

Historia Teorii Względności



Zbigniew Osiak

**Od Maxwella
do Einsteina**

03

Linki do moich publikacji naukowych i popularnonaukowych, e-booków oraz audycji telewizyjnych i radiowych są dostępne w bazie ORCID pod adresem internetowym:

<http://orcid.org/0000-0002-5007-306X>

Zbigniew Osiak (Tekst)

HISTORIA TEORII WZGLĘDNOŚCI

Od Maxwella do Einsteina

Małgorzata Osiak (Ilustracje)

© Copyright 2015 by
Zbigniew Osiak (text) and Małgorzata Osiak (illustrations)

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Rozpowszechnianie i kopiowanie całości lub części publikacji
zabronione bez pisemnej zgody autora tekstu i autorki ilustracji.

Portret autora zamieszczony na okładkach przedniej i tylnej
Rafał Pudło

Wydawnictwo: Self Publishing

ISBN: 978-83-272-4476-5

e-mail: zbigniew.osiak@gmail.com

“*Historia Teorii Względności – Od Maxwella do Einsteina*” jest trzecim z pięciu tomów pomocniczych materiałów do prowadzonego przeze mnie seminarium dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Uniwersytecie Wrocławskim.

Szczegółowe informacje dotyczące sygnalizowanych tam zagadnień zainteresowani Czytelnicy znajdą w innych moich eBookach:

Z. Osiak: *Szczególne Teoria Względności*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Ogólna Teoria Względności*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Antygravitacja*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Energia w Szczególnej Teorii Względności*. SP (2012).

Z. Osiak: *Giganci Teorii Względności*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Teoria Względności – Prekursorzy*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Teoria Względności – Twórcy*. Self Publishing (2013).

Z. Osiak: *Teoria Względności – Kulisy*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Teoria Względności – Kalendarium*. SP (2013).

Zapis wszystkich pomocniczych materiałów zgrupowanych w pięciu tomach zostanie zamieszczony w internecie w postaci eBooków.

Z. Osiak: *Historia Teorii Względności – Od Kopernika do Newtona*

Z. Osiak: *Historia Teorii Względności – Od Newtona do Maxwella*

Z. Osiak: *Historia Teorii Względności – Od Maxwella do Einsteina*

Z. Osiak: *Historia Teorii Względności – Era Einsteina 1905-1955*

Z. Osiak: *Historia Teorii Względności – Ciekawe wyniki po 1955*

Seminarium

HISTORIA TEORII WZGLĘDNOŚCI

Od Maxwella do Einsteina

dr Zbigniew Osiak

Portrety i rysunki wykonała

Małgorzata Osiak

-
- Kalendarium 11
 - Notki biograficzne 29
 - Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866) 30
 - Elwin Bruno Christoffel (1829-1900) 37
 - James Clerk Maxwell (1831-1879) 39
 - Rudolf Otto Sigismund Lipschitz (1832-1903) 42
 - Eugenio Beltrami (1835-1900) 45
 - Ernst Mach (1838-1916) 47
 - Edward Williams Morley (1838-1923) 49
 - Josiah Willard Gibbs (1839-1903) 51
 - Marius Sophus Lie (1842-1899) 53
 - John William Strutt Rayleigh (1842-1919) 55
 - Heinrich Weber (1842-1913) 58
 - Władysław Gosiewski (1844-1911) 60
 - William Kingdon Clifford (1845-1879) 62
 - Nikołaj Aleksiejewicz Umow (1846-1915) 64

-
- Wilhelm Karl Joseph Killing (1847-1923) 66
 - Baron Roland von Eötvös (1848-1919) 68
 - Doświadczenie Eötvösa 70
 - Felix Christian Klein (1849-1925) 72
 - Hugo Hans Ritter von Seeliger (1849-1924) 76
 - Oliver Heaviside (1850-1925) 78
 - Woldemar Voigt (1850-1919) 80
 - Samuel Dickstein (1861-1939) 82
 - George Francis FitzGerald (1851-1901) 86
 - Sir Oliver Joseph Lodge (1851-1940) 88
 - Albert Abraham Michelson (1852-1931) 91
 - John Henry Poynting (1852-1914) 94
 - Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) 97
 - Hipoteza Lorentza 99
 - Transformacje Lorentza 100

-
- Gregorio Ricci-Curbastro (1853-1925) 102
 - Rachunek tensorowy 104
 - Luigi Bianchi (1856-1928) 105
 - Friedrich Heinrich Schur (1856-1932) 108
 - Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) 109
 - Joseph Larmor (1857-1942) 112
 - DeWitt Bristol Brace [D. B. Brace] (1859-1905) 114
 - Frederick Thomas Trouton (1863-1922) 116
 - Dayton Clarence Miller (1866-1941) 119
 - Walter Kaufmann (1871-1947) 121
 - Tullio Levi-Civita (1873-1941) 123
 - Desiderius Pekár (1873-1953) 125
 - Eugen Fekete (1880-1943) 127
 - Alexander Oliver Rankine (1881-1956) 129
 - Alfabetyczny indeks nazwisk 131
 - Chronologiczny indeks nazwisk 135

Kalendarium

1854

Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866) wprowadził pojęcie n -wymiarowej zakrzywionej przestrzeni z zadaną lokalnie metryką w postaci kwadratowej formy różniczkowej. Wykład habilitacyjny, wygłoszony 10 czerwca 1854 w Getyndze, opublikowany został dopiero dwa lata po śmierci Riemanna.

1864, 1865, 1873

James Clerk Maxwell (1831-1879) odkrył (1861) prąd przesunięcia. Podał (1864) określenie pola elektromagnetycznego. Przedstawił (1865) zbiór dwudziestu równań opisujących pole elektromagnetyczne. Przewidział (1865) istnienie fal elektromagnetycznych. Sformułował (1865) koncepcję o elektromagnetycznej naturze światła. Opublikował (1873) *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Stworzył elektrodynamikę.

1866

Leopold Kronecker (1823-1891) zaproponował bardzo użyteczną funkcję, zwaną deltą Kroneckera.

1867, 1868, 1869

Herman Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) rozwinął geometrię nieeuklidesową.

1868, 1869

Elwin Bruno Christoffel (1829-1900) wprowadził trójwskaźnikowe symbole, zwane obecnie symbolami Christoffela pierwszego i drugiego rodzaju, zaproponował również czterowskaźnikowe symbole, znane jako składowe kowariantnego tensora krzywizny Riemanna-Christoffela czwartego rzędu. Zdefiniował pojęcie tensora kowariantnego w ogólnym przypadku i operację różniczkowania kowariantnego. Christoffel nie używał nazwy tensor.

1868, 1872

Eugenio Beltrami (1835-1900) wykazał (1868), że geometria Łobaczewskiego jest geometrią geodezyjnych na powierzchniach o stałej ujemnej krzywiznie, w szczególności na pseudosferze, która powstaje przez obrót traktrisy wokół jej asymptoty. Zbadał (1872) własności pseudosfery.

????

Rudolf Otto Sigismund Lipschitz (1832-1903) badał własności podrozmaitości Riemanna oraz n-wymiarowe formy różniczkowe.

1872

Felix Christian Klein (1849-1925) sformułował tzw. program erlangencki traktujący każdą geometrię jako teorię niezmienników pewnej grupy przekształceń.

1873

William Kingdon Clifford (1845-1879) odkrył bkwaterniony, co zaowocowało powstaniem tzw. algebry Clifforda, będącej uogólnieniem zewnętrznej algebry Grassmanna.

1874

Nikołaj Aleksiejewicz Umow (1846-1915) pierwszy wprowadził pojęcie strumienia energii pola elektromagnetycznego. Pojęcie to pojawiło się dziesięć lat później również w pracach Poyntinga (wektor Umowa-Poyntinga).

1877

Władysław Gosiewski (1844-1911), w objaśnieniach do polskiego tłumaczenia wykładu habilitacyjnego Riemanna, podał eleganckie wyprowadzenie miary krzywizny w każdym punkcie rozmaitości [na podstawie sugestii zawartych w rozprawie Riemanna] i pokazał, że

srowadza się ona do krzywizny Gaussa. Udowodnił wzór [podany w rozprawie Riemanna] na długość elementu liniowego w rozmaitości o stałej krzywiznie.

1881, 1887

Albert Abraham Michelson (1852-1931) skonstruował interferometr, co pozwoliło mu doświadczalnie ustalić niezależność wartości prędkości światła od ruchu Ziemi względem Słońca, najpierw samemu w Berlinie (1881), a później wspólnie z Morley'em (1887). Należy podkreślić, że doświadczenia te były planowane jako rozstrzygające o istnieniu eteru.

1883

Ernst Mach (1838-1916) postulował, że bezwładność jest skutkiem wzajemnego oddziaływania ciał we wszechświecie. Twierdzenie to Einstein nazywał zasadą Macha.

1884, 1891, 1893

John Henry Poynting (1852-1914) wprowadził (1884) pojęcie strumienia energii pola elektromagnetycznego – wektor Poyntinga. Wyznaczył średnią gęstość Ziemi (1891) oraz stałą grawitacyjną metodą torsyjną (1893).

1887

Albert Abraham Michelson (1852-1931) i Edward Williams Morley (1838-1923) przeprowadzili (1887) eksperyment, z którego wynikało, że wartość prędkości światła nie zależy od ruchu Ziemi względem Słońca.

1887, 1900

Woldemar Voigt (1850-1919) znalazł (1887) transformacje, podobne do przekształceń Lorentza, nie zmieniające postaci równania falowego. Wprowadził (1900) nazwę tensor dla wielkości charakteryzujących elastyczne własności ciał.

1887, 1895, 1901

Samuel Dickstein (1851-1939) przetłumaczył na język polski podstawowe prace Riemanna (1887), Kleina (1895) oraz Ricci'ego i Levi-Civita (1901) dotyczące geometrii nieeuklidesowej i rachunku tensorowego.

1888, 1890

Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) eksperymentalnie potwierdził (1888) istnienie fal elektromagnetycznych przewidzianych przez Maxwella. Nadał (1890) równaniom elektrodynamiki współczesną postać (równania Maxwella-Hertza).

1888-1893

Marius Sophus Lie (1842-1899) i Friedrich Engel (1861-1941) opublikowali *Teorię grup transformacji*.

1888-1908

Baron Roland von Eötvös (1848-1919) wykazał doświadczalnie (1888-1908) równość masy grawitacyjnej i inercyjnej z dokładnością do $5 \cdot 10^{-9}$.

Doświadczenia Eötvösa potwierdzają **słabą** zasadę równoważności, wg której ruch cząstki próbnej, pod wpływem jedynie pola grawitacyjnego, zależy tylko od jej początkowego położenia i początkowej prędkości, a nie zależy od jej masy i natury.

Doświadczenia Eötvösa stanowią również potwierdzenie dla sformułowanej przez Einsteina **silnej** zasady równoważności, która legła u podstaw OTW. Wg tej zasady natężenie jednorodnego pola grawitacyjnego jest równoważne stałemu przyspieszeniu (ze znakiem minus) odpowiedniego układu odniesienia. Pole grawitacyjne (jednorodne w nieskończenie małej objętości) można w pełni zamienić przyspieszonym układem odniesienia.

1889

George Francis FitzGerald (1851-1901) sugerował, że wynik doświadczenia Michelsona-Morleya może być spowodowany skróceniem ciał materialnych w kierunku ruchu wskutek oddziaływania z eterem (skrócenie FitzGeralda-Lorentza).

1892

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), niezależnie od FitzGeralda, wynik doświadczenia Michelsona-Morleya tłumaczył skróceniem długości ramion interferometru wzdłuż kierunku ruchu Ziemi względem eteru. Według Lorentza obiekty materialne skracają się w kierunku ruchu w wyniku oddziaływania z eterem. Doświadczenia Rayleigha-Brace'a (1902 i 1904), Troutona-Noble'a (1903) oraz Troutona-Rankine'a (1908) wykazały, że hipoteza FitzGeralda-Lorentza jest błędna. Według Einsteina kontrakcja jest wynikiem własności czasoprzestrzeni, a nie oddziaływania ciała z eterem.

1892

Wilhelm Karl Joseph Killing (1847-1923) podał tzw. równania Killinga, które wykorzystywane są w Ogólnej Teorii Względności.

1892

Oliver Heaviside (1850-1925) nadał równaniom Maxwella-Hertza prostszą matematyczną postać, używając operatorów rotacji i dywergencji.

1892-1904

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) opisał (1892) siłę, działającą w polu elektromagnetycznym na naładowane cząstki, zwaną siłą Lorentza. Rozwinął (1892-1904) teorię elektronową.

1893

Marius Sophus Lie (1842-1899) stworzył teorię ciągłych grup przekształceń, zwanych grupami Liego.

Sir Oliver Joseph Lodge (1851-1940) przeprowadził eksperyment świadczący o tym, że wirująca materia nie unosi eteru, co czyniło teorię eteru bezzasadną. Przy pomocy interferometru wykazał, że hipotetyczny eter znajdujący się między dwoma wirującymi dyskami nie jest przez nie unoszony. Dyski, o średnicy jednego jarda (ok. 0,9144 m), wykonane były ze stali i wirowały wokół wspólnej osi z prędkością przekraczającą 20 obrotów na sekundę.

1895

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) podjął próbę znalezienia transformacji niezmieniających postaci równań Maxwella.

1895

Hugo Hans Ritter von Seeliger (1849-1924) sformułował paradoks grawitacyjny: zgodnie z teorią grawitacji Newtona, w nieskończonym wszechświecie jednorodnie wypełnionym materią, siła grawitacji działająca na cząstkę próbną powinna być nieskończenie wielka.

1897

Joseph Larmor (1857-1942) usiłował znaleźć transformacje niezmiennicze postaci równań Maxwella.

1898

Luigi Bianchi (1856-1928) w oparciu o prace R. Lipshitz (1870), Killinga (1892) oraz S. Liego (1888, 1893) podał kompletną klasyfikację klas izometrii trójwymiarowych rozmaitości Riemanna, dzieląc je na dziewięć typów oznaczonych rzymskimi cyframi I-IX.

1899

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) ponownie podjął próbę znalezienia transformacji niezmieniających postaci równań Maxwella.

1900

Joseph Larmor (1857-1942) zaproponował, cztery lata wcześniej niż Lorentz, relatywistyczne przekształcenia współrzędnych przestrzennych i czasu niezmieniające postaci równań Maxwella.

1901

Walter Kaufmann (1871-1947) badał odchylenie promieni β radu w polu elektrycznym i magnetycznym. Pierwszy doświadczalnie wykazał [odkrył] zależność relatywistycznej masy elektronu od wartości jego prędkości.

1901

Gregorio Ricci-Curbastro (1853-1925) i Tulio Levi-Civita (1873-1941) opracowali absolutny rachunek różniczkowy, zwany obecnie rachunkiem tensorowym. Główna idea tego rachunku polega na tym, aby wszystkie wzory analizy matematycznej były niezależne od przyjętego układu współrzędnych. Innymi słowy, aby wzory rachunku różniczkowego były współzmiennicze względem określonej grupy transformacji układu współrzędnych w przestrzeni o zadanej metryce. W Teorii Względności żąda się, aby wszystkie podstawowe prawa były współzmiennicze względem transformacji, których niezmiennikiem jest maksymalna wartość prędkości rozchodzenia się sygnałów. Na przykład wszystkie prawa Szczególnej Teorii Względności są współzmiennicze względem transformacji Lorentza w czasoprzestrzeni Minkowskiego.

1902

Luigi Bianchi (1856-1928) udowodnił tożsamości, bardzo użyteczne w rachunku tensorowym, zwane tożsamościami Bianchiego.

John William Strutt Rayleigh (1842-1919) w przeprowadzonym eksperymencie nie stwierdził oczekiwanego podwójnego załamania światła, które miał spowodować ruch przezroczystego ciała przez eter. Gdyby istniał eter, to zjawisko takie wg Rayleigha byłoby konsekwencją kontrakcji Lorentza-FitzGeralda. Doświadczenie to powtórzył de Witt Bristol Brace (1904). Nazywane jest ono doświadczeniem Rayleigha-Brace'a.

1902-1904

Edward Williams Morley (1838-1923) i Dayton Clarence Miller (1866-1941) powtórzyli eksperyment Michelsona-Morleya z 1887.

1903

John Henry Poynting (1852-1914) sugerował, że małe cząstki powinny obiegać Słońce po orbitach o zmniejszającym się promieniu. Zjawisko to, nazwane efektem Poyntinga, jest wynikiem wywierania ciśnienia przez promieniowanie Słońca na orbitujące małe cząstki.

1903, 1908

Frederick Thomas Trouton (1863-1922) wspólnie z H. R. Noble przeprowadzili (1903) eksperyment mający na celu zmierzenie postulowanych sił torsyjnych (skręcających) działających na wiszący naładowany płaski kondensator w wyniku oddziaływania ładunków na okładkach z hipotetycznym eterem – doświadczenie Troutona-Noble'a. Oczekiwanego oddziaływania nie stwierdzono. Razem z Alexandrem O. Rankinem mierzyli (1908) opór miedzianego drutu ustawionego równoległe i prostopadle do kierunku ruchu Ziemi wokół Słońca.

Oczekiwanych zmian oporu, będących wynikiem skrócenia FitzGeralda-Lorentza, nie zaobserwowano. Z obu doświadczeń wynika, że hipoteza FitzGeralda-Lorentza jest błędna.

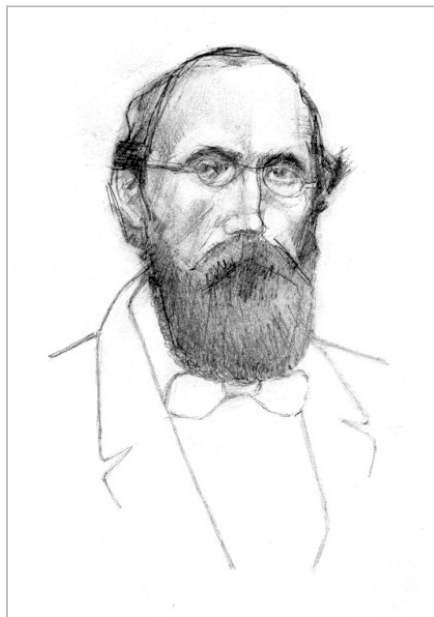
1904

D. B (de Witt Bristol) Brace (1859-1905) powtórzył doświadczenie Rayleigha (doświadczenie Rayleigha-Brace'a), zwiększając dokładność pomiarów. Nie stwierdził oczekiwanego podwójnego załamania, które miał spowodować ruch przezroczystego ciała przez eter. Gdyby istniał eter, to zjawisko takie wg Rayleigha byłoby konsekwencją kontrakcji FitzGeralda-Lorentza.

1904

Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) zaproponował transformacje współrzędnych przestrzennych i czasu niezmieniające postaci równań Maxwella.

Notki biograficzne



niemiecki matematyk i fizyk teoretyk

1826 - Urodził się w 17 września w Breselenz koło Dannenbergu.

1846/50 - Studiował na uniwersytetach w Hanowerze, Lüneburgu, Getyndze oraz Berlinie.

1852 - Doktoryzował się.

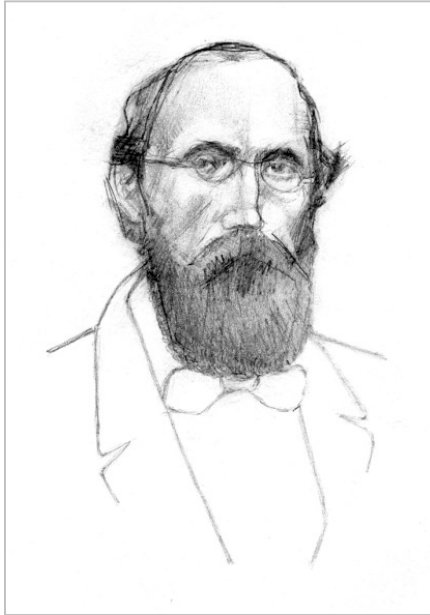
1854 - Wygłosił słynny wykład habilitacyjny.

1854/56 - Pracował jako Privatdozent w Getyndze.

1857 - Został profesorem nadzwyczajnym w Getyndze.

1859 - Został profesorem zwyczajnym w Getyndze.

1859 - Otrzymał godność członka korespondenta Akademii Berlińskiej.



1862 - W lipcu chorował na zapalenie opłucnej.

- Wiele miesięcy spędził we Włoszech w celu poprawy stanu swego zdrowia.

1866 - Zmarł 20 lipca w Selaska nad jeziorem Laggo-Maggiore.

Wyniki

- Wprowadził (1854) pojęcie n-wymiarowej zakrzywionej przestrzeni z zadaną lokalnie metryką w postaci kwadratowej formy różniczkowej.

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$$

- Praca Riemanna została opublikowana dopiero dwa lata po jego śmierci.

• G. F. Riemann: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. O hipotezach, które leżą u podstaw geometrii.*

Jest to wykład inauguracyjny poprzedzający objęcie stanowiska prywatnego docenta (wykład habilitacyjny), wygłoszony 10 czerwca 1854 roku w Getyndze.

B. Riemann: *Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen.*

(Mitgetheilt durch R. Dedekind) *Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* **13** (1868) 133-152.

• Istnieje polski przekład z objaśnieniami Wł. Gosiewskiego, dokonany przez S. Dicksteina:

O hipotezach, które służą za podstawę geometrii. Pamiętnik Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu **9** (1877) 1-26.

[Przedstawiono na posiedzeniu Towarzystwa Nauk Ścisłych 5 września 1874.]

• Przekład ten razem z przypisami zamieszczono również w:

Prace matematyczno-fizyczne **32** (1922) Rozprawa 113-127. Przypisy 128-143.

Od Pitagorasa do Riemanna

- Poniżej podaliśmy kolejne uogólnienia twierdzenia Pitagorasa, czyli drogę od $(c^2 = a^2 + b^2)$ do $(ds^2 = g_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu)$.

$$s^2 = x^2 + y^2$$

$$s^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$(\Delta s)^2 = (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2$$

$$(ds)^2 = dx^1 dx^1 + dx^2 dx^2 + dx^3 dx^3 + dx^4 dx^4$$

$$(ds)^2 = g_{11} dx^1 dx^1 + g_{22} dx^2 dx^2 + g_{33} dx^3 dx^3 + g_{44} dx^4 dx^4$$

$$\begin{aligned} (ds)^2 = & g_{11} dx^1 dx^1 + g_{12} dx^1 dx^2 + g_{13} dx^1 dx^3 + g_{14} dx^1 dx^4 + \\ & g_{21} dx^2 dx^1 + g_{22} dx^2 dx^2 + g_{23} dx^2 dx^3 + g_{24} dx^2 dx^4 + \\ & g_{31} dx^3 dx^1 + g_{32} dx^3 dx^2 + g_{33} dx^3 dx^3 + g_{34} dx^3 dx^4 + \\ & g_{41} dx^4 dx^1 + g_{42} dx^4 dx^2 + g_{43} dx^4 dx^3 + g_{44} dx^4 dx^4 \end{aligned}$$

Ciekawostki

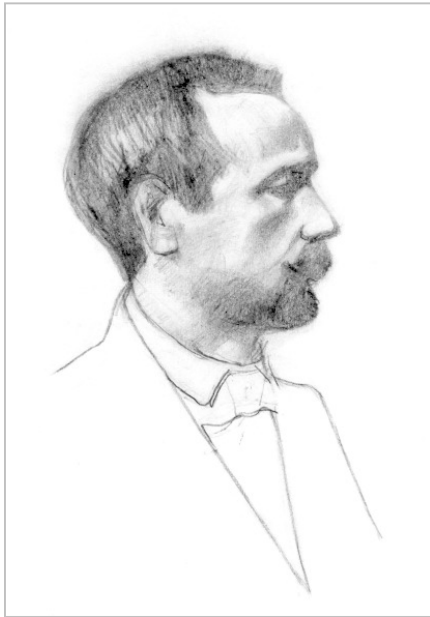
- W Ogólnej Teorii Względności zakłada się, że gęstość energii wszelkiej postaci określa lokalnie metrykę czasoprzestrzeni.
- Zacytujmy wizjonerskie słowa tłumacza Samuela Dicksteina (1851-1939), pochodzące z 1877, zamieszczone w przedmowie do polskiego przekładu wykładu habilitacyjnego Riemanna. [Zachowano oryginalną pisownię.]

„Praca wielkiego matematyka niemieckiego, której polski przekład dajemy, należy bez wątpienia do prac pierwszorzędnych w nauce znaczenia. W niej bowiem nie tylko wyświecone są zasady, na których opiera się geometrya, ale wypowiedziane zostały głębokie myśli, mogące się stać z czasem zarodkiem wielkich odkryć w nauce.”

A oto inny fragment tej przedmowy. [Zachowano oryginalną pisownię.]

„Że krzywizna naszej przestrzeni jest stałą i wszędzie równą zeru, jest to hipoteza, na której opiera się cała geometrya Euklidesa, a którą zawdzięczamy doświadczeniu, co aż do czasów Riemanna pozostało niewyjaśnioném, i pierwszorzędne nawet umysły bez potrzeby siliły się na wyprowadzenie XI go postulatu Euklidesa z innych pewników wziętych za podstawę geometryi. Bezowocny skutek tych zabiegów przyniósł pośrednio wielką korzyść nauce; albowiem matematycy, straciwszy nadzieję dowiedzenia wspomnianego postulatu, pomyślili o utworzeniu takiej geometryi, która przyjmując za podstawę wszystkie pozostałe pewniki, jest zupełnie niezależną od pewnika o liniach równoległych. W ten sposób powstała geometrya urojona Łobaczewskiego, absolutna Bolaya, nie-Euklidesowa Beltramięgo.”

„Dopiero Riemann w sposób stanowczy rozstrzyga to ważne pytanie: z jego badań wynika wprost, że postulat Euklidesa, lub każdy inny pewnik, który przyjąć trzeba dla zbudowania teorii linii równoległych, jest wprost wynikiem hipotezy, że krzywizna przestrzeni jest wszędzie zerem i dla tego dowieść się nie da.”



niemiecki matematyk

1829 - Urodził się 10 listopada w Montjoie [obecnie Monschau] w pobliżu Aachen.

- Studiował na uniwersytecie w Berlinie.

1856 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Berlinie.

1862 - Został profesorem na politechnice w Zurychu.

1872 - Został profesorem na Gewerbsakademie w Berlinie.

1872/1892 - Był profesorem na uniwersytecie w Strasburgu.

1900 - Zmarł 15 marca w Strasburgu.

Wyniki

- Wprowadził (1869) trójwskaźnikowe symbole zwane obecnie symbolami Christffela pierwszego i drugiego rodzaju, zaproponował również czterowskaźnikowe symbole znane jako składowe kowariantnego tensora krzywizny Riemanna-Christoffela czwartego rzędu.
- Wprowadził wielkości nazywane obecnie tensorami kowariantnymi i operację różniczkowania kowariantnego (1868 i 1869). Christoffel nie używał nazwy tensor.

• E. B. Christoffel: *Allgemeine Theorie der geodätischen Dreiecke.*

Mathematische Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1868) 119-176.

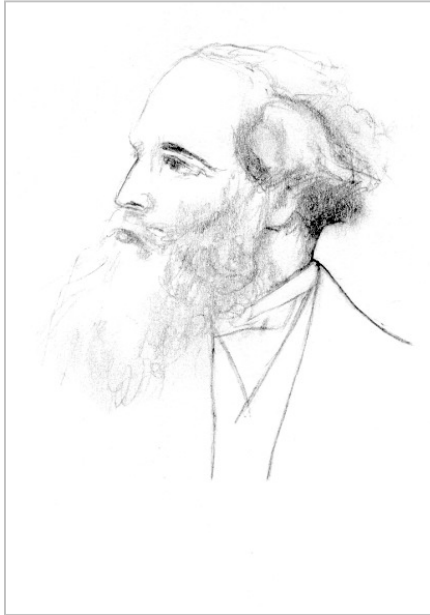
• E. B. Christoffel: *Über die Transformation ganzer homogener Differentialausdrücke.*

Monatsberichte der Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1869) 1-6.

• E. B. Christoffel: *Über die Transformation der homogenen Differentialausdrücke zweiten Grades.*

Journal für die reine und angewandte Mathematik [Crelle's Journal] **70** (1869) 46-70

O przekształceniach jednorodnych form różniczkowych drugiego stopnia..



szkocki fizyk teoretyk

1831 - Urodził się 13 czerwca w Edynburgu.

1847/1850 - Studiował fizykę na uniwersytecie w Edynburgu.

1850/1854 - Po przeniesieniu się do Cambridge studiował w Petershouse College i w Trinity College.

1871 - Został profesorem fizyki eksperymentalnej w Cambridge.

1879 - Zmarł na raka żołądka 5 listopada w Cambridge.

Wyniki

- Wprowadził (1861) pojęcie prądu przesunięcia.
- Podał określenie pola elektromagnetycznego, przedstawił zbiór dwudziestu równań opisujących pole elektromagnetyczne, przewidział istnienie fal elektromagnetycznych, sformułował koncepcję o elektromagnetycznej naturze światła (1865).
- Opublikował (1873) *Traktat o elektryczności i magnetyzmie*.

• J. Clerk Maxwell: *On Physical Lines of Force*.

The [London, Edinburgh and Dublin] Philosophical Magazine and Journal of Science (1861).

O fizycznych liniach sił.

• J. Clerk Maxwell: *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London **155** (1865) 459-512. [Read December 8, 1864.]

Dynamiczna teoria pola elektromagnetycznego.

• J. Clerk Maxwell: *A Treatise on Electricity and Magnetism*.

Clarendon Press, Oxford 1873. [2 tomy]

Ciekawostki

- Przypisywane Maxwellowi równania miały zupełnie inną postać matematyczną. Powód był prosty. W czasie gdy Maxwell pracował nad elektrodynamiką, Hermann Günter Grassmann (1809-1877) dopiero tworzył podstawy współczesnej analizy wektorowej.
- Olivier Heaviside (1850-1925) jako pierwszy zapisał (1892) równania Maxwella, używając operatorów rotacji i dywergencji.

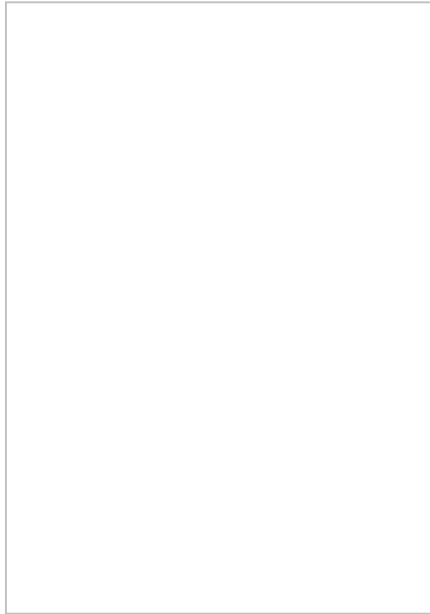
$$\text{rot}\mathbf{E} = -\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\text{div}\mathbf{B} = 0$$

$$\text{rot}\mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}$$

$$\text{div}\mathbf{D} = \rho$$

- W obu pracach z 1890 Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) przedstawił te same równania w postaci rozwiniętej.



niemiecki matematyk

1832 - Urodził się 14 maja w pobliżu Królewca [Königsberg].

1853 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Berlinie.

1857 - Rozpoczął pracę jako Privatdozent w Berlinie.

1862 - Został profesorem nadzwyczajnym

we Wrocławiu.

1864 - Został profesorem zwyczajnym w Bonn.

1873 - Otrzymał katedrę matematyki w Getyndze.

1903 - Zmarł 7 października w Bonn.

Wyniki

- Badał własności podrozmaitości Riemanna V_m o wymiarze m w rozmaitości Riemanna V_n o wymiarze n .
- Na specjalną uwagę zasługują jego studia nad n -wymiarowymi formami różniczkowymi.

• R. O. S. Lipschitz: *Untersuchungen in Betreff der ganzen homogenen Functionen von n Differentialen*.
Journal für die reine und angewandte Mathematik **70** (1869) 71-102, **72** (1870) 1-56.

• R. O. S. Lipschitz: *Entwicklung einiger Eigenschaften der quadratischen Formen von n Differentialen*.
Journal für die reine und angewandte Mathematik **71** (1870) 274-287, 288-295.

Ciekawostki

- Rudolf Otto Sigismund Lipschitz jest znany przede wszystkim jako autor tak zwanego warunku Lipschitza.

Jeżeli f jest funkcją określoną w przedziale $\langle a, b \rangle$, to mówimy, że f spełnia warunek Lipschitza z wykładnikiem α oraz współczynnikiem M , jeżeli dla każdych dwóch wartości x, y należących do $\langle a, b \rangle$ spełniony jest warunek:

$$|f(y) - f(x)| \leq M|y - x|^\alpha, \quad \alpha > 0$$

włoski matematyk

1835 - Urodził się 16 listopada w Cremonie.

1853/56 - Studiował matematykę na uniwersytecie w Pavii.

1856 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Padwie u Francesco Brioschiego.

1873/76 - Był profesorem mechaniki racjonalnej na uniwersytecie w Rzymie.

1898 - Został przewodniczącym Accademia dei Lincei.

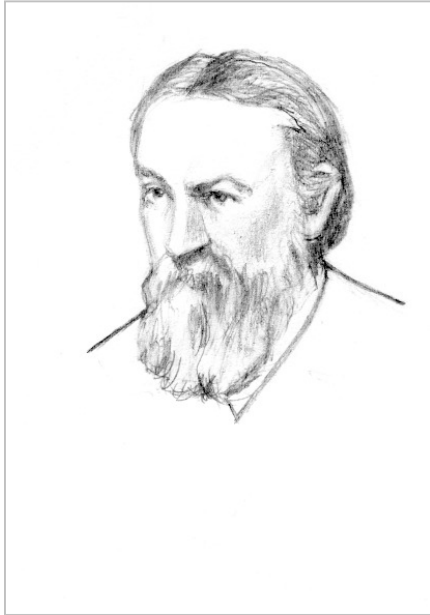
1900 - Zmarł 18 lutego w Rzymie.

Wyniki

- Wykazał (1868), że geometria hiperboliczna, stworzona przez Łobaczewski[ego] (1829) i niezależnie przez Bolyai[a] (1832), jest geometrią geodezyjnych na powierzchniach o stałej ujemnej krzywiznie, w szczególności na pseudosferze, która powstaje przez obrót traktrisy wokół jej asymptoty.
- Zbadał (1872) własności pseudosfery.

• E. Beltrami: *Saggio di interpretazione della geometria non-euclidea*. Giornale di Matematiche **6** (1868) 284-312.
[Opere matematiche I, 374-405] *Próba interpretacji geometrii nieeuklidesowej*.

• E. Beltrami: *Sulla superficie di rotazione che serve di tipo alle superficie pseudosferiche*. Giornale di Matematiche **10** (1872) 147-159.
[Opere matematiche II, 394-409]



austriacki fizyk i filozof

1838 - Urodził się 18 lutego w Chirlitz-Turas koło Brna. [obecnie Chrlice-Tuřny, Czechy]

- Studiował od 1855 matematykę, fizykę i filozofię na uniwersytecie w Wiedniu.

1860 - Doktoryzował się.

1861 - Habilitował się.

1864 - Został profesorem zwyczajnym

matematyki w Grazu.

1867 - Został profesorem fizyki w Pradze.

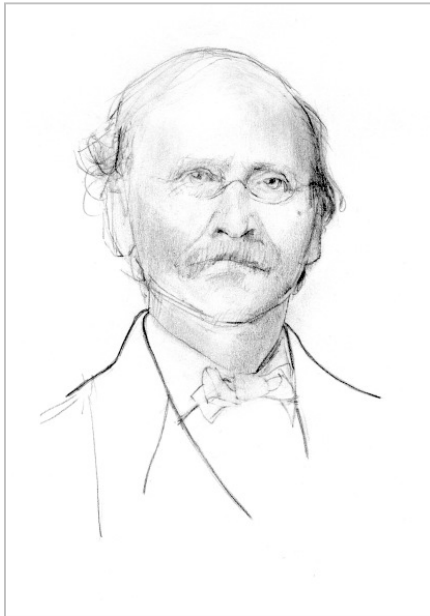
1895 - Został profesorem filozofii w Wiedniu.

1901 - Przeszedł na emeryturę.

1916 - Zmarł 19 lutego w Vatersteten koło Haar [koło Monachium].

Wyniki

- Postulował (1883), że bezwładność jest skutkiem wzajemnego oddziaływania ciał we Wszechświecie.
- Twierdzenie to Einstein nazywał zasadą Macha.



amerykański chemik i fizyk

1838 - Urodził się 29 stycznia w Newark (New Jersey).

1857/61 - Studiował w Williams College.

1861/64 - Kontynuował naukę w Andover Theological Seminary.

1873/88 - Był profesorem chemii w Cleveland Medical School.

1882 - Otrzymał katedrę chemii i filozofii naturalnej w Adelbert College w Cleveland.

1923 - Zmarł 24 lutego w West Hartford (Connecticut).

1882 - Otrzymał katedrę chemii i filozofii naturalnej w Adelbert College w Cleveland.

1923 - Zmarł 24 lutego w West Hartford (Connecticut).

Wyniki

- Wspólnie z Albertem A. Michelsonem przeprowadzili (1887) eksperyment, z którego wynikało, że wartość prędkości światła nie zależy od orbitalnego ruchu Ziemi.
- Morley i Dayton Clarence Miller powtórzyli (1902-1904) doświadczenie Michelsona-Morleya z 1887.
- **Albert A. Michelson (1852-1931)**
amerykański chemik i fizyk
- **Dayton C. Miller (1866-1941)**

- A. A. Michelson and E. W. Morley: *On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*. American Journal of Science **34**, 203 (November, 1887) 333-345. [oraz] Philosophical Magazine **24** (1887) 449-463.
- E. W. Morley, Dayton Miller: *Report of an Experiment to Detect the FitzGerald-Lorentz Effect*. Proceedings of the American Academy of Arts & Sciences **41** (August 1905) 321-328.
- E. W. Morley, Dayton Miller: *Final Report on Ether-Drift Experiments*. Science **25** (5 April 1907) 525.

amerykański uczony

1839 - Urodził się 11 lutego w New Haven (Connecticut).

1854/63 - Studiował na Uniwersytecie Yale.

1866/69 - Przebywał we Francji i Niemczech.

1871 - Został profesorem fizyki matematycznej na Uniwersytecie Yale.

1903 - Zmarł 28 kwietnia w New Haven.

Wyniki

- Gibbs jest współtwórcą analizy wektorowej.

- J. W. Gibbs: *Elements of vector analysis, arranged for the use of students in physics*. New Haven, 1881-1884. [80 stron]
- J. W. Gibbs: *On multiple algebra*. Proc. Amer. Acad. Arts. and Sci. **35** (1886) 37-66.
- J. W. Gibbs: *On the role of quaternions in the algebra of vectors*. Nature **43** (1891) 511-513.
- J. W. Gibbs: *Quaternions and the „Ausdehnungslehre”*. Nature **43** (1891) 79-82
- J. W. Gibbs: *Quaternions and the algebra of vectors*. Nature **47** (1893) 463-464.
- J. W. Gibbs: *Quaternions and vectors analysis*. Nature **48** (1893) 364-367.



norweski matematyk

1842 - Urodził się 17 grudnia w Nordfjordeide (około Bergen).

1859/65 - Studiował matematykę na uniwersytecie w Christianii (Oslo).

1872 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Christianii.

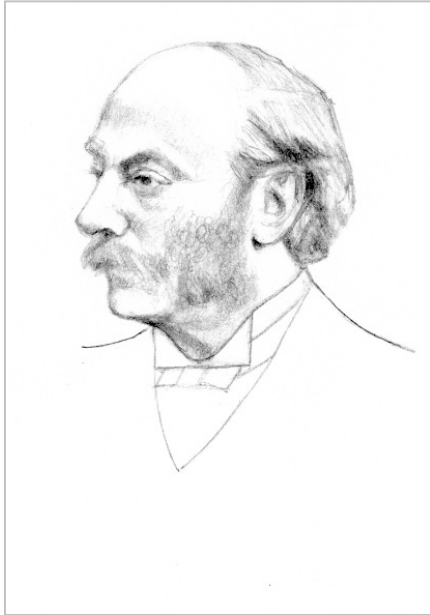
1886 - Został profesorem matematyki w Lipsku.

1898 - Utworzono specjalnie dla niego katedrę matematyki na uniwersytecie w Christianii.

1899 - Zmarł 18 lutego w Christianii na anemię złośliwą.

Wyniki

- Jest autorem i współautorem 40 książek.
- Marius Sophus Lie i Friedrich Engel opublikowali (1888-1893) Teorię grup transformacji.
- Stworzył (1893) teorię ciągłych grup przekształceń zwanych grupami Liego.



brytyjski fizyk,
laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1904

1842 - Urodził się 12 listopada w Langford Grove.

1865 - Ukończył Uniwersytet Cambridge.

1873 - Został członkiem Royal Society.

1879/84 - Był profesorem fizyki eksperymentalnej w Cambridge.

1904 - Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki „za wyznaczenie gęstości najważniejszych gazów i odkrycie argonu w związku z tymi badaniami”.

1919 - Zmarł 30 czerwca w Terling Place.

Wyniki

- W przeprowadzonym eksperymencie nie stwierdził (1902) oczekiwanego podwójnego załamania światła, które miał spowodować ruch przezroczystego ciała przez eter. Gdyby istniał eter, to zjawisko takie wg Rayleigha byłoby konsekwencją kontrakcji FitzGeralda-Lorentza.
- Doświadczenie to powtórzył (1904) de Witt Bristol Brace. Nazywane jest ono doświadczeniem Rayleigha-Brace'a.

- J. W. S. Rayleigh: *Is Rotatory Polarization Influenced by the Earth Motion?* Philosophical Magazine and Journal of Science 4 (1902) 215-220. Czy ruch eteru wpływa na polaryzację kołową?
- J. W. S. Rayleigh: *Does Motion Through the Ether Cause Double Refraction?* Philosophical Magazine and Journal of Science 4 (1902) 678-683. Czy ruch przez eter powoduje podwójną refrakcję?

Ciekawostki

- Książkę „Teoria dźwięku” napisał, pływając barką po Nilu.
- Posiadał prywatne laboratorium.
- Badał (1883) solitony.
- Wyjaśnił (1899) dlaczego niebo jest niebieskie.

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4}$$

• I – natężenie światła rozproszonego

- Podał warunki, jakie muszą spełniać obrazy dyfrakcyjne dwóch punktów, aby były one postrzegane jeszcze jako dwa (kryterium Rayleigha).

• J. W. Strutt (lord Rayleigh): *The Theory of Sound*. London 1877-1878. [2 tomy]

• J. W. S. Rayleigh: *The Form of Standing Waves on the Surface of Running Water*.

Proceedings of the London Mathematical Society **15** (1883) 69-78.

• J. W. S. Rayleigh: *On the Transmission of Light Through an Atmosphere Containing Small Particles on Suspension, and on the Origin of the Blue of the Sky*. Philosophical Magazine and Journal of Science **47** (1899) 375-384.

niemiecki matematyk

1842 - Urodził się 5 maja w Heildelgergu.

1860 - Studiował matematykę i fizykę na uniwersytetach w Heildelbergu i Lipsku.

1863 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Heildelbergu.

1866 - Rozpoczął pracę jako Privatdozent w Heildelbergu.

1869 - Został profesorem nadzwyczajnym w Heildelbergu.

- Nauczał w Eidgenössische Polytechnikum w Zurychu, na uniwersytecie w Königsbergu, w Technische Hochschule w Charlottenburgu, na uniwersytetach w Marburgu, Göttingen i Strasbourgu.

1913 - Zmarł 17 maja w Strasbourgu.

Ciekawostki

- Studentami Webera byli między innymi Herman Minkowski i David Hilbert.
- Razem z Richardem Dedekindem wydali (1876) prace Riemanna.
Bernhard Riemann's gesammelte mathematische Werke und wissenschaftlicher Nachlass, herausgegeben unter Mitwirkung von R. Dedekind, von H. Weber. Teubner, Leipzig 1876.

Książka zawiera trzydzieści rozpraw matematycznych, w tym wykład habilitacyjny na stronach 254-269.

polski matematyk, fizyk i logik

1844 - Urodził się we wsi Honiatyn
koło Tomaszowa Lubelskiego.

1863 - Rozpoczął studia w Szkole Głównej
w Warszawie.

1869/72 - Studiował na uniwersytecie w Paryżu.

1911 - Zmarł w Wołominie

Wyniki

- W objaśnieniach do polskiego tłumaczenia wykładu habilitacyjnego Riemanna podał (1877) eleganckie wyprowadzenie miary krzywizny w każdym punkcie rozmaitości [na podstawie sugestii zawartych w rozprawie Riemanna] i pokazał, że sprowadza się ona do krzywizny Gaussa. Udowodnił (1877) wzór [podany w rozprawie Riemanna] na długość elementu liniowego w rozmaitości o stałej krzywiznie.

Ciekawostki

- Był współzałożycielem w 1888 czasopisma *Prace Matematyczno-Fizyczne*, w którym zamieszczono w 1901 polski przekład pracy Ricci'ego i Levi-Civita *Metody absolutnego rachunku różniczkowego i ich zastosowania*, która pierwotnie ukazała się w tym samym roku w *Mathematische Annalen*. W 1922 na łamach *Prac Matematyczno-Fizycznych* ukazał się przedruk polskiego przekładu wykładu habilitacyjnego Riemanna.

angielski matematyk

1845 - Urodził się 4 maja w Exeter (Anglia).

1863 - Rozpoczął studiowanie matematyki w Trinity College w Cambridge.

1868 - Został profesorem matematyki stosowanej w University College w Londynie.

1874 - Został członkiem Royal Society.

1879 - Zmarł 3 marca w Maderze (Portugalia).

Wyniki

- Wprowadził (1873) kwaterniony, co zaowocowało powstaniem tzw. algebry Clifforda, będącej uogólnieniem zewnętrznej algebry Grassmanna.

Ciekawostki

- William Kingdon Clifford jest autorem angielskiego przekładu wykładu habilitacyjnego Riemanna.

• W. K. Clifford: *Mathematical Papers*. Edited by R. Tucker, with an introduction by H. J. Stephen Smith. Macmillan, London, 1882.

[LXX + 658 stron]

W zbiorze tym zamieszczone są między innymi prace:

• G. F. Riemann: *On the hypotheses which lie at the bases of geometry*. 55-71.

Angielski przekład wykładu habilitacyjnego Riemanna.

• W. K. Clifford: *Preliminary Sketch of Bi-quaternions*. 181-200.

[Przedruk z:] Proceedings of the London Mathematical Society 4, 64/65 (1873) 381-395.

rosyjski fizyk

1846 - Urodził się 4 lutego (23 stycznia) w Symbirsku.

1863/67 - Studiował na Uniwersytecie Moskiewskim.

1871 - Doktoryzował się na podstawie pracy

Teoria termomechanicznych zjawisk w sprężystych ciałach stałych.

1871/93 - Wykładał na Uniwersytecie Noworosyjskim w Odessie, od 1875 jako profesor.

1874 - Habilitował się na podstawie dysertacji

Równania ruchu energii w ciałach.

1893 - Został profesorem fizyki na Uniwersytecie Moskiewskim.

1911 - Zrezygnował z pracy na uniwersytecie na znak protestu przeciwko polityce ówczesnego ministra oświaty.

1915 - Zmarł 28 (15) stycznia w Moskwie.

Wyniki

- Pierwszy wprowadził (1874) pojęcie strumienia energii pola elektromagnetycznego. Pojęcie to pojawiło się dziesięć lat później również w pracach Poyntinga (wektor Umowa-Poyntinga).

Ciekawostki

- Umow studiował samodzielnie fizykę teoretyczną z prac G. Lamégo, R. Clebscha i R. Clausiusa, ponieważ w owym czasie nie była ona wykładana na rosyjskich uniwersytetach.
- Był jednym z pierwszych zwolenników teorii względności.

• N. Umow: *Beweg-Gleich. d. Energie in contin. Korpern.* (Schmilch) Zeitschrift d. Math. und Phys. **19** (1874).

• N. Umow: *Einheitliche Ableitung der Transformationen, die mit dem Relativitätsprinzip verträglich sind.* Physikalische Zeitschrift **11**, 20 (15. Oktober 1910) 905-908.

• N. Umow: *Die Bedingungen der Invarianz der Wellengleichung.* Physikalische Zeitschrift **13**, 7 (1. April 1912) 292-293.

niemiecki matematyk

1847 - Urodził się 10 maja w Burbach.

1872 - Doktoryzował się na Uniwersytecie Berlińskim.

1892 - Został profesorem matematyki w Münster.

1923 - Zmarł 11 lutego w Münster.

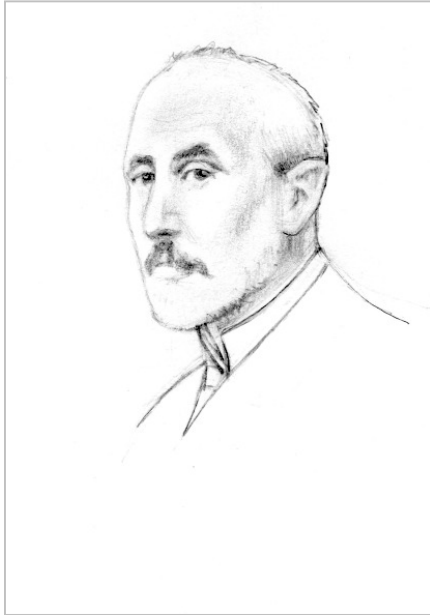
Wyniki

- Rozwinął (1883) nieeuklidesową geometrię w n -wymiarach.
- Rozszerzył (1886) pojęcie przestrzeni, dokonał klasyfikacji prostych grup Liego.
- Badał grupy transformacji Liego.
- W Ogólnej Teorii Względności wykorzystywane są tzw. równania Killinga, które podał w 1892.

Ciekawostki

- Killing wprowadził pojęcie równania charakterystycznego macierzy.

• W. Killing: *Über die Grundlagen der Geometrie*. Journal für die reine und angewandte Mathematik [Crelle's Journal] **109** (1892) 121-186. [Na stronie 167 znajdują się słynne równania Killinga.]



[Vásárosnaményi Báro Loránd Eötvös]
węgierski geofizyk

1848 - Urodził się 27 lipca w Budapeszcie.

1865/1867 - Studiował prawo na uniwersytecie w Budapeszcie.

- Studiował matematykę, fizykę i chemię na uniwersytetach w Heidelbergu i Königsbergu.

1870 - Doktoryzował się w Heidelbergu.

1871 - Pracował jako Privatdozent na Uniwersytecie w Budapeszcie.

1872 - Został profesorem na uniwersytecie w Budapeszcie.

1919 - Zmarł 8 kwietnia w Budapeszcie.

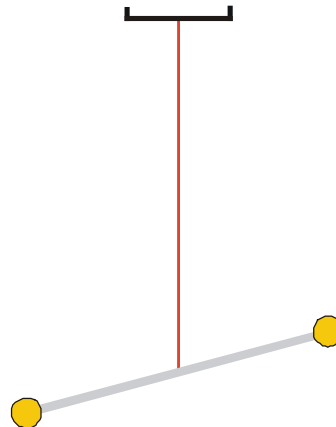
Wyniki

- Wykazał doświadczalnie (1888-1908) równość masy grawitacyjnej i inercyjnej z dokładnością do $5 \cdot 10^{-9}$.

• Roland von Eötvös, Desiderius Pekár und Eugen Fekete: *Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität*. Annalen der Physik **68**, 9 (1922) 1-66. [Eingegangen 27. Februar 1922.]

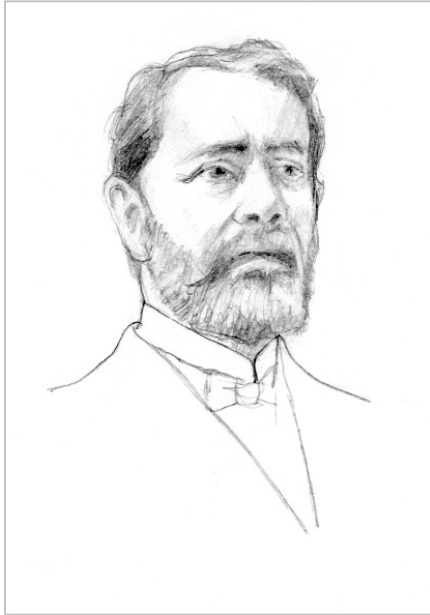
Praca ta otrzymała w 1909 pierwszą nagrodę Fundacji Benckego przyznaną przez Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Getyńskiego. Opublikowana została dopiero 13 lat później.

- Na cienkim drucie ze stopu platyny i irydu Eötvös podwiesił poprzecznie lekki pręt. Na jego końcach znajdowały się ciężarki o identycznym kształcie i jednakowych masach grawitacyjnych, wykonane z różnych materiałów.
- Gdyby masa grawitacyjna nie była proporcjonalna do masy inercyjnej, to na ciężarki działałyby różne siły bezwładności, będące skutkiem ruchu wirowego Ziemi.
- Wynik doświadczenia był negatywny, Eötvös nie stwierdził skreślenia drutu.



Komentarz

- Doświadczenia Eötvösa potwierdzają „słabą” zasadę równoważności, wg której ruch cząstki próbnej, pod wpływem jedynie pola grawitacyjnego, zależy tylko od jej początkowego położenia i początkowej prędkości, a nie zależy od jej masy i natury.
- Doświadczenia Eötvösa stanowią również potwierdzenie dla sformułowanej przez Einsteina „silnej” zasady równoważności, która legła u podstaw OTW. Wg tej zasady natężenie jednorodnego pola grawitacyjnego jest równoważne stałemu przyspieszeniu (ze znakiem minus) odpowiedniego układu odniesienia.



niemiecki matematyk

1849 - Urodził się 25 kwietnia w Düsseldorfie.

1865 - Rozpoczął studiowanie matematyki i fizyki na uniwersytecie w Bonn.

1868 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Bonn.

1872/75 - Był profesorem zwyczajnym matematyki w Erlangen.

1875/80 - Był profesorem w Technische Hochschule w Monachium.

1880/86 - Był profesorem na uniwersytecie w Lipsku.

1886/1925 - Był profesorem na uniwersytecie w Getyndze.

1913 - Przeszedł na emeryturę.

- Podczas I Wojny Światowej prowadził wykłady w domu.

1925 - Zmarł 22 czerwca w Getyndze.

Wyniki

- Zajmował się geometrią nieeuklidesową, teorią grup oraz historią matematyki.
- Sformułował (1872) tzw. program erlangeński traktujący każdą geometrię jako teorię niezmienników pewnej grupy przekształceń. [Geometria, której odpowiada najbardziej ogólna grupa przekształceń nazywana jest topologią.]
- Zaproponował (1872) klasyfikację geometrii na:
 - Paraboliczną – opisaną przez Euklides[a].
 - Hiperboliczną – daną przez Łobaczewski[ego] i Bolyai[a], obowiązującą na powierzchniach o stałej ujemnej krzywiznie [w szczególności na pseudosferze].
 - Eliptyczną – spełnioną na sferze.

• F. Klein: *Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen*. Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät und den Senat der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen. A. Deichert, Erlangen 1872.

Wyniki

- Uprościł (1917) metodę wyprowadzania równań pola grawitacyjnego z zasady wariacyjnej.
- Badał (1918) prawo zachowania pędu i energii w OTW.

• F. Klein: *Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen*. Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät und den Senat der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen. A. Deichert, Erlangen 1872.

Istnieje polski przekład dokonany przez S. Dicksteina:

• Feliks Klein: *Rozważania porównawcze o nowych badaniach geometrycznych*. (1872).

Prace matematyczno-fizyczne 6 (1895) 27-61

• F. Klein: *Zu Hilberts erster Note über die Grundlagen der Physik*.

Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] (1917) 469-482.

[Vorgelegt in der Sitzung vom 25. Januar 1918.]

[Praca została przedstawiona na posiedzeniu z 25 stycznia 1918.]

O pierwszym doniesieniu Hilberta traktującym o Podstawach Fizyki.

UWAGA

Nie ma błędu. Praca ze stycznia 1918 została zamieszczona w roczniku 1917 wydanym w 1918.

• F. Klein: *Über die Differentialgesetze für die Erhaltung von Impuls und Energie in der Einsteinschen Gravitationstheorie*.

Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] (1918) 171-189.

[Vorgelegt in der Sitzung vom 19. Juli 1918.]

[Praca została przedstawiona na posiedzeniu z 19 lipca 1918.]

O różniczkowych prawach zachowania energii i pędu w teorii grawitacji Einsteina.

Prace zebrane

- Felix Klein: *Gesammelte mathematische Abhandlungen*. Springer, Berlin 1921. [3 tomy]
Volume 1.
- Zur Grundlegung der Geometrie 239
- Vorbemerkungen zu den Arbeiten über die Grundlagen der Geometrie 241
- XV. Über die sogenannte Nicht-Euklidische Geometrie (Vorl. Mitt.) (1871) 244
- XVI. Über die sogenannte Nicht-Euklidische Geometrie (erster Aufsatz) (1871) 254
- XVIII. Über die sogenannte Nicht-Euklidische Geometrie (zweiter Aufsatz) (1872-73) 311
- XIX. Nachtrag zu dem „zweiten Aufsatz über Nicht-Euklidische Geometrie“ (1874) 344
- XXI. Zur Nicht-Euklidischen Geometrie (1890) 353
- Zum Erlanger Programm 409
- XXX. Über die geometrischen Grundlagen der Lorentzgruppe (1910) 533
- XXXI. Zu Hilberts erster Note über die Grundlagen der Physik (1917-18) 553
- XXXII. Über die Differentialgesetze für die Erhaltung von Impuls und Energie in der Einsteinschen Gravitationstheorie (1918) 568

Książki

- F. Klein: *Vorlesungen über nicht-euklidische Geometrie*. Berlin 1928.

Inne prace

- F. Klein: *Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, eine Revision der Prinzipien*.
Vorlesung, gehalten während des Sommersemestres 1901. Ausgearbeitet von Conrad Müller. B. G. Teubner, Leipzig 1902.
[VIII + 468 stron]

niemiecki astronom

1849 - Urodził się 23 września.

1872 - Doktoryzował się na Uniwersytecie Lipskim (Universität Leipzig).

1913 - Został członkiem korespondentem Rosyjskiej Akademii Nauk.

1924 - Zmarł 2 grudnia.

Wyniki

- Sformułował (1895) paradoks grawitacyjny: Zgodnie z teorią grawitacji Newtona, w nieskończonym Wszechświecie jednorodnie wypełnionym materią, siła grawitacji działająca na cząstkę próbną powinna być nieskończenie wielka.

Komentarz

- W nieskończonym Wszechświecie jednorodnie wypełnionym materią każdy punkt można traktować jako środek kuli o nieskończonym promieniu. Zgodnie z prawem Gaussa w centrum takiej kuli pole grawitacyjne znika.

Paradoks Seeligera wynika z założenia, że każdy punkt można traktować jako leżący na sferze o nieskończonym promieniu.

• H. Seeliger: *Über das Newton'sche Gravitationsgesetz*. *Astronomische Nachrichten* **137** (1895) 129.

• H. Seeliger: *Über eine Kritik meines Aufsatzes: „Über das Newton'sche Gravitationsgesetz“*. *Astronomische Nachrichten* **138** (1895) 51.

brytyjski fizyk i matematyk

1850 - Urodził się 18 maja w Camden Town.

- Był samoukiem.

1891 - Został członkiem Royal Society.

1925 - Zmarł 3 lutego w Torquay.

Wyniki

- Nadał (1892) równaniom Maxwella prostszą matematyczną postać, używając operatorów rotacji i dywergencji.

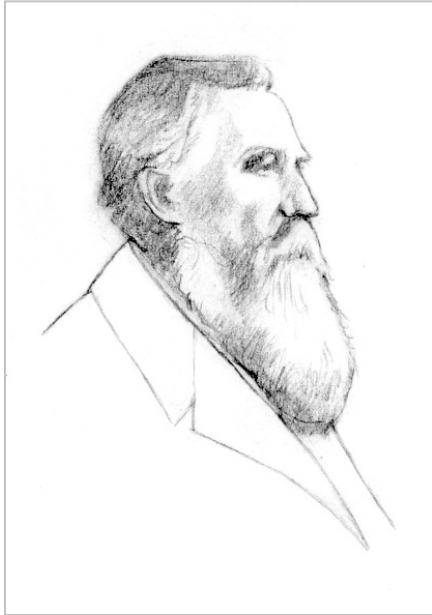
$$\begin{array}{l} \text{rot}\mathbf{E} = -\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t} \\ \text{div}\mathbf{B} = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{rot}\mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t} \\ \text{div}\mathbf{D} = \rho \end{array}$$

- W obu pracach z 1890 Hertz przedstawił te same równania w postaci rozwiniętej.

Ciekawostki

- Olivier Heaviside był głuchy.

• O. Heaviside, F.R.S.: *On the Forces, Stresses and Fluxes of Energy in the Electromagnetic Field*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A **183** (1892) 423-480.



niemiecki fizyk teoretyk

1850 - Urodził się 2 września w Lipsku.

1874 - Ukończył Uniwersytet Królewiecki.

1874 - Doktoryzował się.

1875/83 - Był profesorem nadzwyczajnym fizyki Uniwersytetu Królewieckiego.

1883/1914 - Był profesorem fizyki teoretycznej Uniwersytetu Getyńskiego.

1919 - Zmarł 13 grudnia w Getyndze.

Wyniki

- Znalazł (1887) transformacje, podobne do przekształceń Lorentza, niezmieniające postaci równania falowego.

Ciekawostki

- Wprowadził (1900) nazwę tensor dla wielkości charakteryzujących elastyczne własności ciał.
- Często gośćmi w domu jego rodziców byli Felix Mendelson i Robert Schumann. Voigt musiał podjąć trudną decyzję, kim zostać pianistą czy fizykiem.

• W. Voigt: *Ueber das Doppler'sche Princip*. Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen No 2 (10. März 1887) 41-51. [Sitzung vom 8. Januar] [strona 46, równanie (13)]

• W. Voigt: *Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse der Krystallelasticität*. Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] Heft 2 (1900) 117-176.

[Vorgelegt am 9. April 1900.] [Referat für den internationalen physikalischen Congreß in Paris vom 6. Bis 12 August 1900]

polski matematyk

1851 - Urodził się 12 maja w Warszawie.

1923/25 - Był prezesem Polskiego Towarzystwa Matematycznego.

1939 - Zmarł 29 września w Warszawie.

Wyniki

- Przetłumaczył na język polski podstawowe prace Riemanna (1887), Kleina (1895) oraz Ricciiego i Levi-Civita (1901), dotyczące geometrii nieeuklidesowej i rachunku tensorowego.

Ciekawostki

- Zacytujmy wizjonerskie słowa tłumacza, Samuela Dicksteina, pochodzące z 1877, zamieszczone w przedmowie do tłumaczenia wykładu habilitacyjnego Riemanna: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*. [Zachowano oryginalną pisownię.]

„Praca wielkiego matematyka niemieckiego, której polski przekład dajemy, należy bez wątpienia do prac pierwszorzędnego w nauce znaczenia. W niej bowiem nie tylko wyświecone są zasady, na których opiera się geometrya, ale wypowiedziane zostały głębokie myśli, mogące się stać z czasem zarodkiem wielkich odkryć w nauce.”

Ciekawostki

- Samuel Dickstein założył czasopismo *Wiadomości Matematyczne*. Był redaktorem i wydawcą 44 tomów, które ukazały się w latach 1897-1939. Był również współzałożycielem w 1888 czasopisma *Prace Matematyczno-Fizyczne*, w którym zamieszczono w 1901, dokonany przez niego, polski przekład pracy Ricciego i Levi-Civity *Metody absolutnego rachunku różniczkowego i ich zastosowania*. Oryginał ukazał się w tym samym roku w *Mathematische Annalen*.

Tłumaczenia

- B. Riemann: *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen.*

(Mitgetheilt durch R. Dedekind) Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen **13** (1868) 133-152.

Istnieje polski przekład z objaśnieniami Wł. Gosiewskiego, dokonany przez S. Dicksteina:

O hipotezach, które służą za podstawę geometrii.

Pamiętnik Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu **9** (1877) 1-26.

Przekład ten razem z przypisami zamieszczono również w:

Prace matematyczno-fizyczne **32** (1922) 113-127 [rozprawa], 128-143 [przypisy].

- F. Klein: *Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen.* Programm zum Eintritt in die philosophische Fakultät und den Senat der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen. A. Deichert, Erlangen 1872.

Istnieje polski przekład dokonany przez S. Dicksteina:

Rozważania porównawcze o nowych badaniach geometrycznych. (1872).

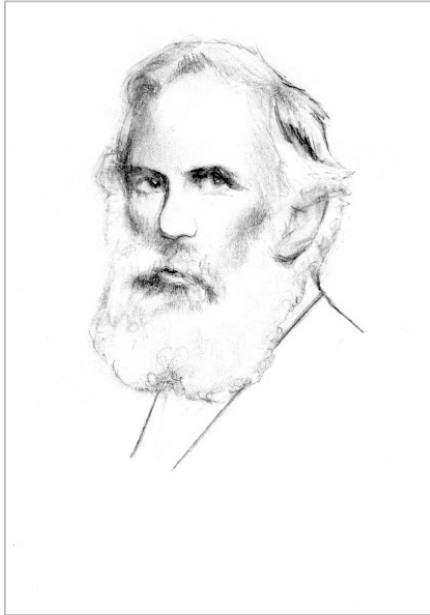
Prace matematyczno-fizyczne **6** (1895) 27-61.

- G. Ricci et T. Levi-Civita: *Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications.* Mathematische Annalen **54** (1901) 125-201.

Istnieje polski przekład dokonany przez S. Dicksteina:

Metody rachunku różniczkowego bezwzględnego i ich zastosowania.

Prace matematyczno-fizyczne **12** (1901) 11-94.



irlandzki fizyk

1851 - Urodził się 3 sierpnia w Dublinie.

1871 - Ukończył Trinity College w Dublinie.

1877 - Został wykładowcą w Trinity College.

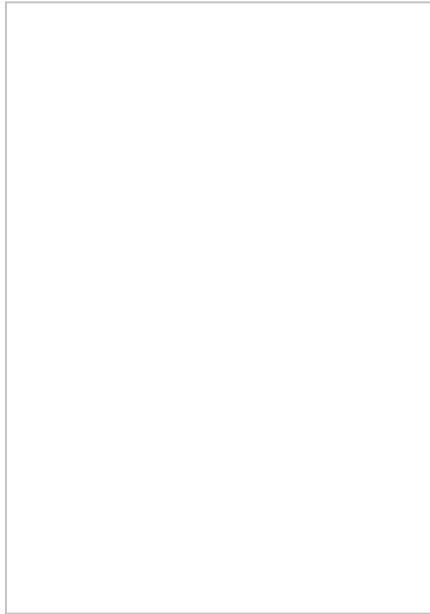
1881 - Został profesorem w Trinity College.

1881/89 - Był sekretarzem Irlandzkiej Akademii Nauk.

1901 - Zmarł 21 lutego w Dublinie.

Wyniki

- Sugerował (1889), że wynik doświadczenia Michelsona-Morleya może być spowodowany skróceniem ciał materialnych w kierunku ruchu wskutek oddziaływania z eterem (skrócenie FitzGeralda-Lorentza).
- Doświadczenia Lodge'a (1893), Rayleigha-Brace'a (1902 i 1904), Troutona-Noble'a (1903) oraz Troutona-Rankine'a (1908) wykazały, że hipoteza FitzGeralda-Lorentza jest błędna.
- Według Einsteina kontrakcja jest wynikiem własności czasoprzestrzeni, a nie oddziaływania pręta z hipotetycznym eterem.



brytyjski fizyk

1851 - Urodził się 12 czerwca w Penkhull.

- Studiował w Royal College of Science i University College w Londynie.

1877 - Doktoryzował się.

1881/1900 - Był profesorem fizyki w University College w Liverpoolu.

1900/19 - Był pierwszym rektorem Birmingham

University.

- Został członkiem Royal Society.

1902 - Otrzymał tytuł szlachecki.

1940 - Zmarł 22 sierpnia.

Wyniki

- Za pomocą interferometru Lodge wykazał w 1893, że hipotetyczny eter znajdujący się między dwoma wirującymi dyskami nie jest przez nie unoszony. Dyski o średnicy jednego jarda (ok. 0,9144 m) wykonane były ze stali i wirowały wokół wspólnej osi z prędkością przekraczającą 20 obrotów na sekundę.
- Eksperyment świadczył o tym, że wirująca materia nie unosi eteru, co przeczyło założeniu o jego istnieniu [co czyniło teorię eteru bezzasadną].

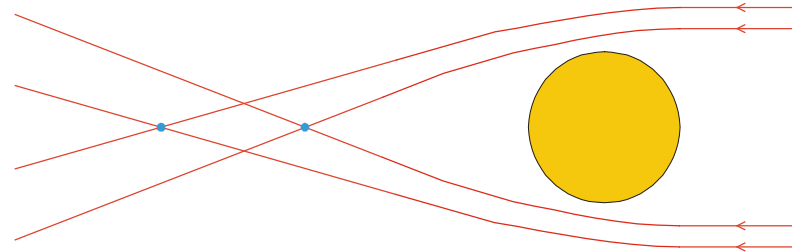
• O. J. Lodge, F.R.S.: *Aberration Problems. - A Discussion concerning the Motion of the Ether near the Earth, and concerning the Connection between Ether and Gross Matter; with some new Experiments.*

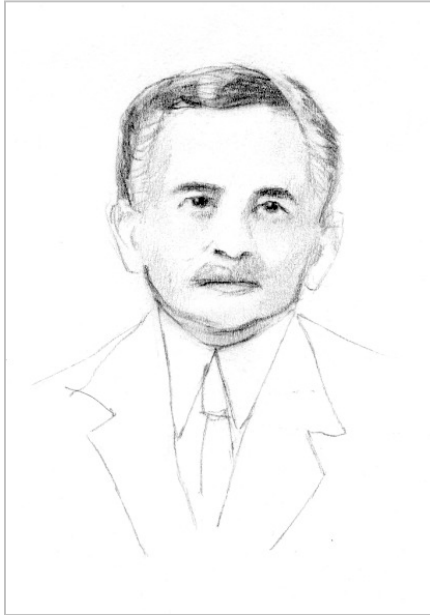
Philosophical Transactions of the Royal Society of London A **184** (1893) 727-804 [plus 4 nienumerowane strony zawierające rysunki].

Ta 78+4 stronicowa praca zawierająca 77 paragrafów [sekcji], składa się z dwóch części. W pierwszej części przedstawiony jest szczegółowy przegląd poglądów, hipotez i doświadczeń dotyczących eteru. Druga część zawiera opis i wyniki eksperymentu przeprowadzonego przez Lodge'a.

Ciekawostki

- Wykazał (1898), że fale o częstotliwości radiowej mogą być transmitowane przez przewody elektryczne.
- Jako pierwszy zaproponował (1919) termin soczewka grawitacyjna. Zauważył, że pole grawitacyjne działa na wiązkę fal elektromagnetycznych jak soczewka o wielu ogniskach. Dla promieni biegnących dalej od źródła pola grawitacyjnego ogniskowa jest większa.





amerykański fizyk,
laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1907

1852 - Urodził się 19 grudnia w Strzelnie.

1873 - Ukończył Akademię Marynarki
[U.S. Naval Academy] w Annapolis.

- Studiował także w Paryżu, Berlinie
i Heilderbergu.

1893 - Został dyrektorem instytutu fizyki

na uniwersytecie w Chicago.

1907 - Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki „za precyzyjne przyrządy optyczne oraz za spektroskopowe i metrologiczne pomiary przeprowadzone przy ich użyciu”.

1931 - Zmarł 9 maja w Pasadenie.

Wyniki

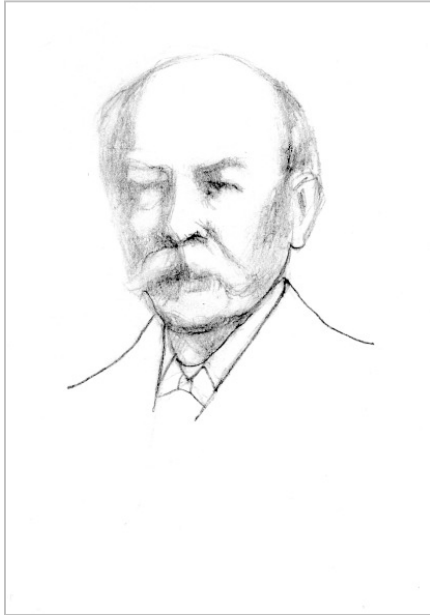
- Skonstruował interferometr, co pozwoliło mu doświadczalnie ustalić niezależność wartości prędkości światła od ruchu Ziemi względem Słońca, najpierw samemu w Berlinie (1881) a później wspólnie z Morleyem (1887).
- Należy podkreślić, że doświadczenia te były planowane jako rozstrzygające o istnieniu eteru.

• A. A. Michelson: *The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*.
American Journal of Science **22**, 127/132 (1881) 120-129.

• A. A. Michelson and E. W. Morley: *On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*.
American Journal of Science **34**, 203 (November, 1887) 333-345. [oraz] Philosophical Magazine **24** (1887) 449-463.

Ciekawostki

- Z historycznego punktu widzenia eksperyment Michelsona był źródłem inspiracji dla wielu fizyków, znajdowali się wśród nich Brace, FitzGerald, Lodge, Lorentz, Noble, Poincaré, Rayleigh oraz Trouton.
- Należy wyraźnie podkreślić, że negatywne wyniki doświadczeń, które miały potwierdzić unoszenie hipotetycznego eteru przez poruszające się w nim ciała, nie miały wpływu na poglądy Alberta Einsteina, gdy tworzył on w 1905 podstawy Szczególnej Teorii Względności. Powód był bardzo prosty, Einstein z zasady nie czytał prac kolegów.



angielski fizyk

1852 - Urodził się 9 września w Monton [w pobliżu Manchesteru].

1872 - Ukończył Owens College w Manchester.

1876 - Ukończył Trinity College w Cambridge.

1880 - Został profesorem fizyki w Mason College w Birmingham (w 1900 uczelnia ta zmieniła nazwę na Birmingham University).

1888 - Został członkiem Royal Society.

1914 - Zmarł 30 marca w Birmingham.

Wyniki

- Wprowadził (1884) pojęcie strumienia energii pola elektromagnetycznego.
- Wyznaczył (1891) średnią gęstość Ziemi i stałą grawitacyjną metodą torsyjną.
- Sugerował (1903), że małe cząstki powinny obiegać Słońce po orbitach o zmniejszającym się promieniu. Zjawisko to, nazwane efektem Poyntinga, jest wynikiem wywierania ciśnienia przez promieniowanie Słońca na orbitujące małe cząstki.

• J. H. Poynting: *On the Transfer of Energy in the Electromagnetic Field.*

Philosophical Transactions of the Royal Society of London **175** (1884) 343-361. *Transfer energii w polu elektromagnetycznym.*

• J. H. Poynting: *On a Determination of the Mean Density of the Earth and the Gravitation Constant by means of the Common Balance.*
Proceedings of the Royal Society of London **50**, 302 (June 4, 1891) 40-41.

• J. H. Poynting: *Radiation in the solar system: its effect on temperature and its pressure on small bodies.*
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **64**, Appendix (11/1903) 1-5.

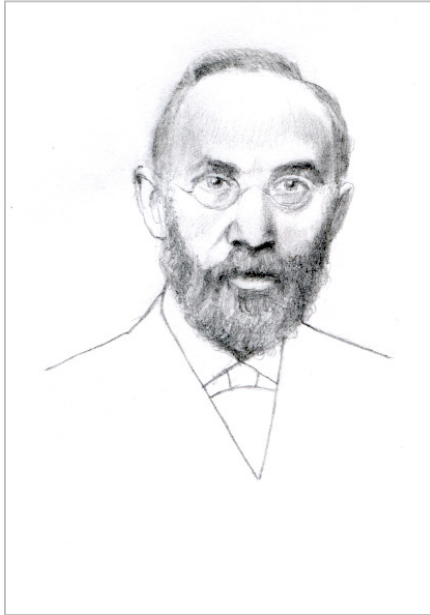
Ciekawostki

- Pojęcie strumienia energii pola elektromagnetycznego wprowadził dziesięć lat wcześniej Nikołaj Aleksiejewicz Umow (1846-1915), dlatego wielkość ta nazywana jest wektorem Umowa-Poyntinga.
- Howard Percy Robertson (1903-1961) podał w 1937 relatywistyczny opis efektu Poyntinga (efekt Poyntinga-Robertsona).

• N. Umow: *Beweg-Gleich. d. Energie in contin. Korpern.* (Schmilch) Zeitschrift d. Math. und Phys. **19** (1874).

• H. P. Robertson: *Dynamical effects of radiation in the solar system.*

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **97** (1937) 423-438.



holenderski fizyk teoretyk,
laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1902

1853 - Urodził się 18 lipca w Arnhem.

1870/71 - Studiował na uniwersytecie w Lejdzie.

1875 - Doktoryzował się na uniwersytecie
w Lejdzie na podstawie pracy

„O teorii odbicia i załamania światła”.

1877/1912 - Kierował katedrą fizyki

teoretycznej na uniwersytecie w Lejdzie.

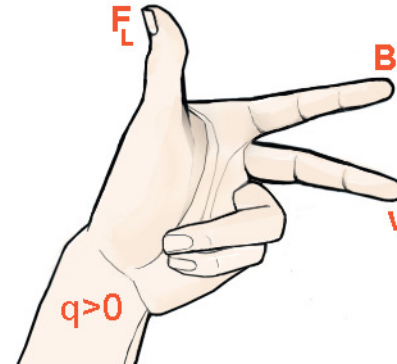
1902 - Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki

„w uznaniu nadzwyczajnego wkładu wniesionego przez badania
wpływu magnetyzmu na zjawiska promieniowania”.

1928 - Zmarł 4 lutego w Haarlem.

- Opisał (1892) siłę, działającą w polu elektromagnetycznym na naładowane cząstki, zwaną siłą Lorentza.

$$\mathbf{F}_L = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$



- zaproponował (1904) transformacje współrzędnych przestrzennych i czasu niezmienną postać równań Maxwella.
- Badał (1916-1917) związek równań polowych Einsteina z równaniami ruchu.

• H. A. Lorentz: *La théorie électromagnétique de Maxwell et son application aux corps mouvants.*

Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles **25** (1892) 363-551.

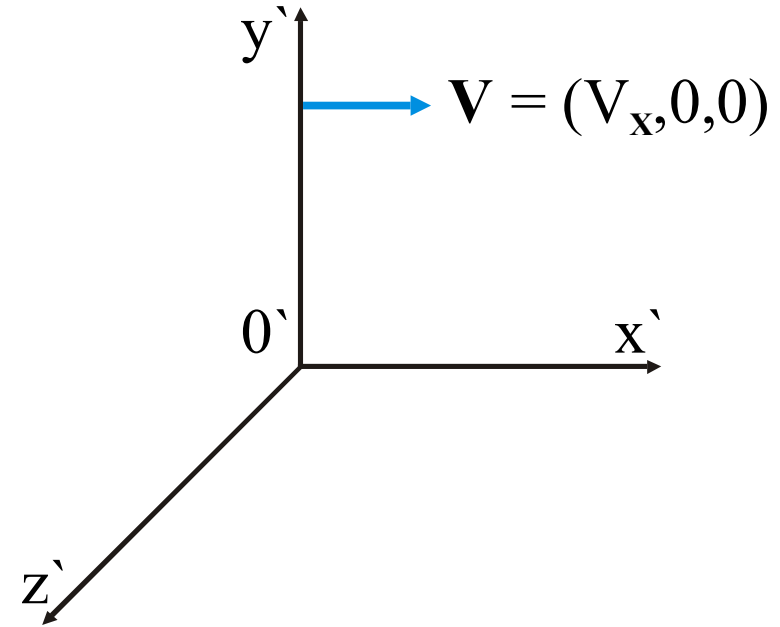
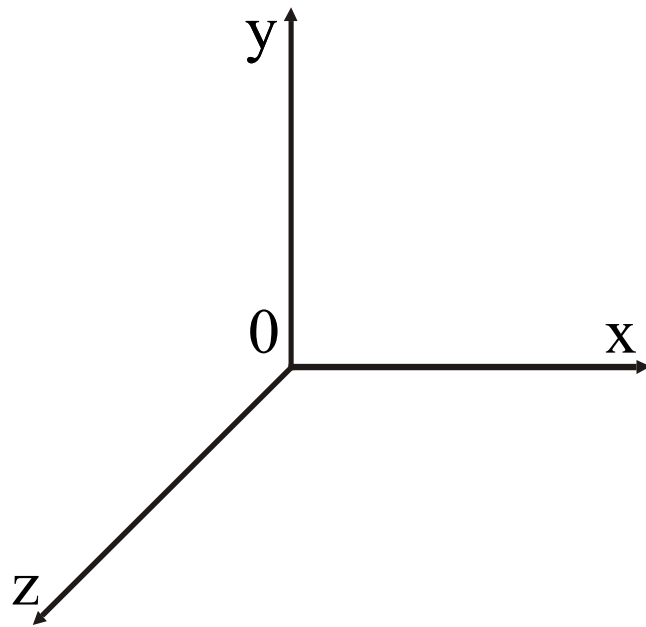
• H. A. Lorentz: *Electromagnetische verschijnselen in een stelsel dat zich met willekeurige snelheid, kleiner dan die van het licht, beweegt.* Verslag [van de gewone vergaderingen der wis-en natuurkundige afdeling] der Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **12** (23 April 1904) 986-1009.

Zjawiska elektromagnetyczne w układzie poruszającym się z prędkością mniejszą niż prędkość światła.

- Lorentz niezależnie od FitzGerala tłumaczył (1892) negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morleya α -krotnym skróceniem długości ciała [ramion interferometru] wzdłuż kierunku ruchu Ziemi względem eteru. Według Lorentza obiekty materialne skracają się w kierunku ruchu w wyniku oddziaływania z eterem.

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

•H. A. Lorentz: *De relatieve beweging van de aarde en den aether*. Verslagen der [zittingen van de wis-en natuurkundige afdeling der] Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **1** (26 November 1892) 74-79.



$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{Vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

- Kolejne etapy powstawania transformacji Lorentza

- 1887 – Voigt
- 1895 – Lorentz
- 1897 – Larmor
- 1899 – Lorentz
- 1900 – Larmor
- 1904 – Lorentz
- 1905 – Poincaré
- 1905 – Einstein

- W. Voigt: *Ueber das Doppler'sche Princip*. Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen No 2 (10. März 1887) 41-51. [Sitzung vom 8. Januar]

- H. A. Lorentz: (1895)

- J. Larmor: *On a dynamical theory of the electric and luminiferous medium. Part III. Relations with Material Media*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London **190** (1897) 205-300.

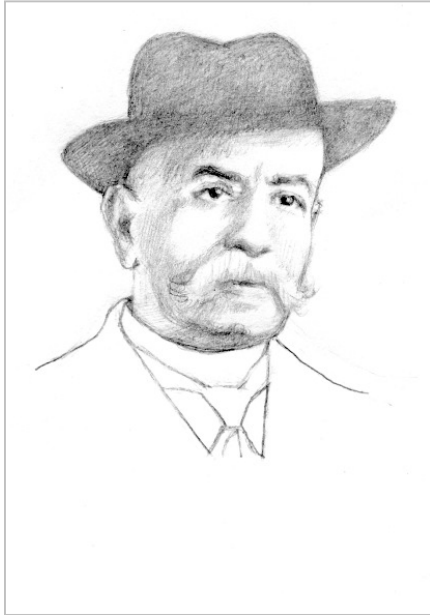
- H. A. Lorentz: *Simplified Theory of Electrical and Optical Phenomena in Moving Systems*. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen **1** (1898-1899) 427-442.

- J. Larmor: *Aether and Matter*. Cambridge 1900. *Eter i materia*.

- H. A. Lorentz: *Electromagnetische verschijnselen in een stelsel dat zich met willekeurige snelheid, kleiner dan die van het licht, beweegt*. Verslag [van de gewone vergaderingen der wis-en natuurkundige afdeeling] der Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **12** (23 April 1904) 986-1009.

- H. Poincaré: *Sur la dynamique de l' électron*. Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris **140** (1905) 1504-1508.

- A. Einstein: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. Annalen der Physik **17**, 10 (1905) 891-921.



włoski matematyk

1853 - Urodził się 12 stycznia w Lugo.

- Studiował w Rzymie, Bolonii i Pizie.

1875 - Doktoryzował się.

1880 - Został profesorem fizyki matematycznej na uniwersytecie w Padwie.

1925 - Zmarł 6 sierpnia w Bolonii.

Wyniki

- Stworzył, poczynając od 1886, absolutny rachunek różniczkowy zwany obecnie rachunkiem tensorowym.
- Gregorio Ricci-Curbastro i Tullio Levi-Civita opublikowali wspólnie w 1901 pracę dotyczącą podstaw rachunku tensorowego.

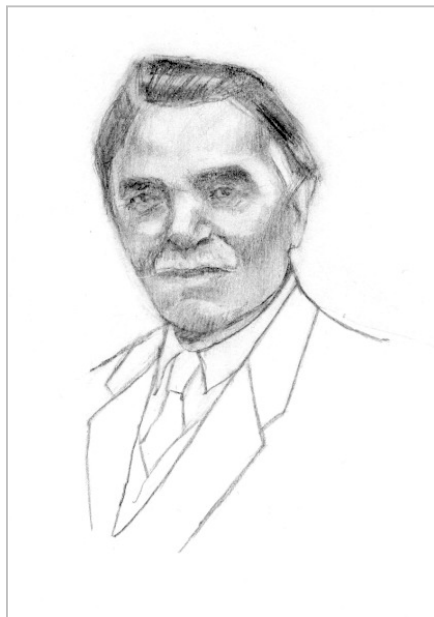
• G. Ricci et T. Levi-Civita: *Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications*. Mathematische Annalen **54** (1901) 125-201.

Istnieje polski przekład:

• G. Ricci i T. Levi-Civita: *Metody rachunku różniczkowego bezwzględnego i ich zastosowania*.

Prace matematyczno-fizyczne **12** (1901) 11-94. [Przełożył S. D.]

- Główna idea rachunku tensorowego polega na tym, aby wszystkie wzory analizy matematycznej były niezależne od przyjętego układu współrzędnych.
- Innymi słowy, aby wzory rachunku różniczkowego były współzmiennicze względem określonej grupy transformacji układu współrzędnych w przestrzeni o zadanej metryce.
- W Teorii Względności żąda się, aby wszystkie podstawowe prawa były współzmiennicze względem transformacji, których niezmiennikiem jest maksymalna wartość prędkości rozchodzenia się sygnałów.
- Na przykład wszystkie prawa Szczególnej Teorii Względności są współzmiennicze względem transformacji Lorentza w czasoprzestrzeni Minkowskiego.



włoski matematyk

1856 - Urodził się 18 stycznia w Parmie.

1873/77 - Studiował w Scuola Normale Superiore w Pizie.

1877 - Doktoryzował się w Scuola Normale Superiore.

1886 - Został profesorem w Scuola Normale Superiore.

1928 - Zmarł 6 czerwca w Pizie.

Wyniki

- W oparciu o prace R. Lipshitz (1870), W. Killinga (1892) oraz S. Liego (1888, 1893) podał (1898) kompletną klasyfikację klas izometrii trójwymiarowych rozmaitości Riemanna, dzieląc je na dziewięć typów oznaczonych rzymskimi cyframi I-IX.
- Udowodnił (1902) tożsamości bardzo użyteczne w rachunku tensorowym, zwane tożsamościami Bianchiego.

$$R_{\alpha\beta\mu\nu;\gamma} + R_{\alpha\beta\nu\gamma;\mu} + R_{\alpha\beta\gamma\mu;\nu} = 0$$

- Luigi Bianchi: *Sugli spazi a tre dimensioni che ammettono un gruppo continuo di movimenti*. Memorie di Matematica e di Fisica della Societa Italiana delle Scienze, Serie Terza, **XI** (1898) 267-352.
- L. Bianchi: *Sui simboli a quattro indici e sulla curvatura di Riemann*. Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Rendiconti, **11** (1902) 3-7.

Ciekawostki

- W 1951 Abraham Taub wykorzystał typy Bianchiego do klasyfikacji przestrzennie jednorodnych kosmologicznych rozwiązań równań pola grawitacyjnego Einsteina. Rozwiązania kosmologiczne Kurta Gödla z 1949 i 1952 należą odpowiednio do VIII i IX typu Bianchiego.

Słowniczek

tożsamości Bianchiego – Bianchi identities

- A. H. Taub: *Empty Spacetimes Admitting a Three-Parameter Group of Motions*. Annals of Mathematics **53**, 3 (1951) 472-490.
Puste czasoprzestrzenie dopuszczające trój-parametrowe grupy ruchów.

Istnieje przedruk:

General Relativity and Gravitation **36**, 12 (2004) 2699-2719.

- Kurt Gödel: *An Example of a New Type of Cosmological Solutions of Einstein's Field Equations of Gravitation*.

Reviews of Modern Physics **21**, 3 (July, 1949) 447-450.

Przykład nowego typu kosmologicznych rozwiązań równań pola grawitacyjnego Einsteina.

Istnieje przedruk:

General Relativity and Gravitation **32**, 7 (2000) 1409-1417.

- Kurt Gödel: *Rotating Universes in General Relativity Theory*.

Proceedings of the International Congress of Mathematicians. Edited by L. M. Graves et al. Cambridge, Mass. **1** (1952) 175.

Wirujące wszechświaty w ogólnej teorii względności.

Istnieje przedruk:

General Relativity and Gravitation **32**, 7 (2000) 1419-1427.

niemiecki matematyk

1879 - Doktoryzował się na Uniwersytecie Humboldta w Berlinie.

Tematyka badawcza

- Geometria rzutowa
- Geometria Bolyaia-Łobaczewskiego
- Geometria Riemanna



niemiecki fizyk

1857 - Urodził się 22 lutego w Hamburgu.

1877/80 - Studiował na uniwersytetach w Monachium i Berlinie.

1880 - Doktoryzował się w Berlinie.

1880/83 - Był asystentem Hermana von Helmholtza.

1883/85 - Pracował jako *Privatdozent*

na uniwersytecie w Kilonii.

1885/89 - Był profesorem na politechnice w Karlsruhe.

1889 - Został profesorem fizyki na uniwersytecie w Bonn.

1889 - Został członkiem korespondentem Berlińskiej Akademii Nauk.

1894 - Zmarł 1 stycznia w Bonn na posocznicę.

- Odkrył (1887) zjawisko fotoelektryczne.
- Eksperymentalnie potwierdził (1887-1888) istnienie fal elektromagnetycznych przewidzianych przez Maxwella w 1865. Wykazał, że fale elektromagnetyczne odbijają się i załamują podobnie jak światło.
- Nadał (1890) równaniom elektrodynamiki współczesną postać (równania Maxwella-Hertza).

• Heinrich Rudolf Hertz: *Über sehr schnelle elektrische Schwingungen*. Annalen der Physik und Chemie **31**, 7 (1887) 421-449.

• Heinrich Rudolf Hertz: *Über einen Einfluß des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung*. Annalen der Physik und Chemie **31**, 8 (1887) 983-1000.

• Heinrich Rudolf Hertz: *Über die Einwirkung einer geradlinigen elektrischen Schwingung auf eine benachbarte Strombahn*. Annalen der Physik und Chemie **34**, 5 (1888) 155-170.

• Heinrich Rudolf Hertz: *Über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen*. Annalen der Physik und Chemie **34**, 7 (1888) 551-569.

• Heinrich Rudolf Hertz: *Über elektrodynamische Wellen im Luftraume und deren Reflexion*. Annalen der Physik und Chemie **34** (1888) 609-623.

• Heinrich Rudolf Hertz: *Ueber die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper*. Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität zu Göttingen (1890) 106-149.
[oraz] Annalen der Physik und Chemie **40**, 8 (1890) 577-624.

Ciekawostki

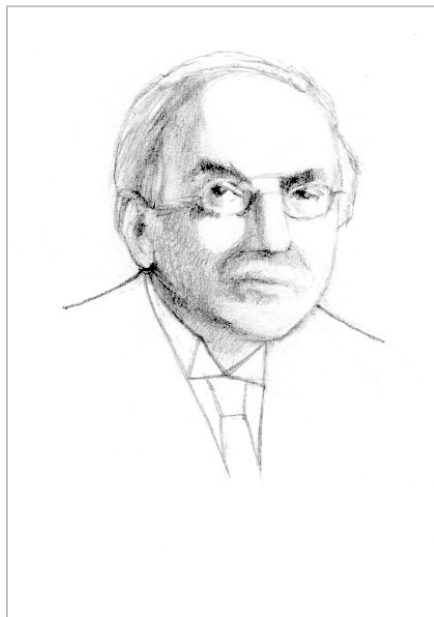
- Na jego cześć jednostkę częstotliwości nazwano hercem.
- W obu pracach z 1890 Hertz przedstawił podstawowe równania elektrodynamiki w postaci rozwiniętej.
- Olivier Heaviside (1850-1925) jako pierwszy zapisał (1892) równania Maxwella, używając operatorów rotacji i dywergencji.

$$\text{rot}\mathbf{E} = -\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\text{div}\mathbf{B} = 0$$

$$\text{rot}\mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}$$

$$\text{div}\mathbf{D} = \rho$$



irlandzki fizyk teoretyk i matematyk

1857 - Urodził się 11 lipca Magheragall (Irlandia).

1877 - Ukończył Królewski Uniwersytet w Belfaście.

1877/1880 - Studiował w St. John's College w Cambridge.

1880/1885 - Był profesorem filozofii naturalnej w Queen's College w Galway.

1885 - Rozpoczął pracę w St. John's College w Cambridge.

1892 - Został członkiem Royal Society.

1903 - Został profesorem matematyki w St. John's College w Cambridge.

1909 - Otrzymał tytuł szlachecki.

1932 - Przeszedł na emeryturę.

1942 - Zmarł 19 maja 1942 roku w Hollywood (Irlandia).

Wyniki

- Zaproponował (1900), cztery lata wcześniej niż Lorentz, relatywistyczne przekształcenia współrzędnych przestrzennych i czasu zmieniające postaci równań Maxwella oraz regułę składania prędkości.

Ciekawostki

- Przekształcenia podane przez Larmora i Lorentza były identyczne, zawierały ten sam błąd.
- Poprawną postać transformacji znaleźli w 1905 niezależnie od siebie Einstein i Poincaré, który nazwał je transformacjami Lorentza.

• J. Larmor: *On a dynamical theory of the electric and luminiferous medium. Part III. Relations with Material Media.*

Philosophical Transactions of the Royal Society of London **190** (1897) 205-300.

• J. Larmor: *Aether and Matter.* Cambridge 1900. *Eter i materia.*

• J. Larmor: *Mathematical and Physical Papers.* Cambridge University Press, Cambridge 1929. [2 tomy]

• H. Poincaré: *Sur la dynamique de l' électron.* Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris **140** (1905) 1504-1508.

• A. Einstein: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper.* Annalen der Physik **17**, 10 (1905) 891-921.

amerykański fizyk

1859 - Urodził się w 5 stycznia w Wilson (New York).

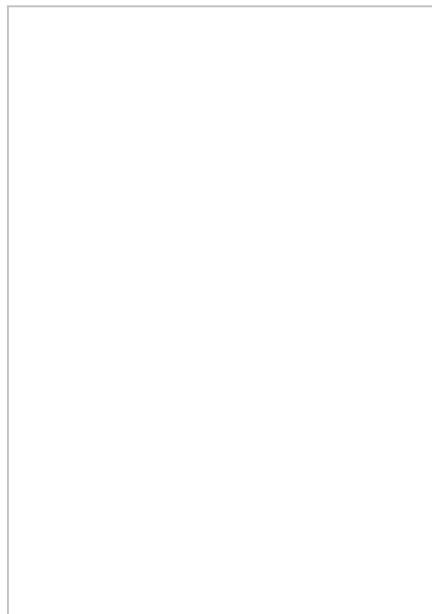
1883 - Doktoryzował się w Berlinie.

1888 - Został profesorem fizyki na University of Nebraska.

1905 - Zmarł 2 października w Lincoln (Nebraska).

Wyniki

- Powtórzył (1904) doświadczenie Rayleigha (doświadczenie Rayleigha-Brace'a), zwiększając dokładność pomiarów. Nie stwierdził oczekiwanego podwójnego załamania, które miał spowodować ruch przezroczystego ciała przez eter. Gdyby istniał eter, to zjawisko takie wg Rayleigha byłoby konsekwencją kontrakcji Lorentza-FitzGeralda.



irlandzki fizyk

1863 - Urodził się 24 listopada w Dublinie (Irlandia).

1884 - Ukończył Trinity College w Dublinie.

- Był asystentem Georgea Francisa FitzGeralda.

- Doktoryzował się w Dublinie.

1902 - Został profesorem fizyki w University

College w Londynie.

1897 - Został członkiem Royal Society.

1912 - Doznał paraliżu obu nóg.

1922 - Zmarł 21 września w Downe (Anglia).

Wyniki

- W 1903 Trouton i Noble przeprowadzili eksperyment nazywany doświadczeniem Troutona-Noble'a, którego celem był pomiar postulowanych sił torsyjnych (skręcających) działających na wiszący naładowany płaski kondensator w wyniku oddziaływania ładunków na okładkach z hipotetycznym eterem. Oczekiwanego oddziaływania nie stwierdzono.

• F. T. Trouton: *Effect on Charged Electric Condenser of Motion Through the Ether.*

Transactions of the Royal Dublin Society **7**, 14 (April, 1902) 379-384.

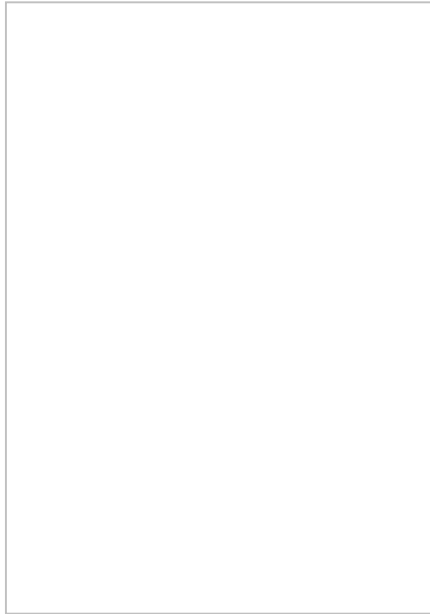
• F. T. Trouton and H. R. Noble: *The Forces Acting on a Charged Condenser moving through Space.*

Proceedings of the Royal Society of London **72** (1903) 132-133.

• F. T. Trouton and H. R. Noble: *The Mechanical Forces Acting on a Charged Electric Condenser moving through Space.*

Philosophical Transactions of the Royal Society of London A **202** (1904) 165-181. [Read June 18, 1903.]

- W 1908 Trouton i Rankine wykonali pomiary oporu elektrycznego miedzianego drutu ustawionego równolegle i prostopadle do kierunku ruchu Ziemi wokół Słońca. Oczekiwanych zmian oporu, będących wynikiem skrócenia FitzGeralda-Lorentza, nie stwierdzono.
- Z doświadczenia Troutona-Rankine'a wynika, że hipoteza FitzGeralda-Lorentza jest błędna.
- **Alexander Oliver Rankine (1881-1956)**
brytyjski fizyk



amerykański fizyk

1866 - Urodził się 13 marca w Strongsville (Ohio).

1889 - Doktoryzował się z astronomii na Princeton University. Promotorem był znany amerykański astronom Charles Augustus Young.

1890 - Rozpoczął pracę w Case School of Applied Science w Cleveland.

1941 - Zmarł 22 lutego w Cleveland.

Wyniki

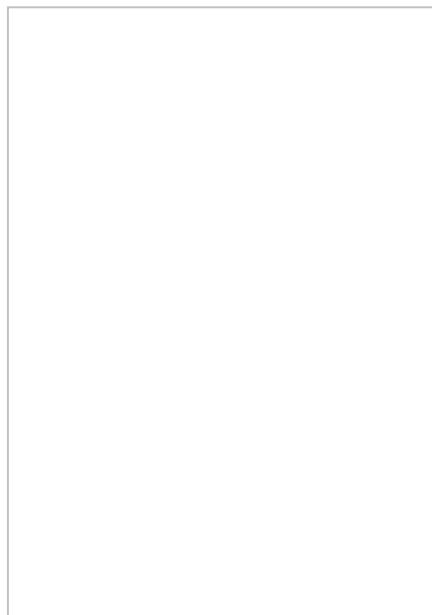
- Dayton Clarence Miller wielokrotnie powtarzał w latach 1905-1934 eksperyment Michelsona-Morleya z 1887 dotyczący unoszenia eteru (ether-drift experiment).

Ciekawostki

- Miller grał na flecie oraz kolekcjonował wszystko, co jest związane z tym instrumentem.
- Był pionierem w zastosowaniu promieni X w diagnostyce medycznej. W 1896 wykonał zdjęcie rentgenowskie całej swojej postaci.
- Jako ekspert w zakresie akustyki współpracował przy projektowaniu Severance Hall w Cleveland, Civic Opera House w Chicago oraz Metropolitan w Nowym Jorku.

• E. W. Morley, Dayton Miller: *Report of an Experiment to Detect the FitzGerald-Lorentz Effect*. Proceedings of the American Academy of Arts & Sciences **41** (August 1905) 321-328.

• E. W. Morley, Dayton Miller: *Final Report on Ether-Drift Experiments*. Science **25** (5 April 1907) 525.



niemiecki fizyk

1871 - Urodził się 5 czerwca w Elberfeld.
- Studiował w Berlinie i Monachium.

1894 - Doktoryzował się na uniwersytecie w Monachium.

1896 - Był asystentem w Instytucie Fizyki w Berlinie.

1899 - Był asystentem w Instytucie Fizyki

w Getyndze.

- Pracował jako Privatdozent.

1903 - Został profesorem nadzwyczajnym w Bonn.

1908 - Został profesorem zwyczajnym oraz dyrektorem Instytutu Fizyki w Królewcu.

1935 - Przeszedł na emeryturę.

1947 - Zmarł 1 stycznia we Freinburgu.

Wyniki

- Badał odchylenie promieni β radu w polu elektrycznym i magnetycznym. Pierwszy doświadczalnie wykazał [odkrył] (1901), że pozorne masy poruszających się elektronów, pochodzących z promieniotwórczego źródła, są większe co najmniej trzykrotnie w stosunku do masy spoczynkowej elektronu.

Komentarz

- Druga zasada dynamiki Newtona nie jest spełniona w przypadku szybko poruszających się elektronów.

• W. Kaufmann: *Die magnetische und elektrische Ablenbarkeit der Becquerelstrahlen und die scheinbare Masse der Elektronen*. Nachrichten [von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] Heft 2 (1901) 143-155.

[Tytuł po angielsku:] *Magnetic and Electric Deflectability of the Becquerel Rays and the Apparent Mass of the Electron*.



włoski matematyk

1873 - Urodził się 29 marca w Padwie.

1890/1894 - Studiował matematykę na uniwersytecie w Padwie, gdzie profesorem był Gregorio Ricci-Curbastro.

- Doktoryzował się u Ricci-Curbastra.

1897/1918 - Wykładał mechanikę racjonalną na uniwersytecie w Padwie.

1918 - Został profesorem analizy matematycznej w Rzymie.

1920 - Został profesorem mechaniki racjonalnej w Rzymie.

1938 - Faszystowskie władze pozbawiły go prawa do nauczania.

1941 - Zmarł 20 grudnia w Rzymie.

- Jest (1901) współtwórcą absolutnego rachunku różniczkowego.
- Wprowadził (1917) pojęcie przesunięcia równoległego.
- Znalazł (1918) statyczne rozwiązanie równań pola posiadającego symetrię osiową.
- Zajmował się (1937, 1950) relatywistycznym problemem wielu ciał.

• G. Ricci et T. Levi-Civita: *Méthodes de calcul différentiel absolu et leurs applications*. Mathematische Annalen **54** (1901) 125-201.

Istnieje polski przekład:

G. Ricci i T. Levi-Civita: *Metody rachunku różniczkowego bezwzględnego i ich zastosowania*.

Prace matematyczno-fizyczne **12** (1901) 11-94. [Przełożył S. D.]

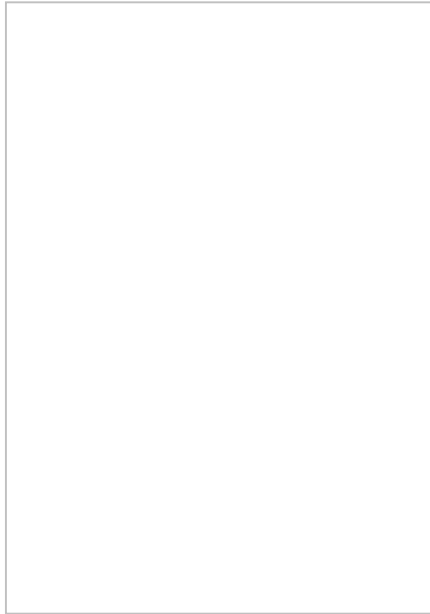
• T. Levi-Civita: *Nozione di parallelismo in una varietà qualunque e conseguente specificazione geometrica della curvatura Riemanniana*. Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo **42** (1917) 173-205.

• T. Levi-Civita: (1918)

• T. Levi-Civita: *The relativistic problem of several bodies*. American Journal of Mathematics **59** (1937) 9-22.

• T. Levi-Civita: *Astronomical consequences of the relativistic two-body problem*. American Journal of Mathematics **59** (1937) 225-234.

• T. Levi-Civita: *Le probleme des n corps en relativité générale*. Mémorial des Sciences Mathématiques [publié sous le patronage de l'Académie des Sciences de Paris] **116** (1950) 1-111. Gauthier-Villars, Paris 1950.



węgierski geofizyk

1873 - Urodził się 17 listopada w Arad.

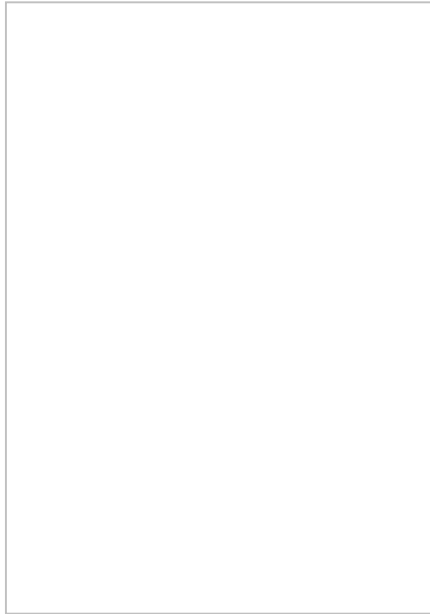
1953 - Zmarł 4 lipca w Budapeszcie.

Wyniki

- Roland von Eötvös, Desiderius Pekár oraz Eugen Fekete wykazali doświadczalnie (1908) równość masy grawitacyjnej i inercyjnej z dokładnością do $5 \cdot 10^{-9}$.

• Roland von Eötvös, Desiderius Pekár und Eugen Fekete: *Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität*. Annalen der Physik **68**, 9 (1922) 1-66. [Eingegangen 27. Februar 1922.]

Praca ta otrzymała w 1909 pierwszą nagrodę Fundacji Benckego przyznaną przez Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Getyńskiego. Opublikowana została dopiero 13 lat później.



węgierski geofizyk

Wyniki

- Roland von Eötvös, Desiderius Pekár oraz Eugen Fekete wykazali doświadczalnie (1908) równość masy grawitacyjnej i inercyjnej z dokładnością do $5 \cdot 10^{-9}$.

• Roland von Eötvös, Desiderius Pekár und Eugen Fekete: *Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität*. Annalen der Physik **68**, 9 (1922) 1-66. [Eingegangen 27. Februar 1922.]

Praca ta otrzymała w 1909 pierwszą nagrodę Fundacji Benckego przyznaną przez Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Getyńskiego. Opublikowana została dopiero 13 lat później.

brytyjski fizyk

- Alexander Oliver Rankine był profesorem fizyki w Imperial College of Science and Technology w Londynie.

Wyniki

- Frederick Thomas Trouton (1863-1922) i Alexander O. Rankine mierzyli (1908) opór miedzianego drutu ustawionego równoległe i prostopadle do kierunku ruchu Ziemi wokół Słońca. Oczekiwanych zmian oporu, będących wynikiem skrócenia FitzGeralda-Lorentza, nie stwierdzono.
- Przeprowadził (1934) analizę błędów pomiarowych w doświadczeniu Eötvösa.

•F. T. Trouton, A. O. Rankine: *On the Electrical Resistance of Moving Matter*.
Proceedings of the Royal Society of London A **80**, 540 (05/1908) 420-435.

•A. O. Rankine: *Note on the behaviour of the Eötvös gravity balance in fluctuating gravitational fields*.
Proceedings of the Physical Society **46**, 2 (03/1934) 137-139.

Alfabetyczny indeks nazwisk

Beltrami, Eugenio (1835-1900)	45
Bianchi, Luigi (1856-1928)	105
Brace, DeWitt Bristol (1859-1905)	114
Christoffel, Elwin Bruno (1829-1900)	37
Clifford, William Kingdon (1845-1879)	62
Dickstein, Samuel (1851-1939)	82
Eötvös, Baron Roland von (1848-1919)	68
Fekete, Eugen (1880-1943)	127
FitzGerald, George Francis (1851-1901)	86
Gibbs, Josiah Willard (1839-1903)	51
Gosiewski, Władysław (1844-1911)	60
Heaviside, Oliver (1850-1925)	78
Hertz, Heinrich Rudolf (1857-1894)	109
Kaufmann, Walter (1871-1947)	121
Killing, Wilhelm Karl Joseph (1847-1923)	66
Klein, Felix Christian (1849-1925)	72

Larmor, Joseph (1857-1942)	112
Levi-Civita, Tulio (1873-1941)	123
Lie, Marius Sophus (1842-1899)	53
Lipschitz, Rudolf Otto Sigismund (1832-1903)	42
Lodge, Sir Oliver Joseph (1851-1940)	88
Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928)	97
Maxwell, James Clerk (1831-1879)	39
Michelson, Albert Abraham (1852-1931)	91
Miller, Dayton Clarence (1866-1941)	119
Morley, Edward Williams (1838-1923)	49
Pekár, Desiderius (1873-1953)	125
Poynting, John Henry (1852-1914)	94
Rankine, Alexander Oliver (1881-1956)	129
Rayleigh, John William Strutt (1842-1919)	55
Ricci-Curbastro, Gregorio (1853-1925)	102
Riemann, Georg Friedrich Bernhard (1826-1866)	30

Schur, Friedrich Heinrich (1856-1932)	108
Seeliger, Hugo Hans Ritter von (1849-1924)	76
Trouton, Frederick Thomas (1863-1922)	116
Umow, Nikołaj Aleksiejewicz (1846-1915)	64
Voigt, Woldemar (1850-1919)	80
Weber, Heinrich (1842-1913)	58
Mach, Ernst (1838-1916)	47

Chronologiczny indeks nazwisk

Riemann, Georg Friedrich Bernhard (1826-1866)	30
Christoffel, Elwin Bruno (1829-1900)	37
Maxwell, James Clerk (1831-1879)	39
Lipschitz, Rudolf Otto Sigismund (1832-1903)	42
Beltrami, Eugenio (1835-1900)	45
Mach, Ernst (1838-1916)	47
Morley, Edward Williams (1838-1923)	49
Gibbs, Josiah Willard (1839-1903)	51
Lie, Marius Sophus (1842-1899)	53
Rayleigh, John William Strutt (1842-1919)	55
Weber, Heinrich (1842-1913)	58
Gosiewski, Władysław (1844-1911)	60
Clifford, William Kingdon (1845-1879)	62
Umow, Nikołaj Aleksiejewicz (1846-1915)	64
Killing, Wilhelm Karl Joseph (1847-1923)	66
Eötvös, Baron Roland von (1848-1919)	68

Klein, Felix Christian (1849-1925)	72
Seeliger, Hugo Hans Ritter von (1849-1924)	76
Heaviside, Oliver (1850-1925)	78
Voigt, Woldemar (1850-1919)	80
Dickstein, Samuel (1851-1939)	82
FitzGerald, George Francis (1851-1901)	86
Lodge, Sir Oliver Joseph (1851-1940)	88
Michelson, Albert Abraham (1852-1931)	91
Poynting, John Henry (1852-1914)	94
Lorentz, Hendrik Antoon (1853-1928)	97
Ricci-Curbastro, Gregorio (1853-1925)	102
Bianchi, Luigi (1856-1928)	105
Schur, Friedrich Heinrich (1856-1932)	108
Hertz, Heinrich Rudolf (1857-1894)	109
Larmor, Joseph (1857-1942)	112
Brace, DeWitt Bristol (1859-1905)	114

Trouton, Frederick Thomas (1863-1922)	116
Miller, Dayton Clarence (1866-1941)	119
Kaufmann, Walter (1871-1947)	121
Levi-Civita, Tulio (1873-1941)	123
Pekár, Desiderius (1873-1953)	125
Fekete, Eugen (1880-1943)	127
Rankine, Alexander Oliver (1881-1956)	129

Historia Teorii Względności



Zbigniew Osiak

**Od Maxwella
do Einsteina**

03