Wyniki doświadczenia... podane przez Kaufmanna... zgadzają się jednakowo dobrze z trzema krzywymi teoretycznymi.”

„Jest już obecnie niewątpliwie stwierdzone, że masa elektronu jest w całości pochodzenia elektromagnetycznego, a zatem, jak wykazał Abraham (1902), wykorzystując wyniki Kaufmanna (1902) dotyczące wzrostu masy elektromagnetycznej z prędkością korpuskuły, równania ruchu Lagrange'a mogą zostać przekształcone do postaci elektromagnetycznej”

Carl Barus, *The progress of physics in the nineteenth century*, St. Louis Congress (1904)

Elektromagnetyczna teoria materii

Kaufmann (1902-1905) – potwierdzenie modelu Abrahama

„Wyniki ...świadczą przeciwko prawdziwości fundamentalnej hipotezy Lorentza, i wobec tego również przeciwko słuszności hipotezy Einsteina. Jeśli więc uznamy jego hipotezę za obaloną, to także próba oparcia całej fizyki, włączając elektrodynamikę i optykę, na zasadzie ruchu względnego, jest niepowodzeniem

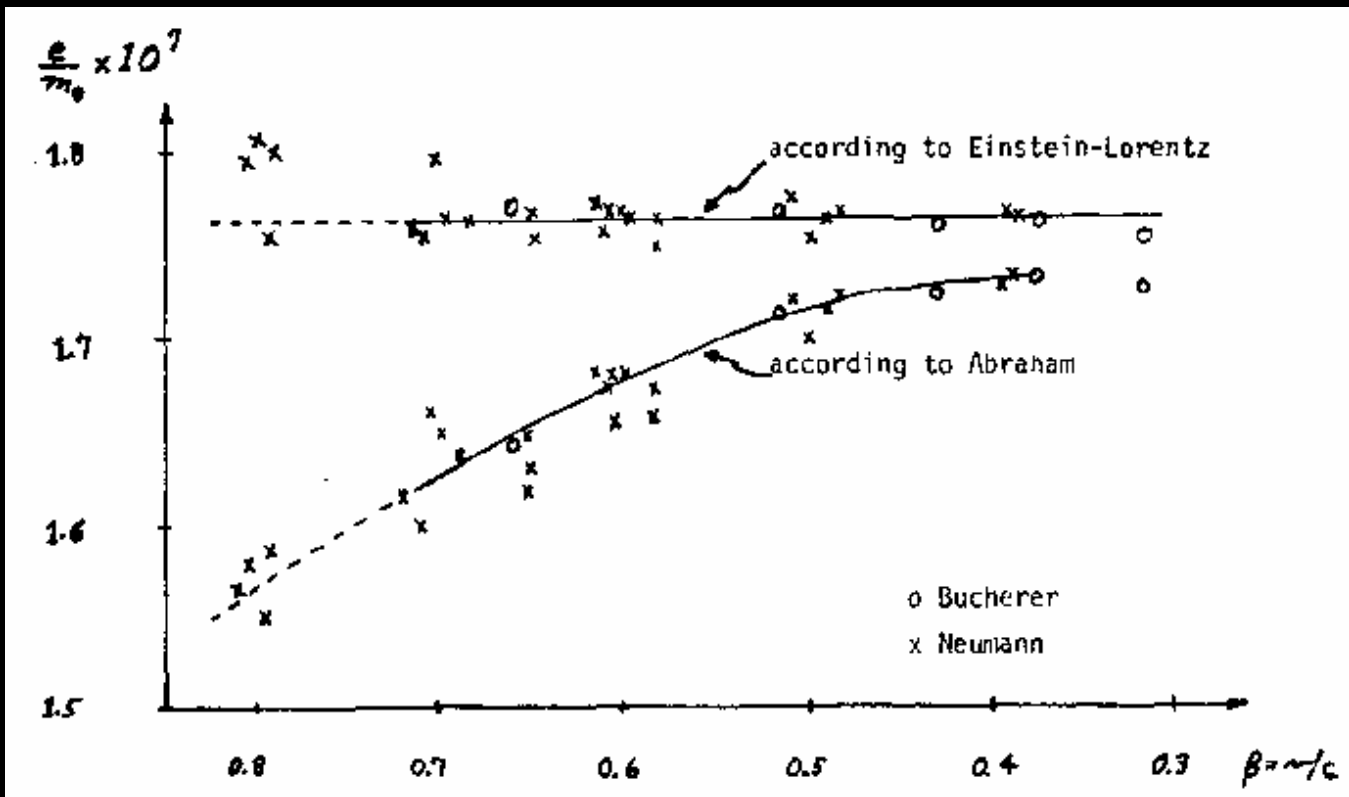
Kaufmann, *Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss.* 2, 949 (1905)

Bestelmeyer (1907) – brak rozróżnienia między modelami

Bucherer (1909) – model Lorentza lepszy

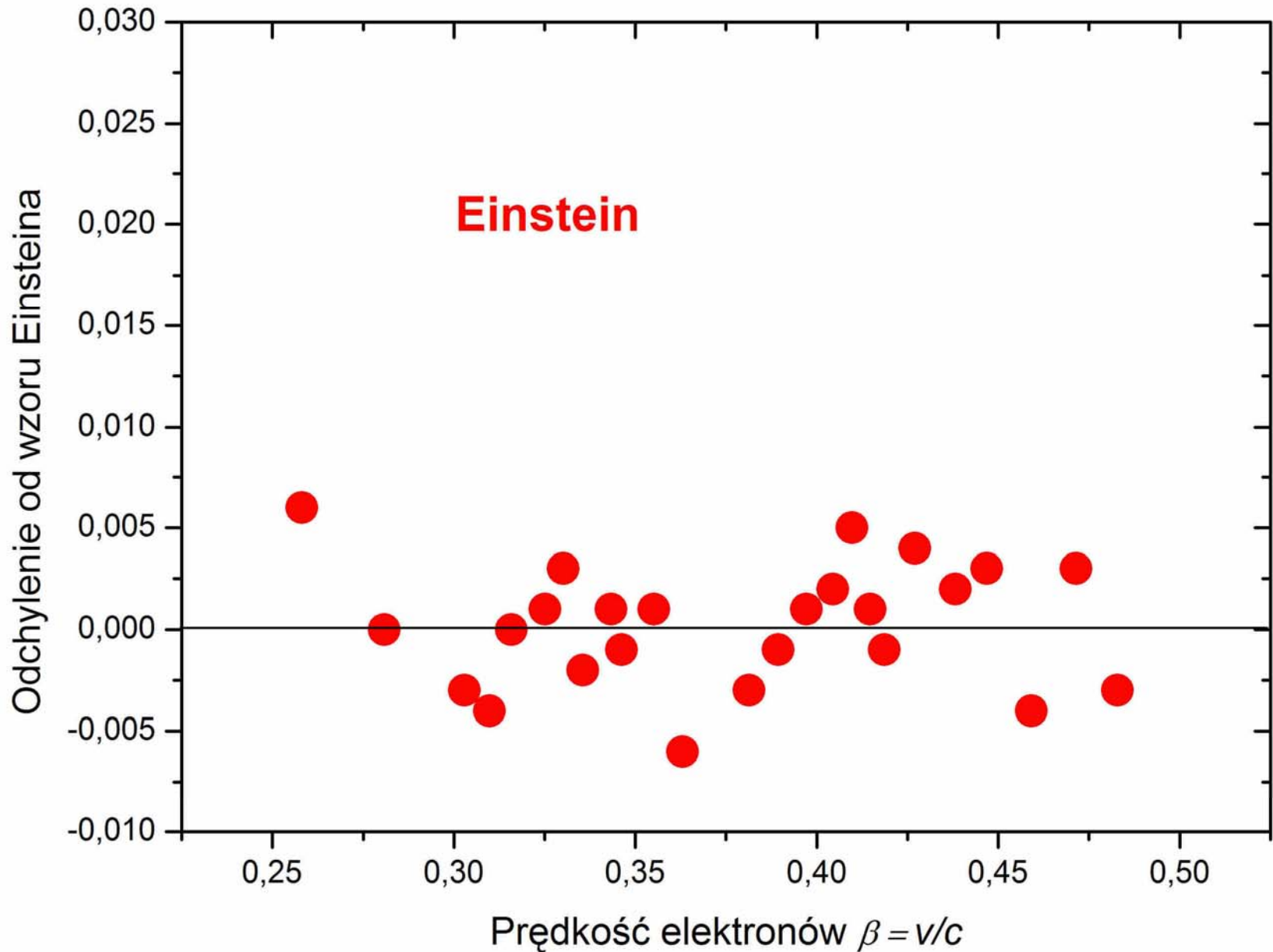
Neumann (1914) – wzór Lorentza-Einsteina lepszy

Guye & Lavanchy (1915) – wzór Lorentza-Einsteina
lepszy

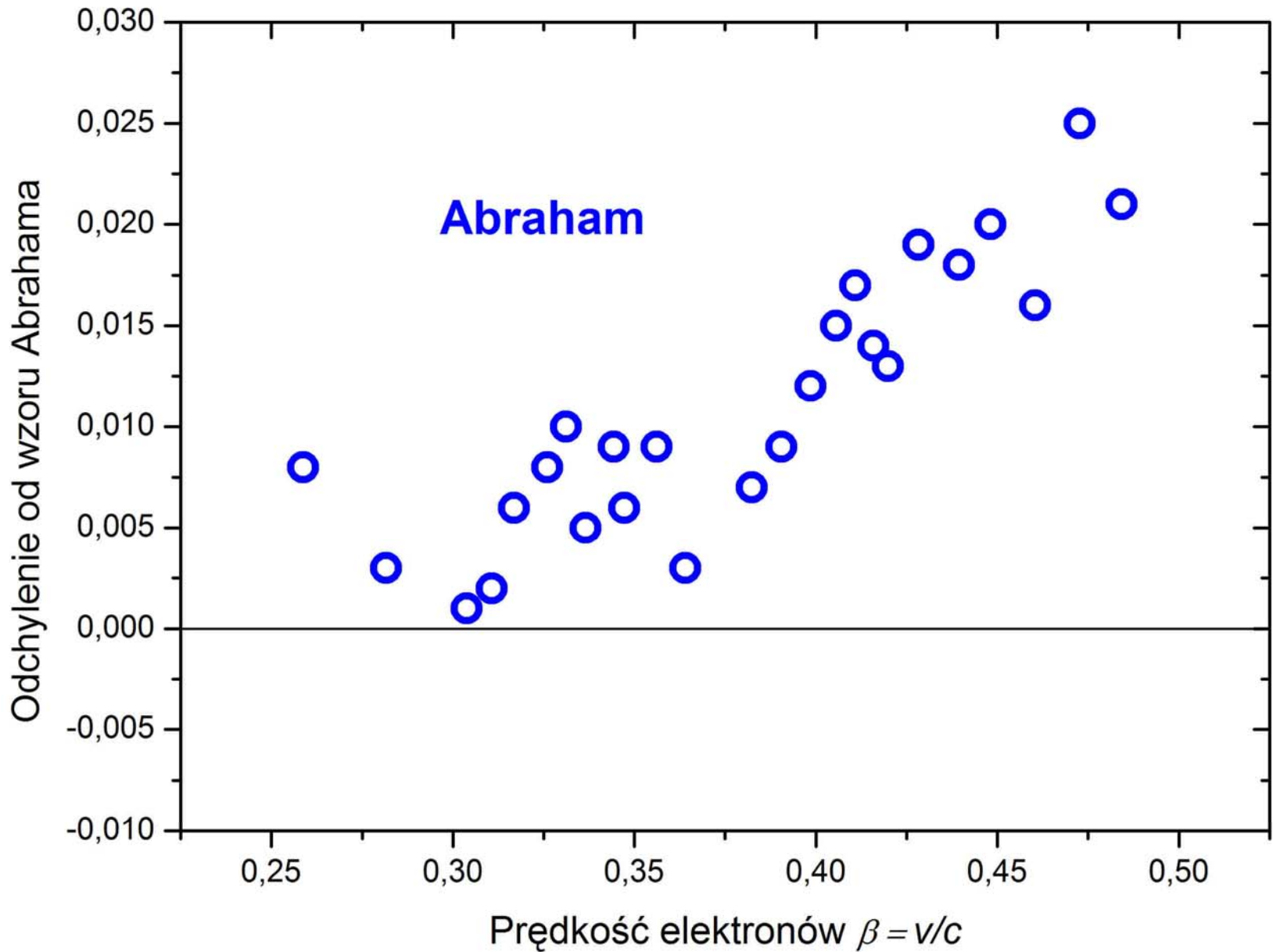


Wyniki pomiarów Neumanna z 1914 r.

Guye & Lavanchy (1915)



Guye & Lavanchy (1915)



Einstein i Lorentz

Lorentz w pracy z 1904 r. oparł się na 11 założeniach *ad hoc*

- prędkości są małe, $v \ll c$
- słuszne są wzory transformacyjne [Lorentza]
- eter jest w spoczynku
- elektron w spoczynku jest kulisty
- ładunek elektronu jest rozłożony równomiernie
- cała masa jest pochodzenia elektromagnetycznego
- elektron w ruchu ulega skróceniu o czynnik $(1 - v^2/c^2)^{1/2}$
- siły między cząstkami nienaładowanymi i naładowanymi podlegają takim samym wzorom transformacji jak siły elektrostatyczne
- wszystkie ładunki w atomach są w pewnej liczbie „elektronów”
- na każdy z tych „elektronów” oddziałują tylko „elektrony” tego samego atomu
- atom w ruchu deformuje się tak jak elektron

Einstein oparł się na dwóch postulatach

- prędkość światła w próżni c jest jednakowa w każdym kierunku we wszystkich inercjalnych układach odniesienia niezależnie od wzajemnego ruchu obserwatora i źródła
- zasada względności: prawa fizyki są identyczne w układach będących względem siebie w ruchu jednostajnym prostoliniowym

oraz przyjął dodatkowo:

- założenie, że przestrzeń jest jednorodna i izotropowa
- postulaty logiczne dotyczące synchronizacji zegarów (jeżeli zegar w A idzie synchronicznie z zegarem w B, to zegar w B idzie synchronicznie z zegarem w A, itp.)

Na tej podstawie Einstein

wyprowadził wzory transformacji [Lorentza]
dla współrzędnych, czasu i pól,

wyprowadził wzór na dodawanie prędkości,

wyprowadził wzór na siłę Lorentza (który
Lorentz postulował w 1895 r.)

„Wprowadziłem pojęcie czasu lokalnego, ale nigdy nie myślałem, że ma to coś wspólnego z czasem rzeczywistym. Dla mnie czas rzeczywisty był nadal zgodny z klasycznym pojęciem czasu absolutnego... Traktowałem moją transformację czasu tylko jako heurystyczną hipotezę roboczą. Zatem teoria względności jest wyłącznie dziełem Einsteina.”

Hendrik Lorentz (1927)

Einstein i Poincaré

Henri Poincaré był bardzo blisko teorii względności:

„Prędkość światła jest stała... Tego postulatu nie można sprawdzić doświadczalnie... Daje on nową regułę dla definicji jednoczesności.” (1898)

„Zgodnie z zasadą względności prawa fizyczne muszą być jednakowe dla obserwatora „spoczywającego” i dla obserwatora, który jest względem niego w jednostajnym ruchu translacyjnym...” (1904)



Henri Poincaré – wykład podczas Kongresu w St. Louis (1904)

„Zgodnie z zasadą względności prawa fizyczne muszą być jednakowe dla obserwatora spoczywającego i dla obserwatora, który jest względem niego w jednostajnym ruchu translacyjnym, tak że nie mamy i nie możemy mieć żadnego sposobu aby się dowiedzieć czy uczestniczymy w takim ruchu...

Najbardziej niezwykłym przykładem nowej fizyki matematycznej jest bez wątpienia elektromagnetyczna teoria światła Maxwella. Nie wiemy nic o eterze, jak są rozmieszczone jego cząsteczki, czy się przyciągają czy odpychają; wiemy jednak, że ten ośrodek przenosi jednocześnie zaburzenia optyczne i zaburzenia elektryczne; wiemy, że to przenoszenie musi być zgodne z ogólnymi zasadami mechaniki i to wystarczy nam do ustalenia równań pola elektromagnetycznego... Może powinniśmy zbudować całą nową mechanikę, ...w której bezwładność rośnie z prędkością, a prędkość światła stanowi nieprzekraczalną granicę. Zwykła, prostsza mechanika pozostanie pierwszym przybliżeniem, ponieważ będzie prawdziwa dla prędkości niezbyt wielkich”

„Możliwe wyjaśnienie skrócenia elektronu otrzymuje się zakładając, że deformowalny i ściśliwy elektron jest poddany jakiemuś stałemu zewnętrznemu ciśnieniu, którego działanie jest proporcjonalne do zmiany objętości.”

H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'electron* (czerwiec 1905)

Świadczy to wyraźnie o tym, że mimo przekonywania o potrzebie zasady względności Poincaré nadal trzymał się starych koncepcji eteru i deformowalnego elektronu



Henri Poincaré

W 1909 r. Poincaré w Getyndze miał wykład pt. „*La Mécanique Nouvelle*”

Tę nową mechanikę oparł na trzech hipotezach:

1. Prędkość światła jest granicą, której nie może przekroczyć żadne ciało
2. Prawa fizyki są takie same we wszystkich układach inercjalnych
3. Ciało w ruchu translacyjnym doznaje deformacji w kierunku, w którym się porusza.

„Jakkolwiek dziwne może się to nam wydawać, musimy przyznać, że ta trzecia hipoteza jest doskonale potwierdzona.”

Tak więc, cztery lata po pracy Einsteina, Poincaré nadal nie rozumiał, że skrócenie prętów jest **konsekwencją** dwóch postulatów Einsteina

Einstein spotkał Poincarégo na Kongresie Solvaya w 1911 r. Po powrocie do domu napisał w liście do swego przyjaciela Zanggera:

„Poincaré odnosił się z antypatią do teorii względności i mimo swej bystrości umysłu wykazywał brak zrozumienia sytuacji”

Lorentz (ur. 1853), Poincaré (ur. 1854) i inni wybitni fizycy tamtego okresu widzieli potrzebę wprowadzenia nowej fizyki, odkryli niektóre ważne fakty, ale do końca byli głęboko przekonani, że eter istnieje. Właśnie dlatego ich wyniki miały niewiele wspólnego z nowatorskim spojrzeniem Einsteina (ur. 1879), który należał do młodszego pokolenia

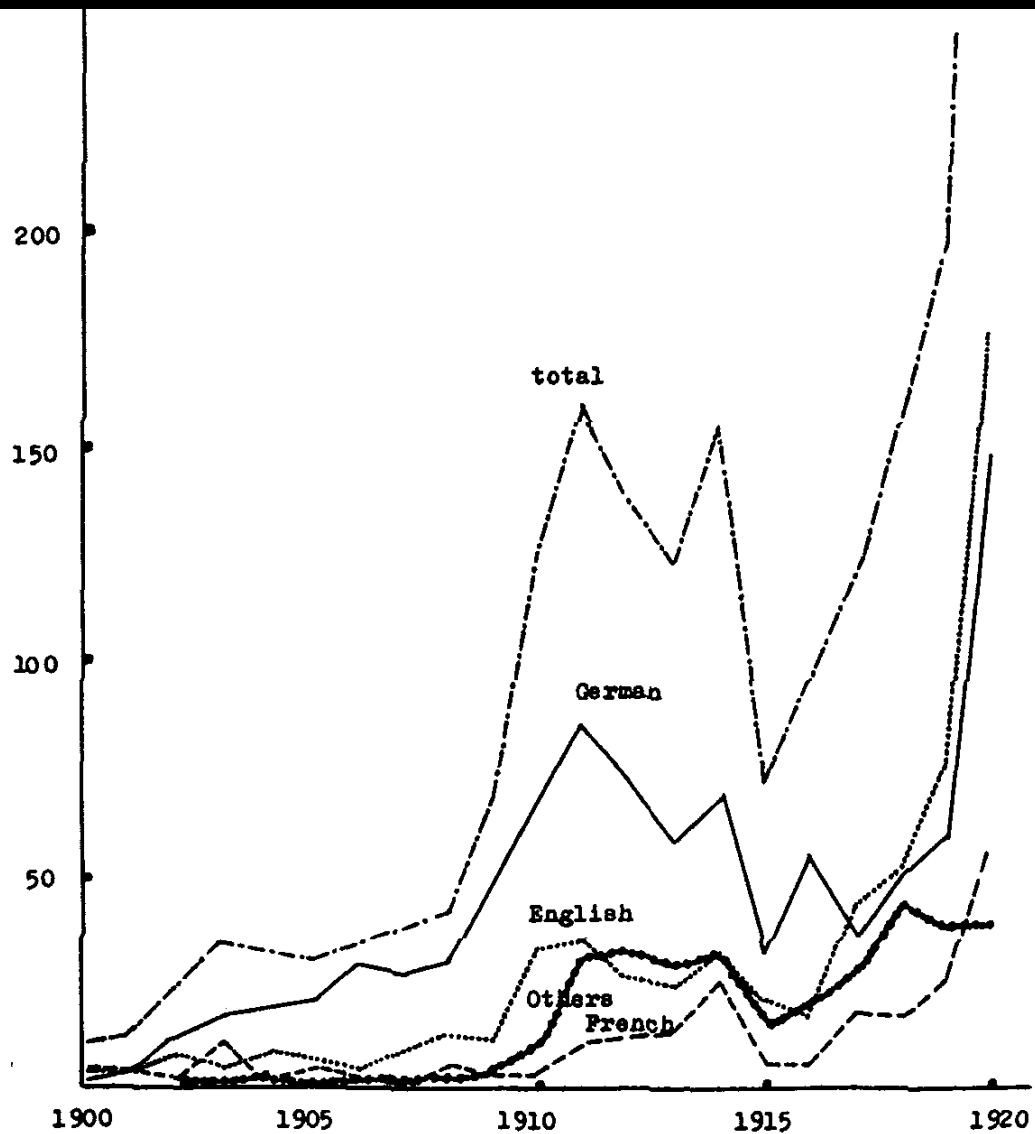


Figure 7.2. Distribution of publications on relativity, 1900–1920. *Source:* Reprinted from J. Illy, “Revolutions in a revolution,” *Studies in the History and Philosophy of Science* 12, 1981, 173–210, with permission from Elsevier Science.