

Teoria Względności



Zbigniew Osiak

Kulisy

09

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)

TEORIA WZGLĘDNOŚCI
Kulisy

Małgorzata Osiak (Ilustracje)

© Copyright 2012 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: 978-83-272-3825-2

e-mail: zbigniew.osiak@gmail.com

W 2011 i 2012 wygłosiłem dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku w Uniwersytecie Wrocławskim cykl wykładów:

01. Teoria Względności – Podstawy
02. Teoria Względności – Wyniki
03. Teoria Względności – Testy
04. Teoria Względności – Zastosowania
05. Teoria Względności – Problemy
06. Teoria Względności – Błędne Interpretacje
07. Teoria Względności – Prekursorzy
08. Teoria Względności – Twórcy
09. Teoria Względności – Kulisy
10. Teoria Względności – Kosmologia Relatywistyczna
11. Teoria Względności – Czarne Dziury
12. Teoria Względności – Fale Grawitacyjne
13. Teoria Względności – Antygravitacja
14. Teoria Względności – Kalendarium

Pomocnicze materiały do tych wykładów będą dostępne w internecie.

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

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

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

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

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

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

Z. Osiak: *Energy in Special Relativity*. Self Publishing (2012).

Z. Osiak: *Encyklopedia Fizyki*. Self Publishing (2012).

TEORIA WZGLĘDNOŚCI

Kulisy

dr Zbigniew Osiak

Portrety wykonała

Małgorzata Osiak

-
- Niefortunna nazwa 10
 - Dlaczego Einstein nie był kobietą? 12
 - Giganci teorii względności 14
 - Kto odkrył transformacje Lorentza? 22
 - Einstein a Poincaré 26
 - Einstein a Hilbert 27
 - Einstein a de Sitter 29
 - Einstein a Kaluza 30
 - Einstein a Friedman 31
 - Pechowcy 33
 - Szczęściarze 42
 - Stchórzyli 43
 - Nie dane im było 46
 - Wielcy fizycy nie czytają prac kolegów 47
 - Określenia, które zrobiły karierę 52
 - Pierwsza wojna światowa a wymiana informacji naukowych 59

-
- Żart Gamowa 60
 - Czy teoria względności jest trudna? 62
 - Żył 106 lat 63
 - Noblista nazista 64
 - Polscy relatywiści 65
 - Relatywiści związani z Wrocławiem 81
 - Relatywistki 96
 - Tradycje rodzinne 107
 - Kto jest uważany za następcę Einsteina? 116
 - Stephen William Hawking 117
 - Edward Witten 126

-
- Teoria względności powinna mieć inną nazwę ze względu na badane w jej ramach zagadnienia.
 - Powinna nazywać się teorią inwariantów i kowariantów (niezmienników i współzmienników).
 - Szczególna teoria względności bada niezmienniki i współzmienniki w układach inercjalnych w nieobecności pola grawitacyjnego.
 - Ogólna teoria względności bada niezmienniki i współzmienniki w dowolnych układach odniesienia w obecności pola grawitacyjnego.



Max Karl Ernst Ludwig Planck
(1858-1947)



John Lighton Synge
(1897-1995)

- Planck nazwał (1906) teorię Einsteina [zasadą względności] **teorią względności**.
- Nazwa niemiecka: **[das] Prinzip der Relativität**.
- Synge proponował, aby nazywać teorię względności teorią rozchodzenia się sygnałów.

• M. Planck: *Das Prinzip der Relativität und die Grundgleichungen der Mechanik*.

Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft 4 (1906) 136-141.

Zasada względności i podstawowe równania mechaniki.

• J. L. Synge: *Talking about relativity*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam 1970.

Istnieje polski przekład:

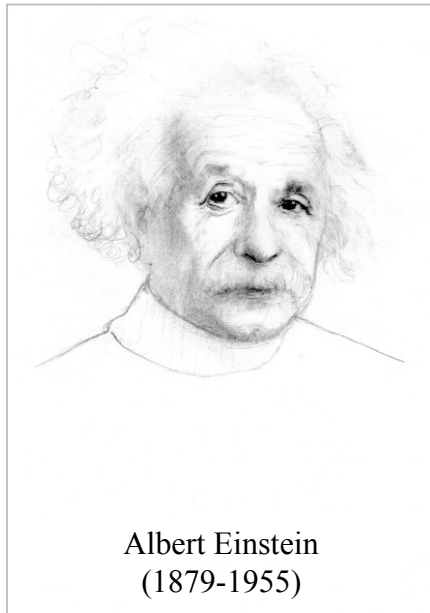
• J. L. Synge: *Porozmawiajmy o teorii względności*. PWN, Warszawa 1974.

[Biblioteka Problemów, tom 190]

- Odpowiedź na to pytanie stanie się jasna, gdy prześledzimy przebieg kariery naukowej Amalii Emmy Noether – rówieśnicy Einsteina.

Albert Einstein (1879-1955)
genialny fizyk-teoretyk

- 1900 - Ukończył politechnikę w Zurychu.
- 1905 - Doktoryzował się na Uniwersytecie w Zurychu.
- 1913 - Został członkiem Pruskiej Akademii Nauk.
- 1921 - Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki za wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego.
- 1933 - Wyemigrował do Ameryki.

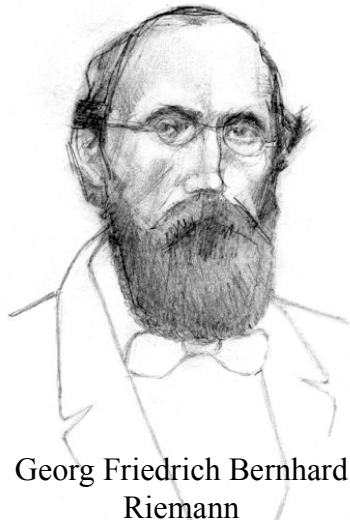


Amalie Emmy Noether (1882-1935)
niemiecka matematyczka

- 1900/02 - Studiowała bez matrykulacji matematykę w Erlangen.
- 1903 - Studiowała bez matrykulacji matematykę w Getyndze.
- 1904 - Uzyskała pozwolenie na matrykulację na Uniwersytecie w Erlangen.
- 1907 - Doktoryzowała się na Uniwersytecie w Erlangen.
- - Pracowała jako wolontariuszka w Instytucie Matematyki Uniwersytetu w Erlangen.
- 1915 - Pracowała jako wolontariuszka w Instytucie Matematyki Uniwersytetu w Getyndze.
- 1919 - Habilitowała się w Getyndze.
- 1922 - Otrzymała tytuł nieoficjalnego profesora nadzwyczajnego w Getyndze, umożliwiający jej prowadzenie wykładów.
- 1928/29 - Wykładała w Moskwie.
- 1930 - W semestrze letnim wykładała we Frankfurcie.
- 1933 - Wyemigrowała do Ameryki.



- W 1904 przyznano kobietom prawo do studiowania na uniwersytetach.
- W 1919 przyznano kobietom prawo do habilitacji.



Georg Friedrich Bernhard
Riemann
(1826-1866)



Elwin Bruno Christoffel
(1829-1900)



Gregorio Ricci-Curbastro
(1853-1925)



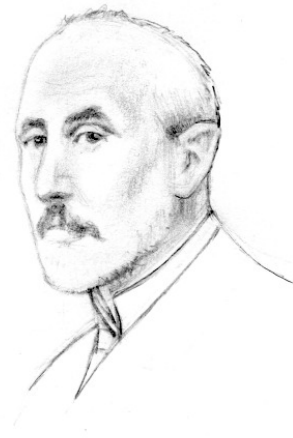
Tullio Levi-Civita
(1873-1941)



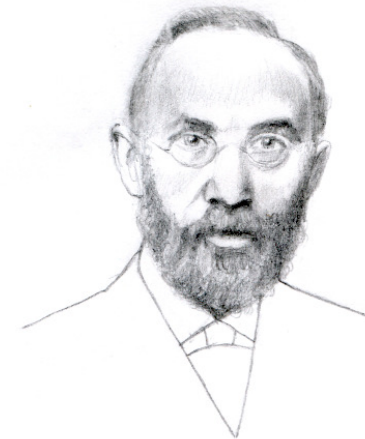
Marcell Grossmann
(1878-1936)



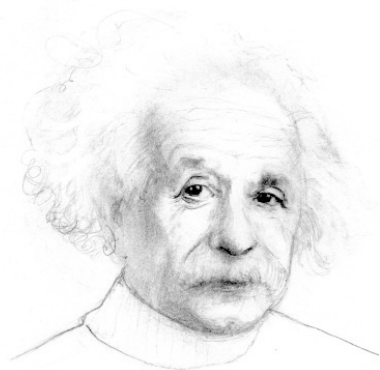
Albert Abraham Michelson
(1852-1931)



Baron Roland von Eötvös
(1848-1919)



Hendrik Antoon Lorentz
(1853-1928)



Albert Einstein
(1879-1955)



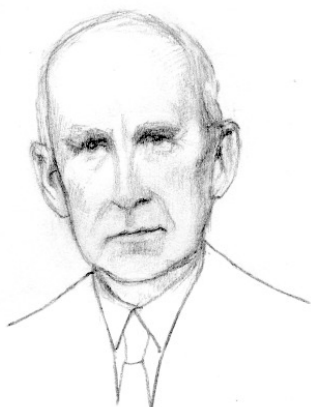
(Jules) Henri Poincaré
(1854-1912)



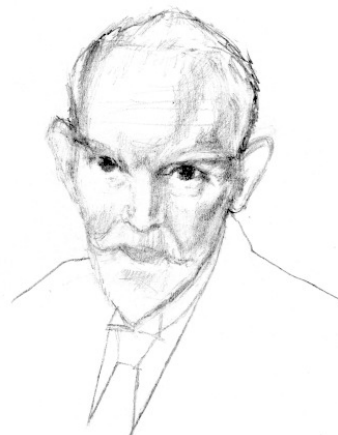
Hermann Minkowski
(1864-1909)



David Hilbert
(1862-1943)



Sir Arthur Stanley Eddington
(1882-1944)



Willem de Sitter
(1872-1934)



Carl Schwarzschild
(1873-1916)



Aleksandr A. Friedman
(1888-1925)



Richard Chase Tolman
(1881-1948)



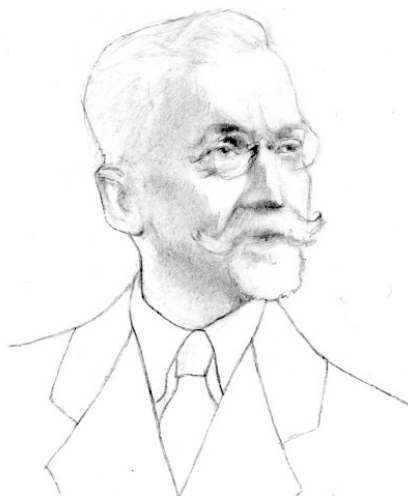
Hermann Claus Hugo Weyl
(1885-1955)



Kurt Gödel
(1906-1978)



Roy Patrick Kerr
(ur. 1934)



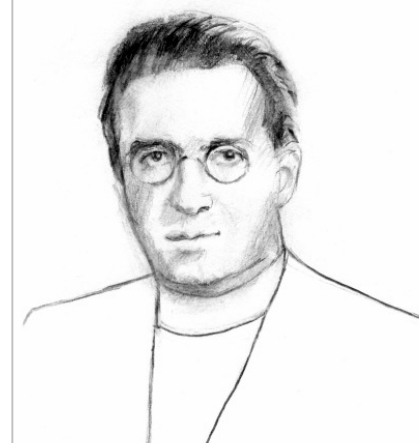
Élie Joseph Cartan
(1869-1951)



Theodor Franz Eduard Kaluza
(1885-1954)



Edwin Powell Hubble
(1889-1953)



Georges Henri Joseph Édouard
Lemaître
(1894-1966)



Howard Percy Robertson
(1903-1961)



Arno Allan Penzias
(ur. 1933)



Robert Woodrow Wilson
(ur. 1936)



Aleksiej Zinowiewicz Pietrow
(1910-1972)



J. Robert Oppenheimer
(1904-1967)



Sir Roger Penrose
(ur. 1931)



Stephen William Hawking
(ur. 1942)



Alan Harvey Guth
(ur. 1947)

- Riemann wprowadził pojęcie wielowymiarowej zakrzywionej przestrzeni (rozmaitości), która może być zdeformowana (ściśnięta lub rozciągnięta) w stosunku do płaskiej przestrzeni.
- Christoffel, Ricci-Curbastro, Levi-Civita i Grossmann stworzyli podstawy rachunku tensorowego, który jest językiem teorii względności.
- Michelson i Eötvös wykonali doświadczenia, których wyniki stanowią potwierdzenie założeń STW i OTW.
- Lorentz znalazł transformacje, względem których równania Maxwella są współzmiennicze.
- Einstein i Poincaré niezależnie od siebie opublikowali prace o STW.
- Należy podkreślić, że Einstein pracując nad STW nie wiedział o doświadczeniu Michelsona i nie znał pracy Lorentza o transformacjach.
- Uwaga ta nie odnosi się do Poincaré, który zaproponował nazwę transformacje Lorentza, nadając im jednocześnie poprawną postać.

- Minkowski postulował, aby trójwymiarową przestrzeń i czas połączyć w czterowymiarową czasoprzestrzeń. Umożliwiło to nadanie równaniom STW eleganckiej postaci i ułatwiło Einsteinowi sformułowanie OTW.
- Einstein przewidział na podstawie OTW grawitacyjną dyfrakcję, grawitacyjne przesunięcia ku czerwieni, istnienie fal grawitacyjnych, wyjaśnił obrót orbity Merkurego oraz zaproponował pierwszy model kosmologiczny Wszechświata.
- Hilbert niezależnie od Einsteina podał poprawną postać równań pola.
- Eddington przeprowadził obserwacje ugięcia promieni świetlnych, które jednoznacznie potwierdziły słuszność wniosku wynikającego z OTW.
- De Sitter, Schwarzschild, Friedman, Tolman, Weyl, Gödel i Kerr znaleźli dokładne rozwiązania równań pola dla najbardziej realnych przypadków.

- Cartan zauważył, że przestrzeń może ulegać skręceniu. Rozszerzył OTW tak, aby równania pola opisywały wszystkie możliwe deformacje czasoprzestrzeni.
- Kaluza podjął próbę unifikacji grawitacji i elektromagnetyzmu w ramach pięciowymiarowej teorii.
- Hubble odkrył ucieczkę galaktyk, co stanowiło dowód słuszności teorii Friedmana rozszerzającego się Wszechświata.
- Robertson uporządkował ówczesną wiedzę na temat kosmologii relatywistycznej.
- Penzias i Wilson zarejestrowali mikrofalowe promieniowanie tła, uwiarygodniając tym samym teorię Wielkiego Wybuchu lansowaną przez Lemaître'a.
- Pietrow dokonał klasyfikacji pól grawitacyjnych.
- Oppenheimer opisał grawitacyjny kolaps, dało to początek burzliwemu rozwojowi fizyki czarnych dziur.

- Penrose i Hawking przeanalizowali zagadnienie osobliwości w czasoprzestrzeni.
- Guth stworzył teorię inflacji, która wyjaśniła “wszystkie” problemy związane z Wielkim Wybuchem.
- Einsteinowi zawdzięczamy głęboką, spójną i konsekwentną rewizję pojęć przestrzeni i czasu dokonaną w ramach STW i OTW.

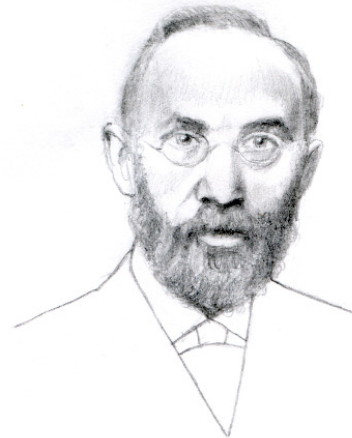
Kto odkrył transformacje Lorentza?



Woldemar Voigt
(1850-1919)



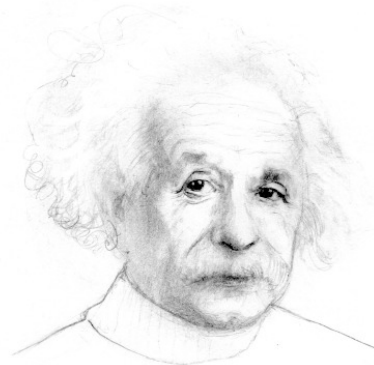
Joseph Larmor
(1857-1942)



Hendrik Antoon Lorentz
(1853-1928)



(Jules) Henri Poincaré
(1854-1912)



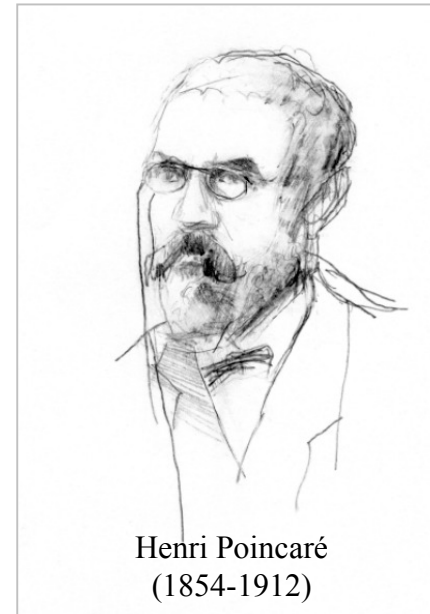
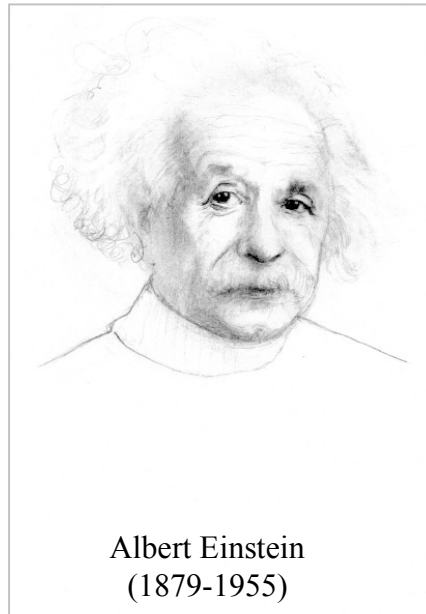
Albert Einstein
(1879-1955)

- Poprawną postać transformacji znaleźli w 1905 niezależnie od siebie Einstein i Poincaré, który nazwał je transformacjami Lorentza.

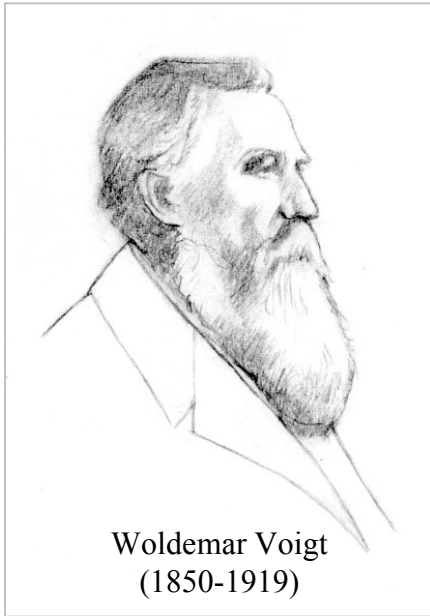
$$\begin{aligned}x' &= k(x - Vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= k\left(t - \frac{V}{c^2}x\right)\end{aligned}$$

gdzie

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$



- A. Einstein: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. Annalen der Physik **17**, 10 (1905) 891-921.
- H. Poincaré: *Sur la dynamique de l'électron*. Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris **140** (1905) 1504-1508.



- Voigt otrzymał (1887) transformacje, podobne do przekształceń Lorentza [$k = 1$], nie zmieniające postaci równania falowego.

$$x' = x - Vt$$

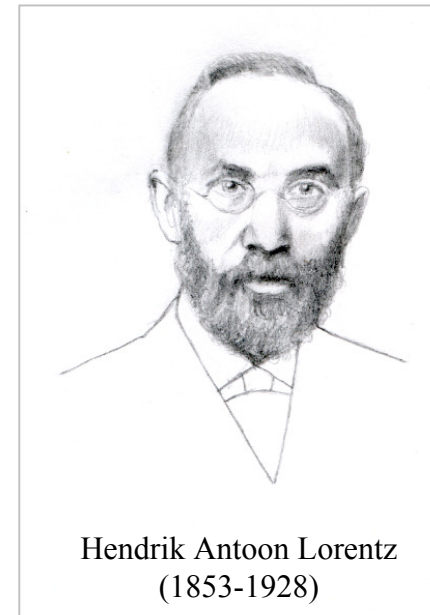
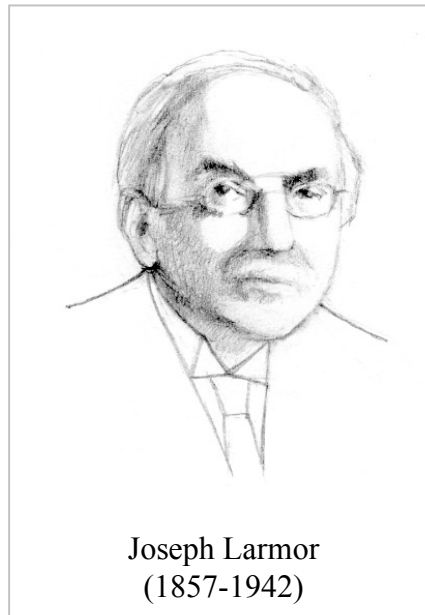
$$y' = y$$

$$z' = z$$

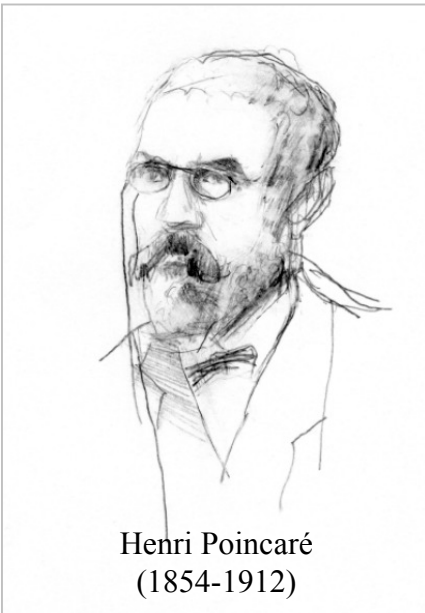
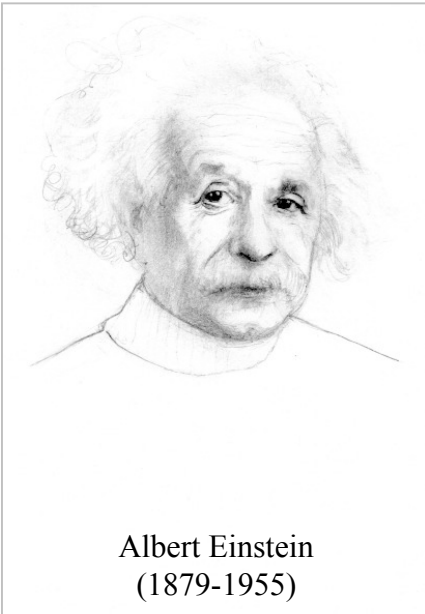
$$t' = t - \frac{V}{c^2} x$$

- Larmor zaproponował (1900), cztery lata wcześniej niż Lorentz, relatywistyczne przekształcenia współrzędnych przestrzennych i czasu nie zmieniające postaci równań Maxwella.
- Przekształcenia podane przez Larmora i Lorentza były identyczne, zawierały ten sam błąd.

$$\begin{aligned}x' &= kx \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{1}{k}t - k \frac{V}{c^2}x\end{aligned}$$



- J. Larmor: *Aether and Matter*. Cambridge 1900.
- H. A. Lorentz: *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light*. Proceedings of the Royal Academy of Sciences of Amsterdam **6** (1904) 809-831.

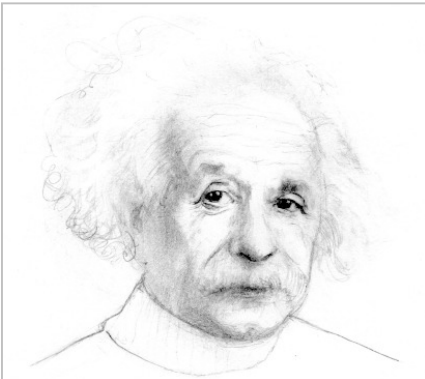


- Einstein i Poincaré niemal równocześnie sformułowali Szczególną Teorię Względności.
- Wyniki opublikowali odpowiednio 30 czerwca i 23 lipca 1905.
- Podstawowa różnica między ich pracami polegała na interpretacji wniosków wynikających z transformacji Lorentza.
- Einstein uważał, że wskutek ruchu układu odniesienia deformacji ulegają czas i przestrzeń.
- Poincaré twierdził, że deformacje dotyczą ciał materialnych.

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

• H. Poincaré: *Sur la dynamique de l'électron*.

Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo **21** (1906) 129-176.



Albert Einstein
(1879-1955)

- **20 listopada 1915** na posiedzeniu Królewskiego Towarzystwa Naukowego w Getyndze Hilbert przedstawił ogólnie kowariantne równania pola grawitacyjnego, wyprowadzając je z zasady wariacyjnej i opierając się na teorii materii Miego.

$$K_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} K = - \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial \sqrt{g} L}{\partial g_{\mu\nu}}$$

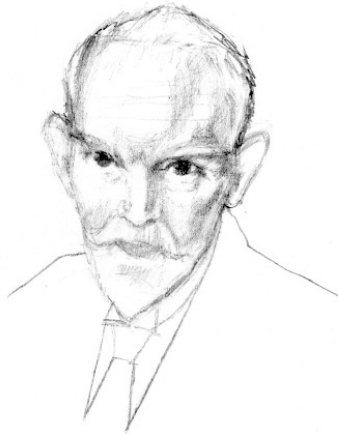


David Hilbert
(1862-1943)

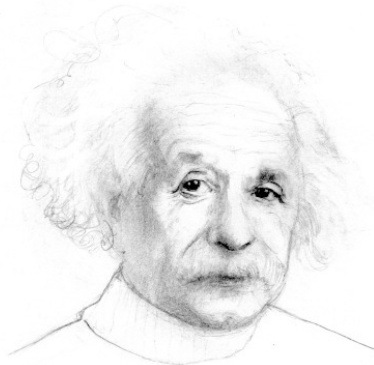
- **25 listopada 1915** na posiedzeniu Królewskiej Pruskiej Akademii Nauk w Berlinie Einstein również zaproponował poprawne równania pola.

$$R_{\alpha\beta} = -\kappa \left(T_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} T \right), \quad T = g^{\mu\nu} T_{\mu\nu}$$

- D. Hilbert: *Die Grundlagen der Physik. (Erste Mitteilung.)*
Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu]
Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] (1915) 395-407.
[Vorgelegt in der Sitzung vom 20. November 1915.] [Patz: wzór 21]
Podstawy fizyki. (Pierwsze doniesienie.)
- A. Einstein: *Die Feldgleichungen der Gravitation.*
Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der
Wissenschaften **2**, 48 (1915) 844-847.
[Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse vom 25. November
1915]
Równania polowe grawitacji.



Willem de Sitter
(1872-1934)



Albert Einstein
(1879-1955)

- **24 czerwca 1916** na posiedzeniu Królewskiej Akademii Nauk w Amsterdamie de Sitter podał powszechnie obecnie stosowaną postać równań pola grawitacyjnego.

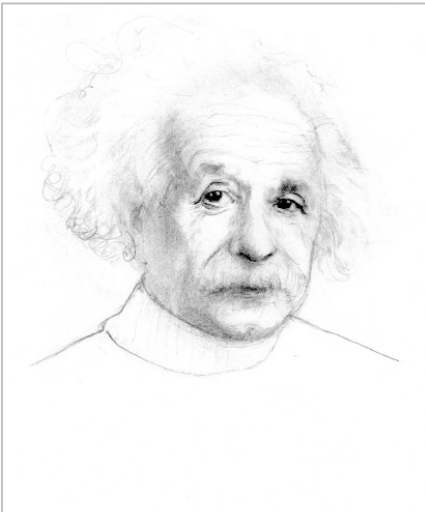
$$R_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} R = -\kappa T_{ab}, \quad R = g^{\mu\nu} R_{\mu\nu} = \kappa T$$

- **10 kwietnia 1919** na posiedzeniu Królewskiej Pruskiej Akademii Nauk w Berlinie Einstein po raz pierwszy wykorzystał równania w postaci zaproponowanej przez de Sittera.

- W. de Sitter: *De planetenbeweging en de beweging van de maan volgens de theorie van Einstein*. Verslag [van de gewone vergaderingen der wis-en natuurkundige afdeling] der Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **25**, 2 (24 Juni 1916) 232-245.
- A. Einstein: *Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?* Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften **1**, 20 (1919) 349-356.



Theodor Franz Eduard Kaluza
(1885-1954)



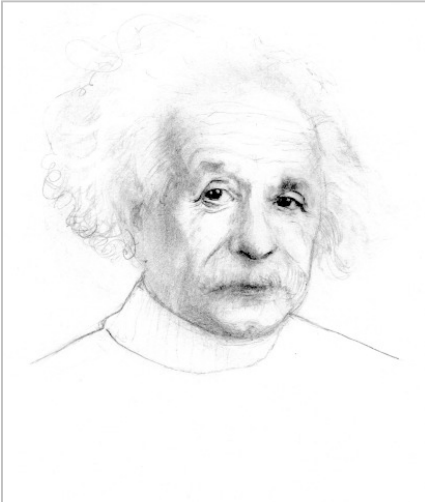
Albert Einstein
(1879-1955)

- Kaluza dokonał (1921) unifikacji pola grawitacyjnego i elektromagnetycznego w ramach pięciowymiarowej rozmaitości z liniowym elementem o postaci:

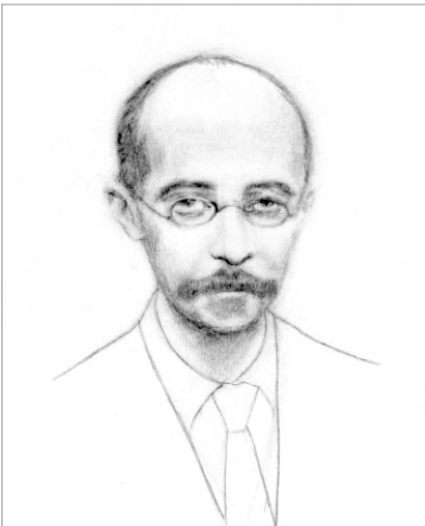
$$d\sigma^2 = \gamma_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu, \quad (\mu, \nu = 1, 2, 3, 4, 5)$$

- Einstein początkowo odniósł się sceptycznie do koncepcji Kaluzy.
- Później rozwinął jego pomysł w 10 pracach opublikowanych w latach 1923-1941.

• Th. Kaluza: *Zum Unitätsproblem der Physik*.
Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften 2 (1921) 966-972.



Albert Einstein
(1879-1955)



Aleksandr A. Friedman
(1888-1925)

- Einstein zbyt impulsywnie zareagował na teorię Friedmana.
- W polemicznej bardzo krótkiej notatce stwierdził (1922) między innymi:
Wyniki dotyczące niestacjonarnego świata, zawarte w pracy Friedmana, wydają mi się podejrzane. W rzeczywistości okazuje się, że podane w niej rozwiązanie nie spełnia równań pola.

• A. Friedman [in Petersburg]: *Über die Krümmung des Raumes*.

Zeitschrift für Physik **10**, 6 (1922) 377-386. *O krzywiźnie przestrzeni*.

• A. Einstein: *Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedman. „Über die Krümmung des Raumes“*.
Zeitschrift für Physik **11** (1922) 326-326.

- Kilka miesięcy później twórca OTW, odwołał (1923) swoje błędne poglądy dotyczące teorii Friedmana.

W poprzedniej uwadze poddałem krytyce pracę wymienioną wyżej. Jednakże moja krytyka, jak się przekonałem z listu Friedmana, dostarczonego mi przez pana Krutkowa, oparta była na błędzie w obliczeniach. Uważam, że wyniki Friedmanna są prawidłowe i przedstawiają nowy świat. Okazuje się, że równania pola dopuszczają na równi ze statycznymi także dynamiczne (tzn. zmienne w czasie) sferycznie symetryczne rozwiązania dla struktury przestrzeni.

- W 1931 Einstein wyznał, że bardziej przykrej pomyłki, niż dotyczącej oceny pracy Friedmana, w swoim życiu nie popełnił.

• A. Einstein: *Notiz zu der Bemerkung zu der Arbeit von A. Friedman. „Über die Krümmung des Raumes”*. Zeitschrift für Physik **16** (1923) 228-228.

János Bolyai
(1802-1860)



Joseph Larmor
(1857-1942)



Henri Poincaré
(1854-1912)



David Hilbert
(1826-1943)

Johannes Droste
(1886 -1963)



George Édouard Lemaître
(1894-1966)



Fred Hoyle
(1915-2001)

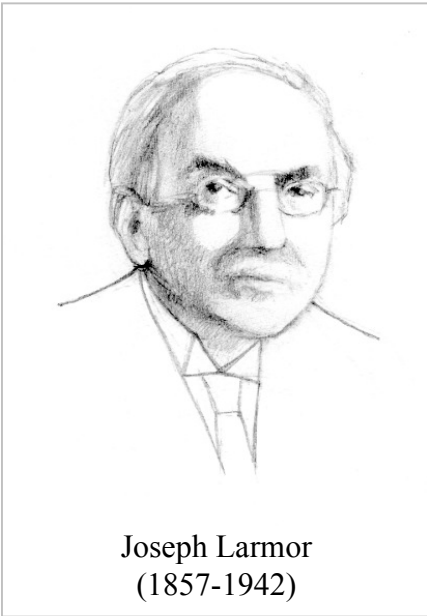
Susan Jocelyn Bell-Burnell
(ur. 1943)

– węgierski matematyk –

- János Bolyai niezależnie od Łobaczewskiego, ale sześć lat później, odkrył (1832) geometrię nieeuklidesową.

János Bolyai
(1802-1860)

- J. Bolyai: *Appendix scientiam spatii absolute veram exhibens*. 1832.
Dodatek, w którym przedstawiona jest absolutnie prawdziwa nauka o przestrzeni.
Praca ta została zamieszczona jako dodatek do książki:
- W. Bolyai: *Tentamen in elementa matheseos, etc.* Maros-Vasarhely 1832.
- 23 lutego [12 lutego wg kalendarza juliańskiego] 1826 roku na posiedzeniu fizyczno-matematycznego fakultetu Uniwersytetu Kazańskiego Łobaczewski wygłosił wykład „*Krótkie wyłożenie podstaw geometrii z dokładnym dowodem twierdzenia o równoległych*”.



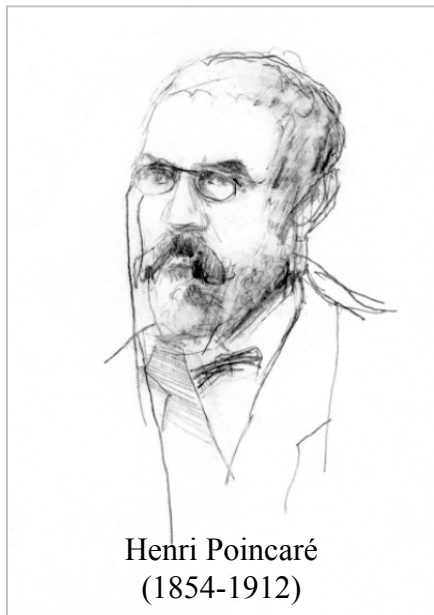
Joseph Larmor
(1857-1942)

– irlandzki fizyk-teoretyk i matematyk –

- Larmor zaproponował (1900), cztery lata wcześniej niż Lorentz, przekształcenia współrzędnych przestrzennych i czasu nie zmieniające postaci równań Maxwella. Poincaré nazwał (1905) je **transformacjami Lorentza**.

• J. Larmor: *Aether and Matter*. Cambridge 1900.

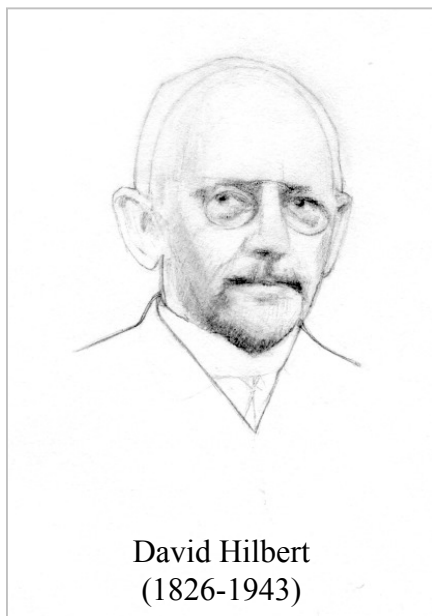
• H. Poincaré: *Sur la dynamique de l' électron*. Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences, Paris **140** (1905) 1504-1508.



– francuski matematyk, fizyk i filozof –

- Poincaré prawie równocześnie z Einsteinem sformułował szczególną teorię względności, ogłaszając ją w języku francuskim we włoskim czasopiśmie matematycznym.

- A. Einstein: *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. Annalen der Physik **17**, 10 (1905) 891-921.
[Eingegangen 30. Juni 1905.] [Juni – czerwiec]
- H. Poincaré: *Sur la dynamique de l'électron*. Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo **21** (1906) 129-176
[Adunanza del 23 luglio 1905.] [luglio – lipiec].



David Hilbert
(1826-1943)

– niemiecki matematyk –

- Hilbert pięć dni wcześniej niż Einstein przedstawił ogólnie kowariantne równania pola grawitacyjnego.
- Dlaczego więc za twórcę teorii względności powszechnie uważa się Einsteina?
- Odpowiedź jest prosta, ten genialny uczony tematyce szeroko pojętej teorii względności przez pięćdziesiąt lat poświęcił około stu pięćdziesięciu prac i wiele książek.

• D. Hilbert: *Die Grundlagen der Physik. (Erste Mitteilung.)*

Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] (1915) 395-407.
[Vorgelegt in der Sitzung vom 20. November 1915.]

• A. Einstein: *Die Feldgleichungen der Gravitation.*

Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften **2**, 48 (1915) 844-847.
[Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse vom 25. November 1915]

Johannes Droste
(1886 -1963)

– holenderski fizyk-teoretyk i matematyk –

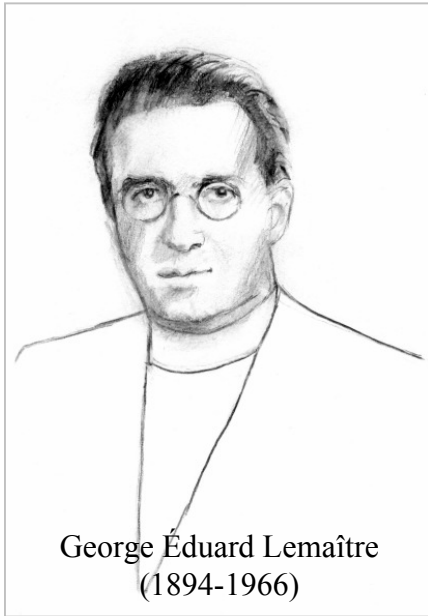
- Droste, wychodząc z koncepcji Einsteina, że pole grawitacyjne ma charakter tensorowy, zaproponował (30 grudnia 1914) w układzie współrzędnych kartezyjskich postać tensora metrycznego czasoprzestrzeni w przypadku punktowej masy źródłowej.
- Przedstawił (27 maja 1916) zewnętrzne rozwiązanie próżniowych równań pola Einsteina dla punktowej masy źródłowej.
- Analogiczne rozwiązanie podał Karl Schwarzschild 13 stycznia 1916.

• J. Droste: *Over het veld van een enkel centrum in Einstein's theorie der zwaartekracht*. Verslag [van de gewone vergaderingen der wis-en natuurkundige afdeeling] der Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **23** (30 December 1914) 968-981.

• J. Droste: *Het veld van een enkel centrum in Einstein's theorie der zwaartekracht, en de beweging van een stoffelijk punt in dat veld*. Verslag [van de gewone vergaderingen der wis-en natuurkundige afdeeling] der Koninklijke Akademie van Wetenschappen [te Amsterdam] **25**, 1 (27 Mei 1916) 163-180.

• K. Schwarzschild: *Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie*.

Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften **1**, 7 (1916) 189-196. [Gesamtsitzung vom 13. Januar 1916]



– belgijski astrofizyk i kosmolog –

- Lemaître niezależnie od Friedmana podał pięć lat później (1927) rozwiązanie równań pola Einsteina opisujące rozszerzający się Wszechświat.
- Wyniki opublikował w języku francuskim w belgijskim czasopiśmie.

• G. E. Lemaître: *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles A 47 (1927) 29-39.

Jednorodny Wszechświat o stałej masie i rosnącym promieniu, wyjaśniający prędkość radialną mgławic pozagalaktycznych.



Sir Fred Hoyle
(1915-2001)

– brytyjski astronom –

- Hoyle został pominięty przez Komitet Nagrody Nobla, gdy nagradzano W. A. Fowlera w 1983 za wkład do pracy zespołu **B²FH**.
- E. Margaret **Burbridge**, G. R. **Burbidge**, William A. **Fowler**, F. **Hoyle**: *Synthesis of the Elements in Stars*. *Reviews of Modern Physics* **29** (1957) 547-650.

– brytyjska astrofizyczka –

- Bell, będąc doktorantką Hewisha, odkryła (1967) pierwszego pulsara. Za co jej promotor otrzymał (1974) Nagrodę Nobla z fizyki.

Susan Jocelyn Bell-Burnell
(ur. 1943)

- A. Hewish, S. J. Bell, J. D. H. Pilkington, P. F. Scott, R. A. Collins: *Observation of Rapidly Pulsating Radio Source*. Nature **217** (1968) 709-713.
- A. Hewish, S. J. Bell, T. W. Cole: *Observations of some further Pulsed Radio Sources*. Nature **218** (1968) 126-129.



Arno Allan Penzias
(ur. 1933)



Robert Woodrow Wilson
(ur. 1936)

- Penzias i Wilson przypadkowo odkryli (1965) mikrofalowe promieniowanie tła, początkowo sądząc, że rejestrują szumy układu pomiarowego.

- A. A. Penzias and R. W. Wilson: A *Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 MHz*. *Astrophysical Journal* **142** (07/1965) 419-421. *Pomiar nadwyżki temperatury anteny przy 4080 MHz.*

Giovanni Girolamo Saccheri
(1667-1733)



Carl Friedrich Gauss
(1777-1855)

– włoski matematyk –

- Giovanni Girolamo Saccheri, usiłując udowodnić nie wprost postulat o równoległych, otrzymał według niego bardzo dziwne wyniki.
- Był pierwszym matematykiem, który mógł sformułować (1733) geometrię nieeuklidesową.

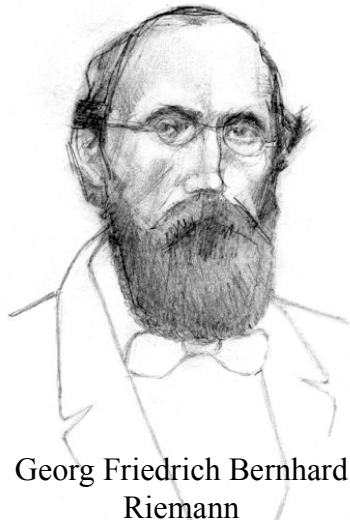
Giovanni Girolamo Saccheri
(1667-1733)



Carl Friedrich Gauss
(1777-1855)

– niemiecki matematyk, fizyk i astronom –

- Gauss odkrył geometrię nieeuklidesową, ale nie opublikował wyników w obawie, że nie zostaną zaakceptowane.



Georg Friedrich Bernhard
Riemann
(1826-1866)



Hermann Minkowski
(1864-1909)

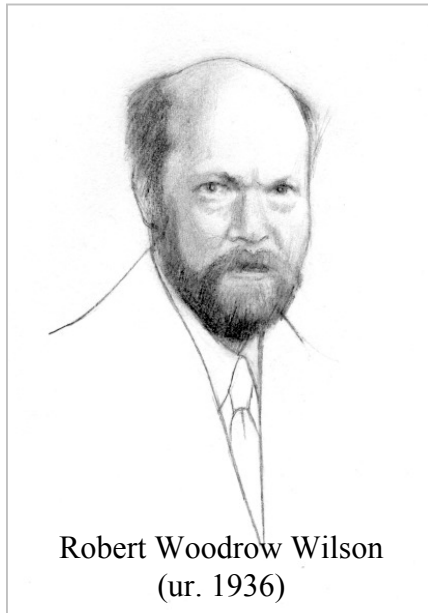
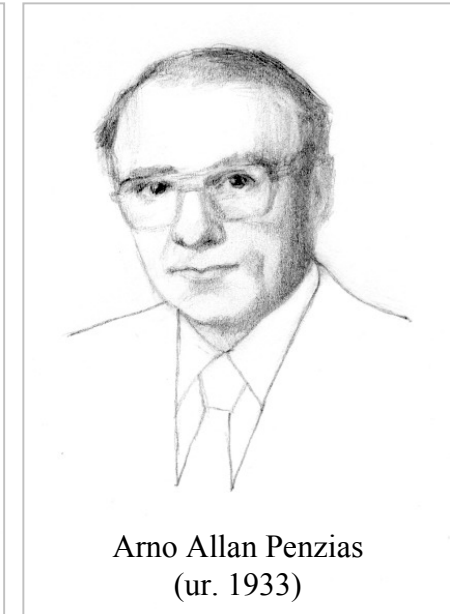
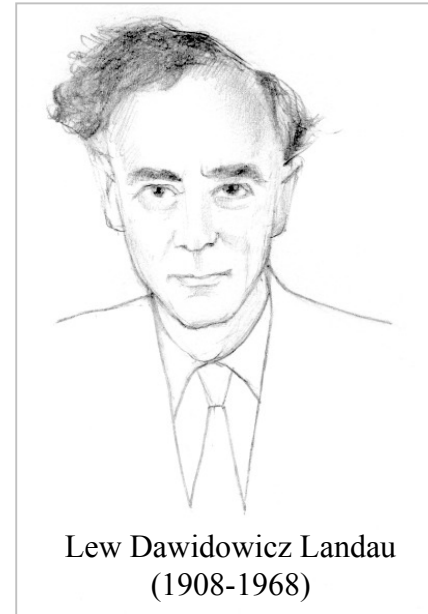
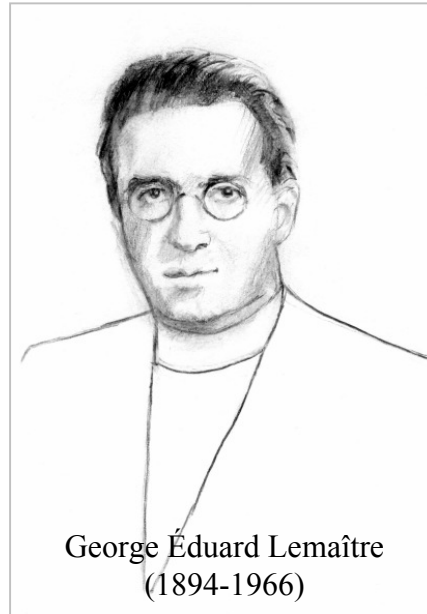
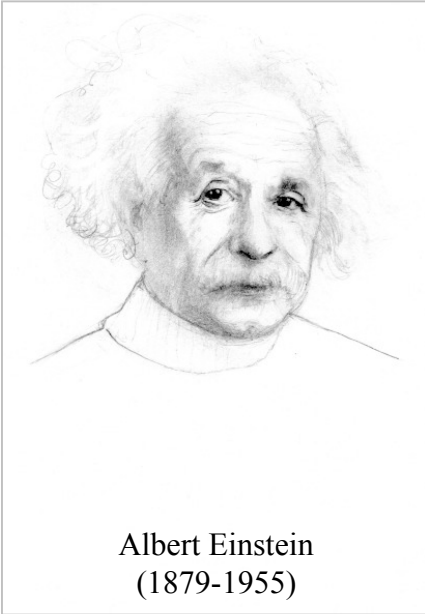


Carl Schwarzschild
(1873-1916)

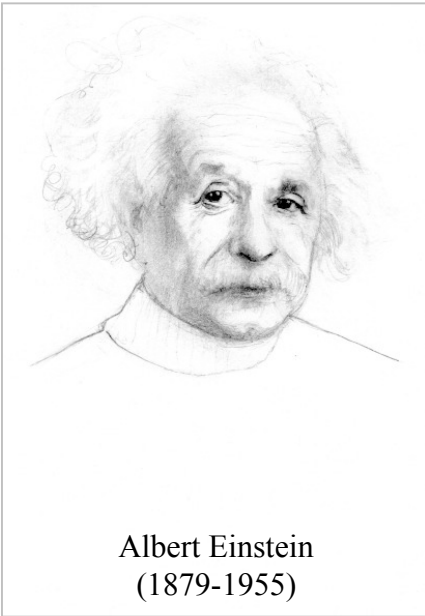


Aleksandr A. Friedman
(1888-1925)

- Riemann, Minkowski, Schwarzschild, Friedman – tym co łączy tych wielkich uczonych, którzy współtworzyli teorię względności, jest przedwczesna śmierć każdego z nich wkrótce po ogłoszeniu ich teorii.
- Nie dane im było cieszyć się sławą na jaką zasłużyli.



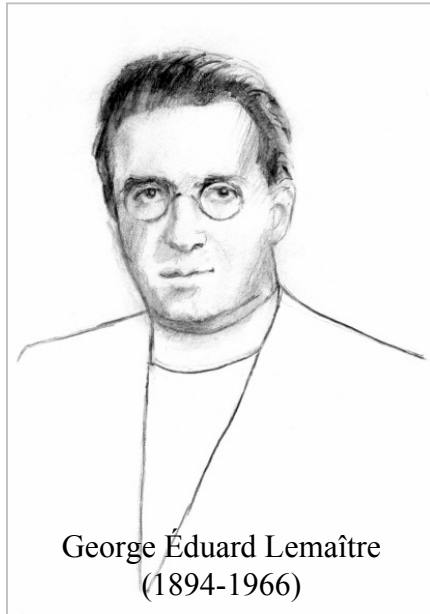
- Wielcy fizycy nie czytają prac swoich kolegów. Mogą zatem więcej czasu poświęcić na niezależne twórcze myślenie, pozostawiając historykom nauki dociekania dotyczące pierwszeństwa dokonania danego odkrycia.



Albert Einstein
(1879-1955)

– genialny fizyk-teoretyk –

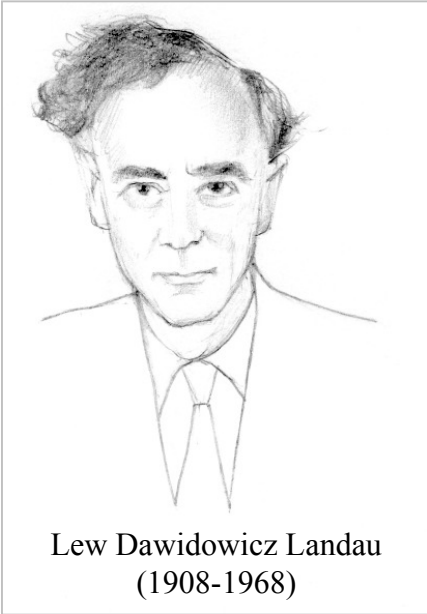
- Einstein nie znał teoretycznych prac Larmora (1900) i Lorentza (1904) o transformacjach współrzędnych przestrzennych i czasu nie zmieniających postaci równań Maxwella, a także doświadczalnych prac Michelsona (1881), oraz Michelsona i Morleya (1887).



– belgijski astrofizyk i kosmolog –

- Lemaître niezależnie od Friedmana podał pięć lat później (1927) rozwiązanie równań pola Einsteina opisujące rozszerzający się Wszechświat.

• G. E. Lemaître: *Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques*. Annales de la Société Scientifique de Bruxelles A 47 (1927) 29-39.
Jednorodny Wszechświat o stałej masie i rosnącym promieniu, wyjaśniający prędkość radialną mgławic pozagalaktycznych.



– radziecki fizyk-teoretyk –

- Landau utrzymywał stałe kontakty naukowe z wieloma uczniami i kolegami. Były one dla Lwa Dawidowicza także źródłem informacji.
- Oryginalna cecha stylu jego pracy polegała na tym, że od 1935 prawie nie czytał sam artykułów oraz książek.
- Tym niemniej zawsze orientował się we wszystkich nowinkach w fizyce.
- Wiedzę czerpał z licznych dyskusji, z wykładów na prowadzonym przez niego seminarium.



Arno Allan Penzias
(ur. 1933)



Robert Woodrow Wilson
(ur. 1936)

- R. A. Alpher i R. C. Hermann oszacowali (1948) obecną temperaturę mikrofalowego promieniowania tła na około 5 K.

[Nature **162**, 4124 (1948) 774-775.]

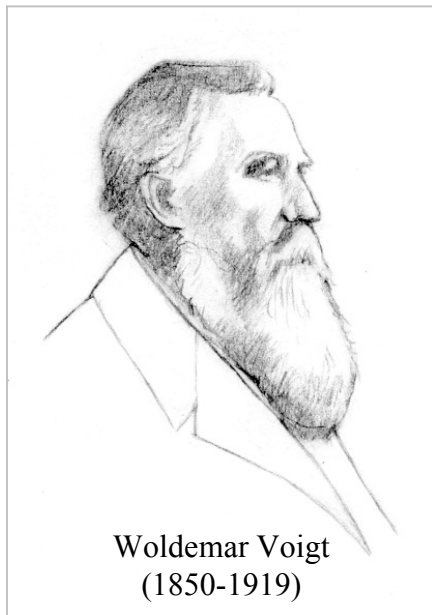
- Penzias i Wilson, w doniesieniu (1965) o odkryciu mikrofalowego promieniowania tła, nie zacytowali pracy Alphera i Hermana.

- Miesiąc po otrzymaniu przez Penziasa i Wilsona Nagrody Nobla (1978), Alpher doznał ataku serca.

- R. A. Alpher & R. Herman: *Evolution of the Universe*.
Nature **162**, 4124 (November 13, 1948) 774-775.

- A. A. Penzias and R. W. Wilson: *A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 MHz*.
Astrophysical Journal **142** (07/1965) 419-421. *Pomiar nadwyżki temperatury anteny przy 4080 MHz.*

- Tensor
- Transformacje Lorentza
- Transformacje Galileusza
- Czasoprzestrzeń
- Wielki Wybuch
- Czarna dziura

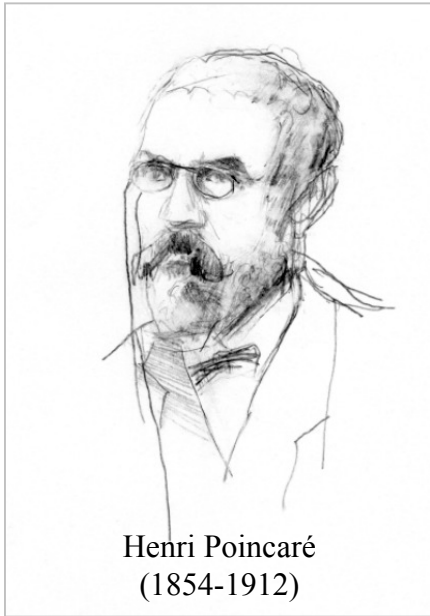


Woldemar Voigt
(1850-1919)

– niemiecki fizyk-teoretyk –

- Woldemar Voigt wprowadził (1900) nazwę **tensor** dla wielkości charakteryzujących elastyczne własności ciał.

• 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.



Henri Poincaré
(1854-1912)

– francuski matematyk, fizyk i filozof –

- Henri Poincaré podał (1905) poprawną postać transformacji współrzędnych przestrzennych i czasu niezmieniających postaci równań Maxwella, nazywając je **transformacjami Lorentza**.

$$\begin{aligned}x' &= k(x - Vt) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= k\left(t - \frac{V}{c^2}x\right)\end{aligned}$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

– austriacki fizyk-teoretyk i filozof –

- Philip Frank zaproponował (1909) nazwę transformacje Galileusza dla przekształceń:

$$x' = x - Vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Philip Frank
(1884-1966)



Hermann Minkowski
(1864-1909)

– niemiecki matematyk i fizyk-teoretyk –

- Hermann Minkowski wprowadził (1908) pojęcie **czasoprzestrzeni**, dla czterowymiarowej przestrzeni o trzech wymiarach przestrzennych i jednym czasowym.

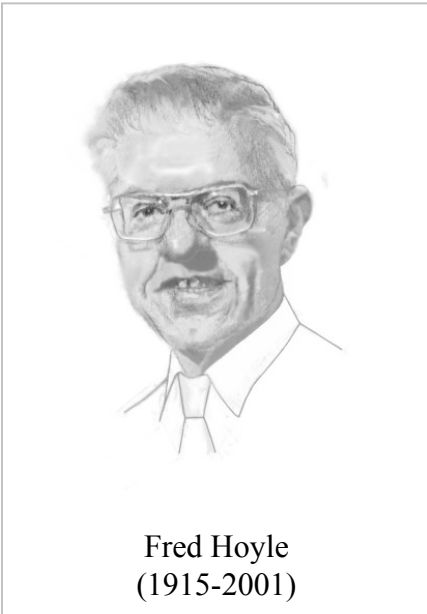
• H. Minkowski: *Raum und Zeit*. Physikalische Zeitschrift **10**, 3 (1. Februar 1909) 104-111.

Wykład wygłoszony 21 września 1908 roku na 80-tym posiedzeniu niemieckich przyrodników i lekarzy w Kolonii, opublikowany dopiero po śmierci Minkowskiego.

A oto początkowy fragment tego wykładu.

Drodzy Państwo!

Poglądy na przestrzeń i czas, które mam zamiar wam przedstawić, zrodziły się na bazie eksperymentu fizycznego. W tym ich siła. Ich tendencja jest radykalna. Odtąd przestrzeń sama w sobie i czas sam w sobie powinny stać się fikcją i tylko pewien sposób połączenia ich obu powinien zachować dalej samodzielny byt.



Fred Hoyle
(1915-2001)

– brytyjski astronom –

- Fred Hoyle zaproponował (1950), w jednej z prowadzonych przez niego pogadań radiowych, żartobliwą nazwę – **Wielki Wybuch** – dla teorii powstania Wszechświata w wyniku eksplozji.

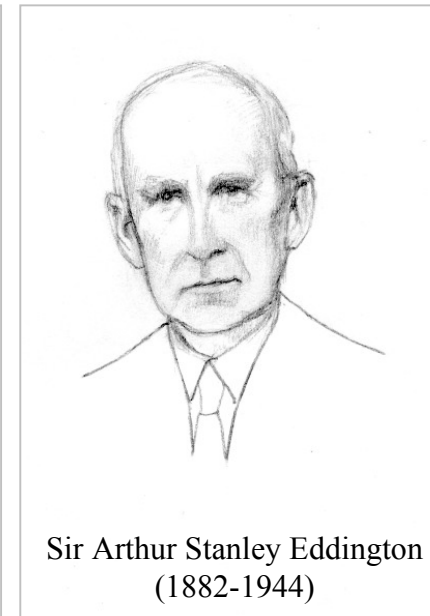
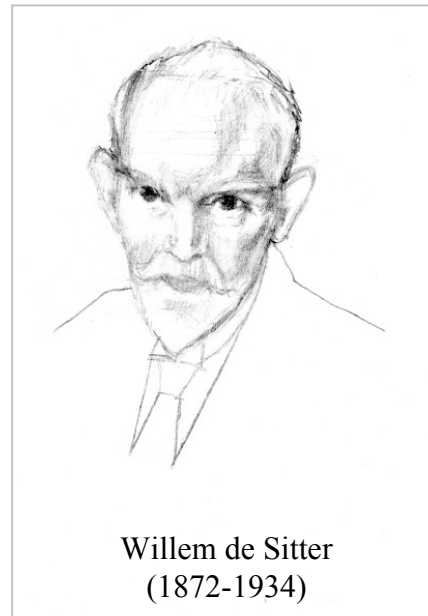
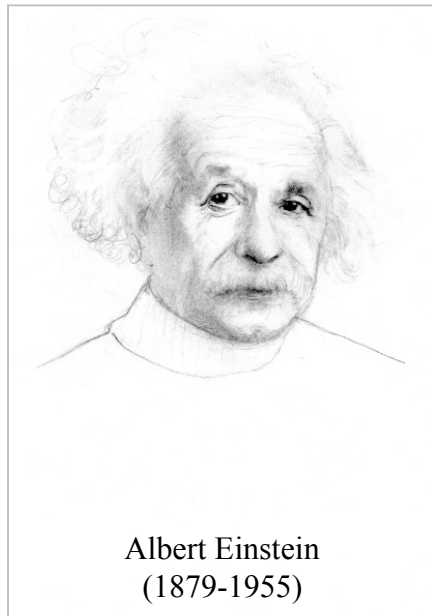


John Archibald Wheeler
(1911-2008)

– amerykański fizyk-teoretyk –

- John Archibald Wheeler zaproponował nazwę **czarna dziura** (1967-wykład, 1968-artykuł).

• J. A. Wheeler: *Our universe: The known and the unknown*. Address before the American Association for the Advancement of Science, New York, 29 December 1967. [w:] *The American Scholar* **37** (1968) 2488-274. [oraz:] *American Scientist* **56** (1968) 1-20.



- Praca o OTW Einsteina [Niemcy] dotarła do Eddingtona [Anglia] za pośrednictwem de Sittera [Holandia].
- W toczącej się w Europie pierwszej wojnie światowej [1914-1918] Anglia i Niemcy były wrogami.
- Holandia, jako państwo neutralne, utrzymywała stosunki z Anglią i Niemcami.

Ralph Asher Alpher
(1921-2007)



Hans Albrecht Bethe
(1906-2005)

George Gamow
(1904-1968)

- Alpher jako pierwszy sformułował (1948) w swojej dysertacji doktorskiej hipotezę dotyczącą powstania Wszechświata w wyniku eksplozji.
 - Pod presją Gamowa, Alpher zgodził się opublikować fragmenty swojej dysertacji pod nazwiskami Alpher, Bethe, Gamow.
 - Bethe nie został poinformowany o tym pomysle.
 - Według Gamowa był to świetny żart, ponieważ artykuł miał zostać opublikowany pierwszego kwietnia.
 - Inicjały nazwisk autorów α - β - γ stanowiły łatwy do zapamiętania ciąg.
- R. A. Alpher [H. Bethe] and G. Gamow: *The Origin of Chemical Elements*. Physical Review **73**, 7 (April 1, 1948) 803-804.

- 6 listopada 1919 odbyło się połączone spotkanie członków Royal Society i Royal Astronomical Society, podczas którego Arthur Eddington referował wyniki obserwacji zaćmienia Słońca z 29 maja. Zebrane dane potwierdzały przewidywania Einsteina, dotyczące odchylenia promieni świetlnych przelatujących w pobliżu Słońca. Po spotkaniu Ludwig Silberstein zadał prelegentowi pytanie:
Profesorze Eddington, czy to prawda, że tylko trzy osoby na świecie rozumieją ogólną teorię względności Einsteina.
W odpowiedzi miał usłyszeć:
Zastanawiam się kto mógłby być tą trzecią osobą.

Dirk Jan Struik
(1894- 2000)

- holenderski matematyk i historyk matematyki –
- Dirk Jan Struik jest autorem prac dotyczących wykorzystania analizy tensorowej i geometrii różniczkowej w OTW.

Johannes Stark
(1874-1957)

– niemiecki fizyk –

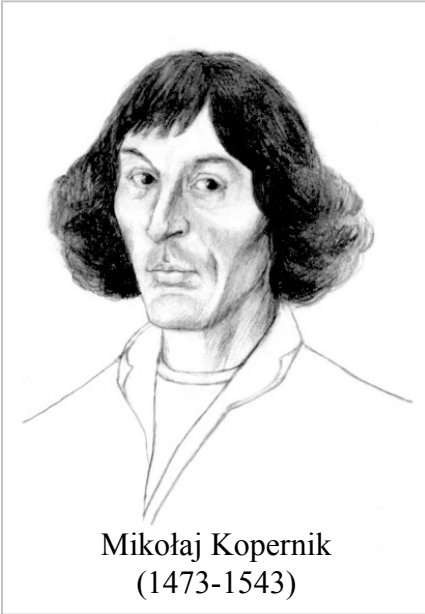
- Johannes Stark był aktywnym przeciwnikiem Teorii Względności oraz Mechaniki Kwantowej, uważał je za wytwór “żydowskiej” nauki.

1919 - Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki.

1930 - Wstąpił do partii nazistowskiej.

1947 - Skazano go wyrokiem niemieckiego sądu denazyfikacyjnego na cztery lata obozu pracy.

- KOPERNIK, Mikołaj (1473-1543)
- GOSIEWSKI, Władysław (1844-1911)
- DICKSTEIN, Samuel (1851-1939)
- SILBERSTEIN, Ludwig (1872-1948)
- BIAŁOBRZESKI, Czesław (1878-1953)
- LORIA, Stanisław (1883-1958)
- WEYSSENHOFF, Jan (1889-1972)
- MATHISSON, Myron (1897-1940)
- INFELD, Leopold (1898-1968)
- ŚREDNIAWA, Bronisław Edward (1917-2014)
- RAABE, Antoni (- 1942)
- WERLE, Józef (1923-1998)



Mikołaj Kopernik
(1473-1543)

– polski astronom i matematyk –

- Mikołaj Kopernik zaproponował (1543) do opisu ruchu planet i Słońca układ heliocentryczny.
- Zwrócił jako pierwszy uwagę na względność ruchu i rolę układu odniesienia.

Władysław Gosiewski
(1844-1911)

– polski matematyk, fizyk i logik –

- Władysław Gosiewski 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 (1877), że sprowadza się ona do krzywizny Gaussa.
- Udowodnił (1877) wzór [podany w rozprawie Riemanna] na długość elementu liniowego w rozmaitości o stałej krzywiznie.

•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 Samuela Diksteina z objaśnieniami Władysława Gosiewskiego: *O hipotezach, które służą za podstawę geometrii.*

Pamiętnik Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu **9** (1877) 1-26. [oraz:]

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

– polski matematyk –

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

Samuel Dikstein
(1851-1939)

- 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 Samuela Diksteina z objaśnieniami Władysława Gosiewskiego: *O hipotezach, które służą za podstawę geometrii*.

Pamiętnik Towarzystwa Nauk Ścisłych w Paryżu **9** (1877) 1-26. [oraz:]

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 Samuela Diksteina: *Rozważania porównawcze o nowych badaniach geometrycznych*.

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 Samuela Diksteina: *Metody rachunku różniczkowego bezwzględnej i ich zastosowania*.

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

Ludwig Silberstein
(1872-1948)

– polski fizyk-teoretyk –

- Ludwig Silberstein uzasadnił (1918), że teoria Einsteina prowadzi do absurdalnej konkluzji, którą Eddington nazwał paradoksem Silbersteina: **Jednorodne ciało może mieć tylko kształt kuli.** Powyższy wynik jest słuszny, jeżeli zaniedbać wewnętrzne ciśnienia, siły molekularne itp.

• L. Silberstein: *Bizarre conclusion derived from Einstein's gravitation theory.*

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **78** (05/1918) 465.

Dziwaczna konkluzja wynikająca z teorii grawitacji Einsteina.

• A. S. Eddington: *Silberstein's paradox and Einstein's theory.* The Observatory **41** (1918) 350-352.

• Ludwik Silberstein: *Boundary difficulties of Einstein's theory.* The Observatory **41** (1918) 380-383.

Artykuł ten jest repliką na krytyczne uwagi zawarte w pracy Eddingtona, dotyczącej paradoksu Silbersteina.



Czesław Białobrzewski
(1878-1953)

– polski fizyk-teoretyk –

- Czesław Białobrzewski zwrócił (1913) uwagę na rolę ciśnienia promieniowania w procesie równowagi termodynamicznej gazowych gwiazd.
- Jest autorem dwóch książek poświęconych TW.

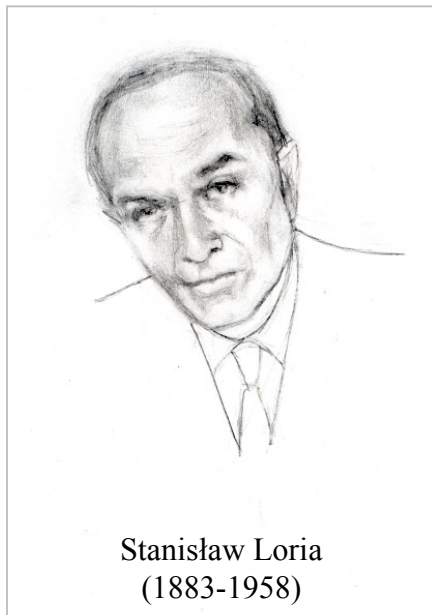
• Cz. Białobrzewski: *Sur l'équilibre thermodynamique d'une sphere gazeuse libre.*

Bulletin international de l'Académie des sciences de Cracovie, ser. A (1913) 264-290.

• Cz. Białobrzewski: *Wykłady popularno-naukowe o teorii względności.*

Trzaska, Evert i Michalski, Warszawa 1923. [VIII + 102 strony, 18 rysunków]

• Cz. Białobrzewski: *Teoria względności.* 1930. [Szósty tom dziesięciotomowego kursu fizyki teoretycznej]



– polski fizyk –

- Stanisław Loria jako pierwszy w Polsce spopularyzował problematykę teorii względności.

• Stanisław Loria: *Względność i grawitacja. Teoria A. Einsteina.*

Odczyty wygłoszone 24. listopada i 1. grudnia w gronie Członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie.
H. Altenberg, Lwów 1921. [93 strony, 6 rycin]

• Stanisław Loria: *Eter i materja.*

Wykład wygłoszony podczas inauguracji roku akademickiego w Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie dnia 1. marca 1921.
H. Altenberg, Lwów 1921. [15 stron]

– polscy fizycy-teoretycy –

- Jan Wirgiliusz Weyssenhoff i Antoni Raabe opracowali (1947) teorię relatywistycznych cząstek i cieczy spinowych (Weyssenhoff fluid).

Jan Wirgiliusz Weyssenhoff
(1889-1972)

- J. W. Weyssenhoff: *A Non-Radiating Motion of a Spinning Electron*. Nature **141** (1938) 328.
- J. W. Weyssenhoff and A. Raabe: *Relativistic Dynamics of Spin Fluids and Spin Particles*. Acta Physica Polonica **9** (1947) 7-18
- J. W. Weyssenhoff and A. Raabe: *Relativistic Dynamics of Spin Particle Moving with the Velocity of Light*. Acta Physica Polonica **9** (1947) 19-25.
- J. W. Weyssenhoff and A. Raabe: Acta Physica Polonica **9** (1947) 26-33.
- J. W. Weyssenhoff and A. Raabe: Acta Physica Polonica **9** (1947) 34.
- J. W. Weyssenhoff: *On Two Relativistic Models of Dirac's Electron*. Acta Physica Polonica **9** (1947) 46-53.

– polski fizyk-teoretyk –

- Myron Mathisson badał w ramach OTW równania ruchu cząstki posiadającej moment pędu (spin).

Myron Mathisson
(1897-1940)

- Myron Mathisson: *Die Beharrungsgesetze in der allgemeinen Relativitätstheorie*. Zeitschrift für Physik **67** (01/1931) 270.
- Myron Mathisson: *Die Mechanik des Materieteilchens in der allgemeinen Relativitätstheorie*. Zeitschrift für Physik **67** (02/1931) 826.
- Myron Mathisson: *Bewegungsproblem der Feldphysik und Elektronenkonstanten*. Zeitschrift für Physik **69** (05/1931) 389.
- Myron Mathisson: *Neue Mechanik materieller Systeme*. Acta Physica Polonica **6** (1937) 163-200.
- Myron Mathisson: *Das Zitterende Elektron und seine dynamik*. Acta Physica Polonica **6** (1937) 218-227.



– polski fizyk-teoretyk –

1898 - Urodził się 20 sierpnia w Krakowie.

1916/21 - Studiował na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie.

1923 - Studiował także w Berlinie.

- Doktoryzował się na Uniwersytecie Jagiellońskim u profesora W. Natansona.

1929/36 - Był starszym asystentem na Uniwersytecie Lwowskim.

1933/34 - Przebywał na stypendium w Cambridge.

1936/38 - Pracował w Instytucie Studiów Zaawansowanych w Princeton, gdzie współpracował z Einsteinem.

1938/50 - Był profesorem na Uniwersytecie w Toronto.

1950 - Został profesorem Uniwersytetu Warszawskiego.

1968 - Zmarł 15 stycznia w Warszawie.

Wyniki

- Opublikował ponad sto prac naukowych i ponad dziesięć książek.
- Leopold Infeld i Bartel L. van der Waerden wykorzystali (1933) rachunek spinorowy do opisu oddziaływania pola grawitacyjnego na wirujące cząstki.
- Albert Einstein, Leopold Infeld i Banesh Hoffmann opracowali (1938) aproksymacyjną metodę badania ruchu ciężkich ciał w ramach ogólnej teorii względności, nazywaną metodą EIH (Einstein-Infeld-Hoffmann).
- Jest autorem wielu prac o problemie ruchu w OTW.
- Badał promieniowanie grawitacyjne i strukturę jego źródeł.

Wybrane prace

- L. Infeld und Bartel L. van der Waerden: *Die Wellengleichung des Elektrons in der allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften [Physikalisch-mathematische Klasse] **9** (1933) 380-401.
- A. Einstein, L. Infeld, B. Hoffmann: *Gravitational Equations and Problems of Motion*. Annals of Mathematics **39** (January 1938) 65-100.
- L. Infeld: *Electromagnetic and Gravitational Radiation*. Physical Review **53**, 10 (05/1938) 836-841.
- A. Einstein, L. Infeld: *Gravitational Equations and the Problems of Motion. II*. Annals of Mathematics **41** (1940) 455-464.
- L. Infeld and P. R. Wallace: *The Equations of Motion in Electrodynamics*. Physical Review **57**, 9 (05/1940) 797-806.
- L. Infeld, A. Schild: *A Note on the Kepler Problem in a Space of Constant Negative Curvature*. Physical Review **67**, 3-4 (02/1945) 121-122.
- L. Infeld, A. Schild: *A New Approach to Kinematic Cosmology*. Physical Review **68**, 11-12 (12/1945) 250-272.
- L. Infeld, A. E. Schild: *A New Approach to Kinematic Cosmology (B)*. Physical Review **70**, 5-6 (09/1946) 410-425.
- A. Einstein, L. Infeld: *On the Motion of Particles in General Relativity Theory*. Canadian Journal of Mathematics **1** (1949) 209-241.
- L. Infeld and A. Schild: *On the Motion of Test Particles in General Relativity*. Reviews of Modern Physics **21**, 3 (July, 1949) 408-413.
- L. Infeld and J. Plebański: *On a Covariant Formulation of the Equations of Motion*. Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences Cl. III, Vol. IV, No. 11 (1956) 757-762.
- L. Infeld: *On Lagrangian in Special Relativity Theory*. Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences Cl. III, Vol. V, No. 5 (1957) 491-495. [Presented on March 14, 1957.]
- Leopold Infeld: *Equations of Motion in General Relativity Theory and the Action Principle*. Reviews of Modern Physics **29**, 3 (July, 1957) 398-411.

Książki

- L. Infeld: *Nowe drogi nauki. Kwanty i materja*. Mathesis Polska, Warszawa 1933.
- L. Infeld: *The World of Modern Science*. V. Gollancz, London 1934.
[Ze wstępem A. Einsteina]
- A. Einstein, L. Infeld: *Ewolucja fizyki. Rozwój poglądów od najdawniejszych pojęć do teorii względności i kwantów*. PWN, W-wa 1962.
Oryginał został wydany w 1938: *The Evolution of Physics. The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta*.
- L. Infeld: *Quest*. New York 1941.
Poszukiwanie. [Autobiografia]
- L. Infeld: *Wybrańcy bogów. Powieść o życiu Ewarysta Galois*. Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.
Oryginał: *Whom the Gods Love. The Story of Evariste Galois*. 1950.
- L. Infeld: *Albert Einstein. Jego dzieło i rola w nauce*. PWN, Warszawa 1984.
[Wydanie trzecie] [192 strony]
Oryginał: *Albert Einstein – his work and his influence on our world*. Charles Scribner's Sons, New York 1950.
- L. Infeld: *Moje wspomnienie o Einsteinie*. Iskry, Warszawa 1956.
[149 stron]
- L. Infeld and J. Plebanski: *Motion and Relativity*. Pergamon Press Oxford, London, New York, Paris & PWN Warszawa 1960.
[229 stron]
- L. Infeld: *Szkice z przeszłości – wspomnienia*. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1964, 1966.
[300 stron.]
- L. Infeld: *Kordian, fizyka i ja – wspomnienia*. Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa 1967.
[228 stron]
- L. Infeld: *W służbie cesarza i fizyki*. Warszawa 1968.

Bronisław Edward Średniawa
(1917-2014)

– polski fizyk-teoretyk i historyk fizyki –

- Bronisław Edward Średniawa podał (1947) relatywistyczne równania ruchu swobodnej cząstki dipolowej i kwadrupolowej.
- Badał (1980) relatywistyczne równania ruchu cząstki spinowej.

• B. E. Średniawa: *Relatywistyczne równania ruchu cząstki dipolowej i kwadrupolowej swobodnej*.

Praca doktorska, Uniwersytet Jagielloński, 1947. [Promotor: Jan Weysssenhoff]

• B. Średniawa: *Relativistic Equations of Motion of „Spin Particles”*. [in:]

Cosmology and Gravitation: Spin, Torsion, Rotation, and Supergravity. Edited by Peter G. Bergmann, and Venzo De Sabbata.

D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1980. NATO Advanced Study Institutes Series. Volume B 58, 1980. [Strona 423]

– polski fizyk-teoretyk –

- Antoni Raabe współpracował z Janem Wirgiliuszem Weysenhoffem nad teorią relatywistycznej cząstki spinowej.

Antoni Raabe
(-1942)

- J. W. Weysenhoff and A. Raabe: *Relativistic Dynamics of Spin Fluids and Spin Particles*. Acta Physica Polonica **9** (1947) 7-18
- J. W. Weysenhoff and A. Raabe: *Relativistic Dynamics of Spin Particle Moving with the Velocity of Light*. Acta Physica Polonica **9** (1947) 19-25.
- J. W. Weysenhoff and A. Raabe: Acta Physica Polonica **9** (1947) 26-33.
- J. W. Weysenhoff and A. Raabe: Acta Physica Polonica **9** (1947) 34.

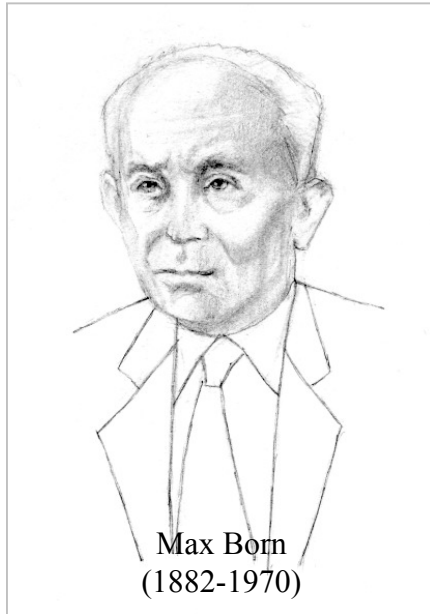
– polski fizyk-teoretyk –

- Józef Werle zastosował teorię względności w badaniach reakcji chemicznych i jądrowych.

Józef Werle
(1923-1998)

- J. Werle: *The Influence of Relativistic Corrections upon Singular Nuclear Potentials*. Physical Review **87**, 1 (07/1952) 159-160.
- J. Werle: *Relativistic partial wave expansions for multi-particle processes*. Physics Letters **4**, 2 (1963) 127-129.
- J. Werle: *Relativistic Polarization and Angular Correlations*. [in:] Scattering Theory: New methods and problems in atomic, nuclear, and particle physics. Edited by A. O.Barut. Gordon and Breach Publishers, New York 1969. [Strona 85]
- J. Werle: *Relativistic Theory of Reactions, Model-Independent Methods*. North Holland, 1966.

- BORN, Max (1882-1970)
- CARATHÉODORY, Constantin (1873-1950)
- HAUSDORF, Felix (1868-1942)
- JÜTTNER, Ferencz (1878-1958)
- KNESER, Adolf (1862-1930)
- KRONECKER, Leopold (1823-1891)
- LIPSCHITZ, Rudolf Otto Sigismund (1832-1903)
- LORIA, Stanisław (1883-1958)
- NEUMANN, Ernst Richard (1875-1955)
- SCHRÖDINGER, Erwin (1887-1961)



– niemiecko-brytyjski fizyk-teoretyk –

- Max Born urodził się 11 grudnia 1882 we Wrocławiu.
- Studiował (1901-1904) na uniwersytetach we Wrocławiu, Heidelbergu, Zurychu oraz Getyndze.
- Rozwinął (1909-1910) relatywistyczną teorię bryły sztywnej.
- Jest autorem ciekawej książki o teorii względności.

Wybrane prace

- Max Born: *Über die Dynamik des Electrons in der Kinematik des Relativitätsprinzips.* Physikalische Zeitschrift **10**, 22 (10. November 1909) 814-817.
- Max Born: *Die Theorie des starren Elektrons in der Kinematik des Relativitätsprinzips.* Annalen der Physik **30**, 11 (1909) 1-56.
- Max Born: *Berichtigung zu der Arbeit: Die Theorie des starren Elektrons in der Kinematik des Relativitätsprinzips.* Annalen der Physik **30**, 14 (1909) 840-840.
- M. Born: *Über die Definition des starren Körpers in der Kinematik des Relativitätsprinzips.* Physikalische Zeitschrift **11**, 6 (15. März 1910) 233-234.
- M. Born: *Eine Ableitung der Grundgleichungen für die elektromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern vom Standpunkte der Elektronentheorie. Aus dem Nachlaß von Hermann Minkowski.* Mathematische Annalen **68** (1910) 526-551.
- M. Born, L. Infeld: *Foundations of the new field theory.* Proceedings of the Royal Society of London A **144** (1934) 425-451.
- M. Born: *A suggestion for unifying quantum theory and relativity.* Proceedings of the Royal Society of London A **165**, 921 (5 April 1938) 291-303.
- M. Born: *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen.* Julius Springer, Berlin 1920. [X + 242 strony, 129 ilustracji, portret Einsteina]
- Max Born: *Ausgewählte Abhandlungen.* Göttingen 1963. [2 tomy]

Relatywiści związani z Wrocławiem – Constantin Carathéodory 84

Constantin Carathéodory
(1873-1950)

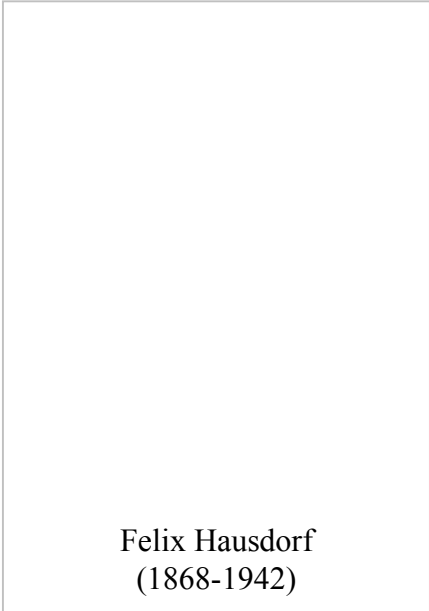
– grecki matematyk –

- Constantin Carathéodory był (1910-1913) profesorem nowo otwartej Królewskiej Wyższej Szkoły Technicznej we Wrocławiu.
- Sformułował (1924) aksjomatykę Szczególnej Teorii Względności.
- W budynku Instytutu Matematyki Politechniki Wrocławskiej znajduje się marmurowa tablica poświęcona Constantinowi Carathéodory'emu. Odsłonięto ją 13 września 2003.

• C. Carathéodory: *Zur Axiomatik der speziellen Relativitätstheorie.*

Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften [Physikalisch-mathematische Klasse] (1924) 12-27.

[Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse vom 14. Februar 1924]



Felix Hausdorff
(1868-1942)

– niemiecki matematyk –

- Felix Hausdorff urodził się 8 listopada 1868 we Wrocławiu.
- Zajmował się topologią, sformułował teorie przestrzeni topologicznych i metrycznych.
- Badał również teorię zbiorów, wprowadził pojęcie zbioru częściowo uporządkowanego.

• F. Hausdorff: *Grundzüge der Mengenlehre*. Leipzig 1914.

Podstawy teorii mnogości.

• F. Hausdorff: *Mengenlehre*. Von Veit, Leipzig 1927.

Teoria mnogości.

Ferencz Jüttner
(1878-1958)

– niemiecki matematyk –

- Ferencz Jüttner pracował na Uniwersytecie Wrocławskim.
- Po doktoracie przebywał w Berlinie u Maxa Plancka.
- Badał (1911) relatywistyczną dynamikę gazów.
- Podał (1911) relatywistyczną modyfikację rozkładu Maxwella dla cząsteczek gazu doskonałego.

- Ferencz Jüttner: *Das Maxwellsche Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung in der Relativtheorie*. Annalen der Physik **34**, 5 (1911) 856-882. [Wysłana z Berlina 30 stycznia 1911.]
- Ferencz Jüttner: *Die Dynamik eines bewegten Gases in der Relativtheorie*. Annalen der Physik **35**, 6 (1911) 145-161. [Wysłana z Wrocławia (Breslau) 15 kwietnia 1911.]

Adolf Kneser
(1862-1930)

– niemiecki matematyk –

- Adolf Kneser kierował (1905-1928) katedrą matematyki we Wrocławiu.
- Zmarł 24 stycznia 1930 we Wrocławiu.
- Opublikował (1916/1917) książkę:
Relativitätstheorie.

Leopold Kronecker
(1823-1891)

– niemiecki matematyk –

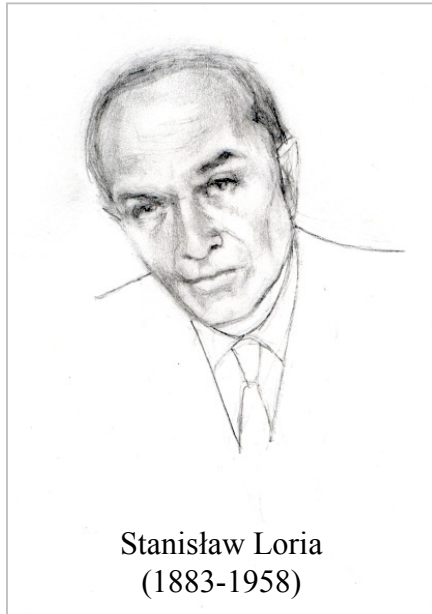
- Leopold Kronecker studiował (1841-1845) matematykę na Uniwersytecie w Berlinie oraz w semestrze letnim 1843 w Bonn, następnie dwa semestry we Wrocławiu, i w semestrze zimowym 1845 znowu w Berlinie.
- Wprowadził (1866) bardzo użyteczną funkcję, zwaną deltą Kroneckera.

Rudolf Otto Sigismund
Lipschitz
(1832-1903)

– niemiecki matematyk –

- Rudolf Otto Sigismund Lipschitz został w 1862 profesorem nadzwyczajnym we Wrocławiu.
- Badał własności podrozmaitości Riemanna V_m o wymiarze m w rozmaitości Riemanna V_n o wymiarze $n > m$.
- 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.



– polski fizyk –

- Stanisław Loria studiował (1907-1910) na uniwersytetach we Wrocławiu, Getyndze i Berlinie.
- Był (1946-1951) profesorem Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Jako pierwszy w Polsce spopularyzował problematykę teorii względności.

• Stanisław Loria: *Względność i grawitacja. Teoria A. Einsteina.*

Odczyty wygłoszone 24. listopada i 1. grudnia w gronie Członków Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie. H. Altenberg, Lwów 1921. [93 strony, 6 rycin]

• Stanisław Loria: *Eter i materja.*

Wykład wygłoszony podczas inauguracji roku akademickiego w Uniwersytecie Jana Kazimierza we Lwowie dnia 1. marca 1921. H. Altenberg, Lwów 1921. [15 stron]

Relatywiści związani z Wrocławiem – Ernst Richard Neumann 91

Ernst Richard Neumann
(1875-1955)

– niemiecki matematyk i fizyk-teoretyk –

- Ernst Richard Neumann był (1901-1905) profesorem nadzwyczajnym fizyki matematycznej na Uniwersytecie Wrocławskim.
- Opublikował (1922) książkę *Vorlesungen zur Einführung in die Relativitätstheorie* (Wykłady wprowadzające do teorii względności).



Erwin Schrödinger
(1887-1961)

– austriacki fizyk-teoretyk –

- Erwin Schrödinger wykładał między innymi również we Wrocławiu.
- Zajmował się teorią względności i jednolitą teorią pola.
- Jest jednym z twórców mechaniki kwantowej, pierwsze prace poświęcone tej teorii opublikował w 1926.
- Otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki w 1933.

Wybrane prace

- Erwin Schrödinger: *Die Energiekomponenten des Gravitationsfeldes*.
Physikalische Zeitschrift **19**, 1 (1. Januar 1918) 4-7.
- Erwin Schrödinger: *Über ein Lösungssystem der allgemein kovarianten Gravitationsgleichungen*.
Physikalische Zeitschrift **19**, 2 (15. Januar 1918) 20-22.
- E. Schrödinger: *Die Erfüllbarkeit der Relativitätsforderung in der klassischen Mechanik*.
Annalen der Physik **77**, 11 (1925) 325-336.
- E. Schrödinger: *Michelsonscher Versuch und Relativitätstheorie*.
Neue Zürcher Zeitung (10. September 1925).
- E. Schrödinger: *Über die kräftefreie Bewegung in der relativistischen Quantenmechanik*.
Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften [Physikalisch-mathematische Klasse] (1930) 418-428.
- E. Schrödinger: *Spezielle Relativitätstheorie und Quantenmechanik*.
Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften [Physikalisch-mathematische Klasse] **12** (1931) 238-247.
[Gesamtsitzung vom 16. April 1931]
- E. Schrödinger: *Sur la théorie relativiste de l'électron et l'interprétation de la mécanique quantique*.
Annales de l'Institut Henri Poincaré **2**, 4 (1932) 269-310.
- E. Schrödinger: *L'électron de Dirac dans la théorie de la relativité générale*. [in:]
Comptes Rendus du Congrès International d'Électricité Paris 1932 (Première Section) 581-591.
Gauthier-Villars, Paris 1933.
- E. Schrödinger: *Nature of the Nebular Red-Shift*.
Nature **144** (1939) 593.
- E. Schrödinger: *The proper vibrations of the expanding universe*.
Physica **6** (1939) 899-912.
- E. Schrödinger: *Maxwell's and Dirac's Equations in the Expanding Universe*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **46 A** (1940) 25-47.
- E. Schrödinger: *The General Theory of Relativity and Wave Mechanics*.
Wis-en natuurkundig Tijdschrift **10** (1940) 2-9.
- E. Schrödinger: *La structure de l'Univers en relation avec la structure corpusculaire*.
Bulletin de la Société Philomathique de Paris **123** (1941) 26-30.

Wybrane prace

- E. Schrödinger: *The General Unitary Theory of the Physical Fields*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **49 A** (1943) 43-58.
- E. Schrödinger: *The Earth's and the Sun's Permanent Magnetic Fields in the Unitary Field Theory*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **49 A** (1943) 135-148.
- E. Schrödinger: *The Point Charge in the Unitary Field Theory*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **49 A** (1944) 225-235.
- E. Schrödinger: *Unitary Field Theory: Conservation Identities and Relation to Weyl and Eddington*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **49 A** (1944) 237-244.
- E. Schrödinger: *The Union of the three Fundamental Fields (Gravitation, Meson, Electromagnetism)*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **49 A** (1944) 275-287.
- E. Schrödinger: *The Affine Connexion in Physical Field Theories*.
Nature **153** (1944) 572-575.
- E. Schrödinger: *On Distant Affine Connection*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **50 A** (1945) 143-154.
- E. Schrödinger, F. Mautner: *Infinitesimal Affine Connections with Twofold Einstein-Bargmann Symmetry*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **50 A** (1945) 223-231.
- E. Schrödinger: *The General Affine Field Laws*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **51 A** (1946) 41-50.
- E. Schrödinger: *Affine Feldtheorie und Meson*.
Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft **126** (1946) 53-61.
- E. Schrödinger: *The relation between Metric and Affinity*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **51 A** (1947) 147-150.
- E. Schrödinger: *The Final Affine Field Laws I*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **51 A** (1947) 163-171.
- E. Schrödinger: *The Final Affine Field Laws II*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **51 A** (1948) 205-216.
- E. Schrödinger: *The Final Affine Field Laws III*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **52 A** (1948) 1-9.

Wybrane prace

- E. Schrödinger: *On the Differential Identities of an Affinity*.
Proceedings of the Royal Irish Academy **54 A** (1951) 79-85.
- E. Schrödinger: *Studies in the Non-Symmetric Generalization of the Theory of Gravitation*.
Communications of the Dublin Institute for Advanced Studies (Series A) **6** (1951) 28.
- E. Schrödinger, O. Hittmair: *Studies in the Generalized Theory of Gravitation II: The Velocity of Light*.
Communications of the Dublin Institute for Advanced Studies (Series A) **8** (1951) 15.
- E. Schrödinger: *The General Theory of Relativity and Wave Mechanics*.
Scientific Papers Presented to Max Born. Oliver & Boyd, Edinburgh 1953. [Strony 65-74]
- E. Schrödinger: *Relativistic Quantum Theory*.
The British Journal for the Philosophy of Science **4** (1954) 328-329. [Extract from a private letter]
- E. Schrödinger: *Space-Time Structure*.
Cambridge University Press, Cambridge 1950. [VIII + 120 stron]

- NOETHER, Amalie Emmy (1882-1935)
- GOEPPERT MAYER, Maria (1906-1972)
- ADAM, Madge Gertrude (1912-2001)
- TONNELAT, Marie-Antoinette (1912-1980)
- BURBIDGE, Eleanor Margaret (ur. 1919)
- AMES, Adelaide (-1932)
- BRUNINGS, Johanna Hildegonda Margaretha



Amalie Emmy Noether
(1882-1935)

– niemiecka matematyczka –

1882 - Urodziła się 23 marca w Erlangen.

1900/02 - Studiowała bez matrykulacji matematykę w Erlangen.

1903 - Studiowała bez matrykulacji matematykę w Getyndze.

1904 - Uzyskała pozwolenie na matrykulację na Uniwersytecie w Erlangen.

1907 - Doktoryzowała się na Uniwersytecie w Erlangen.

- Pracowała jako wolontariuszka w Instytucie Matematyki Uniwersytetu w Erlangen.

1915 - Hilbert zaprosił ją do Getyngi.

- Pracowała jako wolontariuszka w Instytucie Matematyki Uniwersytetu w Getyndze.



Amalie Emmy Noether
(1882-1935)

1919 - Habilitowała się w Getyndze.

1922 - Otrzymała tytuł nieoficjalnego profesora nadzwyczajnego (nichtbeamteter ausserordentlicher Professor) w Getyndze, umożliwiającą jej prowadzenie wykładów.

1928/29 - Wykładała w Moskwie.

1930 - W semestrze letnim wykładała we Frankfurcie.

1933 - Wyemigrowała w październiku do Stanów Zjednoczonych. Została zatrudniona w Bryn Mawr College oraz w Instytucie Studiów Zaawansowanych w Princeton.

1935 - Zmarła 14 kwietnia w Bryn Mawr (Pensylwania) z powodu komplikacji po operacji.

Wyniki

- Udowodniła (1918) twierdzenie wiążące zasady zachowania w fizyce z zasadami symetrii (twierdzenie Noether).
 - Zasada zachowania energii wynika z jednorodności czasu.
 - Zasada zachowania pędu wynika z jednorodności przestrzeni.
 - Zasada zachowania momentu pędu wynika z izotropowości przestrzeni.
- Stworzyła algebrę abstrakcyjną badającą ciała, pierścienie, ideały, itp.
- Wprowadziła (1933) algebry nieprzemienne.

• E. Noether: *Invarianten beliebiger Differentialausdrücke*.

Nachrichten [von der Königlich Gesellschaft der Wissenschaften zu] Göttingen [Mathematisch-physikalische Klasse] (1918) 37-44.
[Vorgelegt in der Sitzung vom 25. Januar 1918.]

• E. Noether: *Nichtkommutative Algebren*.

Mathematische Zeitschrift **37** (1933) 514-541.

Ciekawostki

- Ojcem Emmy był Max Noether (1844-1921), znany matematyk niemiecki, rektor Uniwersytetu w Erlangen.
- Jego córka, zgodnie z ówczesnie panującym prawem, mogła studiować w latach (1900-1903) jedynie bez matrykulacji, uczęszczając jako “wolna słuchaczka” na wykłady z lingwistyki i matematyki.
- W 1904 przyznano kobietom prawo do studiowania na uniwersytetach.
- W 1919 przyznano kobietom prawo do habilitacji.

Maria Goeppert-Mayer
(1906-1972)

– niemiecko-amerykańska fizyk-teoretyk –

- Maria Goeppert-Mayer i Edward Teller opublikowali (1949) pracę *On the Origin of Elements*.
- Była drugą kobietą, która otrzymała Nagrodę Nobla z fizyki (1963).

– angielska astronom (solar astronomer) –

- Madge Gertrude Adam poczynając od 1948 badała einsteinowskie przesunięcie grawitacyjne słonecznych linii widmowych, publikując wyniki w latach 1948, 1952, 1955, 1958, 1959.

Madge Gertrude Adam
(1912-2001)

- M. G. Adam: *Interferometric Measurements of Solar Wave-lengths and an investigation of the Einstein Gravitational Displacement*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **108** (1948) 446-464.
- M. G. Adam: *Interferometric measurements of wave-lengths. I. Development of the method of channels and its application at 5080 Å and 6020 Å*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **112** (1952) 546-569.
- M. G. Adam: *Interferometric measurements of wave-lengths. II. Measurements at 6500 Å and a general discussion of the solar red shift*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **115** (1955) 405-421.
- M. G. Adam: *Interferometric measurements of wave-lengths. III. A note on observational technique in the method of circular channels*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **115** (1955) 422-426.
- M. G. Adam, S. Nichols: *Interferometric measurements of wave-lengths. IV. The accuracy of measured wave-lengths*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **118** (1958) 97-105.
- M. G. Adam: *Interferometric measurements of wave-lengths. V. The radial current interpretation of solar red shifts*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society **118** (1958) 106-116.
- Madge G. Adam: *The observational tests of gravitation theory*. Proceedings of the Royal Society of London A **270**, 1342 (11/1962) 297-304.

Marie-Antoinette Tonnelat
(1912-1980)

– francuska fizyk-teoretyk i historyk nauki –

Wybrane artykuły

- *Les espoirs et les difficultés de la théorie du champ unifié d'Einstein.* 1962.
- *Les frequences en relativité générale.* 1964.
- *Définition et rôle d'une énergie gravitationnelle dans les théories minkowskiennes du champ de gravitation.* 1965.
- *Les vérifications expérimentales de la relativité générale.* 1965/1966.
- *From the photon to the graviton and to a general theory of corpuscular waves.* 1976.
- *Event horizon and scalar potential.* 1977. [Współautor: J-P. Duruisseau]

Wybrane książki

- *Une nouvelle forme de théorie unitaire: la particule de spin 2.* 1942.
- *La théorie du champ unifié d'Einstein et quelques-uns de ses développements.* 1955.
- *Les principes de la théorie électromagnétique et de la relativité.* 1959.
- *Les vérifications expérimentales de la relativité générale.* 1964.
- *Les théories unitaires de l'électromagnétisme et de la gravitation.* 1965.
- *Einstein's Unified Field Theory.* 1966.
- *Histoire du principe de relativité.* 1971.

Eleanor Margaret Burbidge
(ur. 1919)

– brytyjska astronom –

- Eleanor Margaret Burbidge jest współautorką (1957) pracy B²FH o syntezie pierwiastków w gwiazdach.
- Badała widma, obroty, masy i chemiczny skład galaktyk.
- Prowadziła spektroskopowe badania kwazarów.

Adelaide Ames
(-1932)

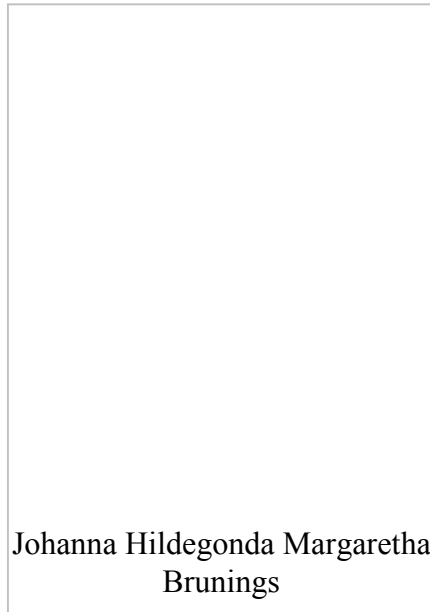
- Amerykański astronom Harlow Shapley i amerykańska astrofizyczka Adelaide Ames opublikowali (1932) katalog jasności galaktyk.
- Zaproponowali w 1926 nazwę **gromada** dla skupiska jasnych spiralnych mgławic.
- Gromady składają się z mgławic, mgławice – z galaktyk, galaktyki – z gwiazd.

• Harlow Shapley & Adelaide Ames: *A Study of a Cluster of Bright Spiral Nebulae*.

Harvard College Observatory Circular **294** (04/1926) 1-8.

• Harlow Shapley & Adelaide Ames: *A Survey of the External Galaxies Brighter than the Thirteenth Magnitude*.

Annals of Harvard College Observatory **88**, 2 (1932) 41-75.



– holenderska fizyczka –

- Johanna Hildegonda Margaretha Brunings doktoryzowała się w Lejdzie w 1938.
- Peter G. Bergmann i Johanna H. Brunings opublikowali (1949) pracę *Non-Linear Field Theories II. Canonical Equations and Quantization*.

- BOLYAI
- BRILLOUIN
- MINKOWSKI
- NOETHER
- PAULI
- SCHWARZSCHILD
- SZEKERES
- WITTEN

János Bolyai
(1802-1860)

- János Bolyai – węgierski matematyk – odkrył (1832) geometrię nieeuklidesową.
- Farkas Bolyai (1775-1856) – ojciec Jánosa – był również węgierskim matematykiem.



Léon Nicolas Brillouin
(1889-1969)

- Léon Nicolas Brillouin – francusko-amerykański fizyk-teoretyk – opublikował książkę *Relativity reexamined*.
- Marcel Louis Brillouin (1854-1948) – ojciec Léona – był francuskim fizykiem-teoretykiem, badał (1922-1923) osobliwości w próżniowym rozwiązaniu Schwarzschilda.
- Éleuthère Mascart (1837-1908) – dziadek Léona ze strony matki – był francuskim fizykiem.



Hermann Minkowski
(1864-1909)

- Hermann Minkowski – niemiecki matematyk i fizyk – był strykiem Rudolpha Leo Bernharda Minkowskiego (1895-1976), znanego astronoma.
- Ojcem Rudolpha był Oskar Minkowski (1858-1931), profesor patologii, który odkrył, że przyczyną cukrzycy jest brak pewnej substancji wydzielanej przez trzustkę (insuliny).



- Amalie Emmy Noether była niemiecką matematyczką.
- Max Noether (1844-1921) – ojciec Emmy – był znanym matematykiem niemieckim, rektorem Uniwersytetu w Erlangen.



Wolfgang Pauli
(1900-1958)

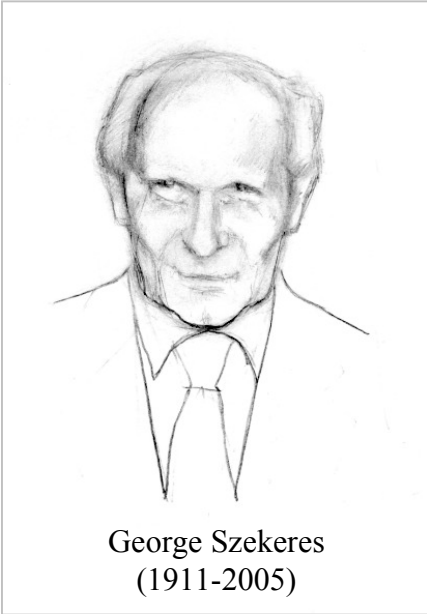
- Wolfgang Pauli był szwajcarskim fizykiem-teoretykiem pochodzenia austriackiego, laureatem Nagrody Nobla z fizyki w 1945.
- Jest autorem 246 stronicowej monografii na temat Teorii Względności zamieszczonej w Encyklopedii Nauk Matematycznych w 1921.
- A. Einstein i W. Pauli opublikowali w 1943 pracę: *Nieistnienie regularnych stacjonarnych rozwiązań relatywistycznych równań pola.*
- Ojciec Pauliego był profesorem chemii na Uniwersytecie Wiedeńskim, na imię miał również Wolfgang, i dlatego jego syn swoje wczesne prace podpisywał jako Wolfgang Pauli, Jr.

• A. Einstein, W. Pauli: *Non-existence of Regular Stationary Solutions of Relativistic Field Equations.* Annals of Mathematics **44** (1943) 131-137.

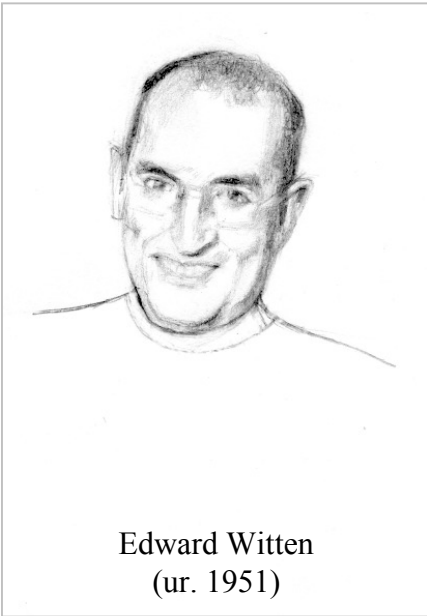


Karl Schwarzschild
(1873-1916)

- Karl Schwarzschild był niemieckim astronomem i fizykiem.
- Martin Schwarzschild (1912-1977) – syn Karla – był niemieckim astrofizykiem, badał strukturę i ewolucję gwiazd, w tym między innymi gwiazdy pulsujące i dynamikę galaktyk eliptycznych.



- George Szekeres był australijskim matematykiem, zaproponował (1960) układ współrzędnych pozwalający pozbyć się pozornych osobliwości związanych z metryką Schwarzschilda.
- Peter Szekeres – syn George’a – jest znanym fizykiem-teoretykiem.



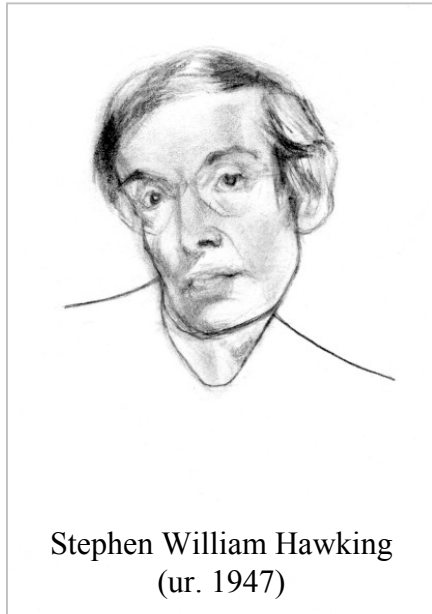
- Edward Witten jest amerykańskim fizykiem-teoretykiem.
- Louis Witten (ur. 1921) – ojciec Edwarda – jest również amerykańskim fizykiem-teoretykiem.



Stephen William Hawking
(ur. 1947)



Edward Witten
(ur. 1951)



– brytyjski fizyk-teoretyk i kosmolog –

1942 - Urodził się 8 stycznia w Oxfordzie.

1959/65 - Studiował w University College w Oxfordzie i w Trinity Hall w Cambridge.

1965/69 - Był pracownikiem naukowym w Gonville College oraz Caius College w Cambridge.

- Był asystentem Rogera Penrose'a.

1966 - Doktoryzował się w Cambridge.

1972/73 - Był pomocniczym pracownikiem naukowym w Instytucie Astronomii w Cambridge.

1973/75 - Był pomocniczym pracownikiem naukowym w Instytucie Matematyki Stosowanej i Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Cambridge.

1974 - Został przyjęty do Towarzystwa Królewskiego.

1975/77 - Był starszym wykładowcą fizyki grawitacyjnej.

1977/79 - Był profesorem fizyki grawitacyjnej w Cambridge.

1979 - Został profesorem (Lucasian Professor) matematyki w Trinity College.

1984 - Został członkiem zagranicznym American Academy of Arts and Sciences.

1986 - Został członkiem Papieskiej Akademii Nauk.

O życiu Hawkinga nakręcono w 2014 film fabularny po tytule „The Theory of Everything” (Teoria Wszystkiego).

Dramat Hawkinga

- Hawking choruje na stwardnienie zanikowe boczne. Porusza na wózku inwalidzkim, a porozumiewa przy pomocy syntezy mowy.

Tematyka badawcza

- Osobliwości w czasoprzestrzeni
- Wielkoskalowa struktura Wszechświata
- Strzałka czasu
- Własności czarnych dziur z punktu widzenia ogólnej teorii względności i mechaniki kwantowej
- Termodynamika czarnych dziur
- Promieniowanie czarnych dziur
- Funkcja falowa Wszechświata
- Inflacja
- Kosmologia kwantowa
- Teoria strun

Wybrane wyniki

- S. W. Hawking i R. Penrose przedstawili (1970) hipotezę, że Wszechświat powstał z osobliwości.
- Wykazał (1975), że czarne dziury mogą emitować promieniowanie korpuskularne (promieniowanie Hawkinga).
- Sformułował (1976) drugą zasadę termodynamiki dla czarnych dziur.
- Wprowadził (1983) pojęcie funkcji falowej Wszechświata.

Tytuły wybranych prac, których autorem lub współautorem jest Stephen William Hawking

- *Occurrence of Singularities in Open Universes.* 1965.
- *Singularities in the Universe.* 1966.
- *The Occurrence of Singularities in Cosmology.* 1966.
- *The Occurrence of Singularities in Cosmology. II.* 1966.
- *The Occurrence of Singularities in Cosmology. III.* 1967.
- *Singularities in Collapsing Stars and Expanding Universes.* 1969.
- *The Existence of Cosmic Time Function.* 1969.
- *The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology.* 1970.
- *The four laws of black hole mechanics.* 1973.
- *Black hole explosions.* 1974.
- *Particle creation by black holes.* 1975.
- *Breakdown of predictability in gravitational collapse.* 1976.
- *Path integral derivation of black hole radiance.* 1976.
- *Black holes and thermodynamics.* 1976.

-
- *Cosmological event horizons, thermodynamics, and particle creation.* 1977.
 - *Zeta function regularization of path integrals in curved space-time.* 1977.
 - *Action integrals and partition functions in quantum gravity.* 1977.
 - *Gravitational instantons.* 1977.
 - *Path integrals and the indefiniteness of the gravitational action.* 1978.
 - *The path-integral approach to quantum gravity.* 1979.
 - *Supercooled phase transitions in the very early universe.* 1982.
 - *The development of irregularities in a single bubble inflationary universe.* 1982.
 - *The unpredictability of quantum gravity.* 1982.
 - *Wave function of the universe.* 1983.
 - *Thermodynamics of black holes in anti-de Sitter space.* 1983.
 - *Fluctuations in the inflationary universe.* 1983.

-
- *The quantum state of the universe.* 1984.
 - *The cosmological constant is probably zero.* 1984.
 - *The origin of structure in the universe.* 1985.
 - *Wormholes in space-time.* 1988.
 - *The arrow of time in cosmology.* 1985.
 - *Entropy, area, and black hole pairs.* 1995.
 - *The gravitational hamiltonian, action, entropy and surface terms.* 1996.

Wybrane książki

- S. W. Hawking and G. F. R. Ellis: *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge University Press, Cambridge 1973.

Wielkoskalowa struktura czasoprzestrzeni.

- S. W. Hawking: *A Brief History of Time*. Bantam Books, Toronto 1988.

Istnieje polski przekład:

- *Krótką historia czasu*. Zysk i S-ka 1996.

- Stephen W. Hawking: *Black Holes and Baby Universes and Other Essays*. Bantam, 1993.

Istnieje polski przekład:

- *Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce*. Zysk i S-ka, 1997.

- S. W. Hawking and R. Penrose: *The Nature of Space and Time*.

Princeton University Press, Princeton 1996.

Istnieje polski przekład:

- *Natura czasu i przestrzeni*. Zysk i S-ka, 1996.

- Stephen Hawking: *The Universe in a Nutshell*. Bantam, 2001.

Istnieje polski przekład:

- *Wszechświat w skorupce orzecha*. Zysk i S-ka, Poznań 2003.

- Stephen W. Hawking: *The Theory of Everything: The Origin and Fate of the Universe*. New Millennium Pres, 2002.

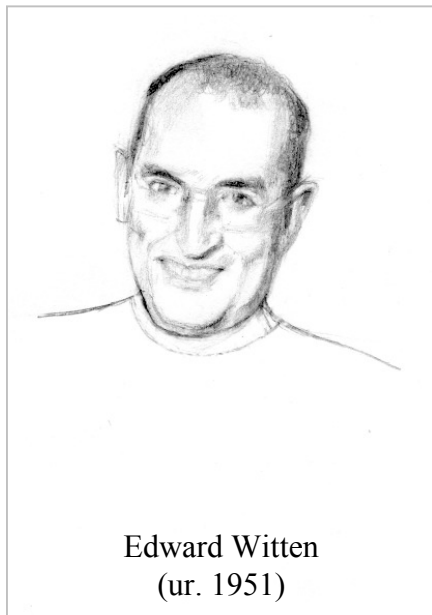
Istnieje polski przekład:

- *Teoria wszystkiego: Powstanie i losy Wszechświata*. Zysk i S-ka 2004.

- Stephen William Hawking (Editor), Kip S. Thorne, Igor Novikov, Timothy Ferris, Alan Lightman, Richard Price: *The Future of Spacetime*. W. W. Norton & Company, 2002.

Istnieje polski przekład:

- *Przyszłość czasoprzestrzeni*. Zysk i s-ka Wydawnictwo, Poznań 2002.



– amerykański fizyk-teoretyk –

1951 - Urodził się 26 sierpnia w Baltimore.

1971 - Ukończył Brandeis University.

1974 - Ukończył Princeton University.

1976 - Doktoryzował się na Princeton University.

1980/87 - Był profesorem fizyki na Princeton University.

1984 - Został członkiem American Academy of Arts and Sciences.

1987 - Został profesorem w Instytucie Studiów Zaawansowanych.

1988 - Został członkiem National Academy of Sciences.

Wybrane wyniki

- Rozwinął teorię Kaluzy-Kleina.
- Dokonał istotnego wkładu do teorii pól supersymetrycznych.
- Jest współtwórcą teorii strun.

Ciekawostki

- W rankingu najbardziej cytowanych fizyków (z ponad 500000 badanych) w okresie od 1981 do czerwca 1997 zajmował pierwsze miejsce z liczbą 23235 cytatów.
- Według bazy SPIRES HEP jego prace były cytowane aż 65435 razy (maj 2004).
- Edward Witten jest synem Louisa Wittena (również fizyka).

Tytuły prac, których autorem lub współautorem jest Edward Witten

001. *Some Problems in the Short Distance Analysis of Gauge Theories.* 1976.
002. *Heavy quark contributions to deep inelastic scattering.* 1976.
003. *Some Exact Multipseudoparticle Solutions of Classical Yang-Mills Theory.* 1977.
004. *Anomalous cross section for photon-photon scattering in gauge theories.* 1977.
005. *Short distance analysis of weak interactions.* 1977.
006. *Supersymmetric form of the nonlinear σ model in two dimensions.* 1977.
007. *S matrix of the supersymmetric nonlinear σ model.* 1978.
008. *An interpretation of classical Yang-Mills theory.* 1978.
009. *The S-matrix of the kinks of the $(g\psi)^2$ model.* 1978.
010. *Some properties of the $(\psi\psi)^2$ model in two dimensions.* 1978.

-
011. *Supersymmetry algebras that include topological charges.* 1978.
012. *Chiral symmetry, the $1/N$ expansion and the $SU(N)$ thirring model.* 1978.
013. *Instantons, the quark model, and the $1/N$ expansion.* 1979.
014. *A slowly moving particle in a two-dimensional magnetic field.* 1979.
015. *Current algebra theorems for the $U(1)$ „Goldstone boson”.* 1979.
016. *Diagrammatic analysis of some contributions to the $\Delta I=12$ rule.* 1979.
017. *Dyons of charge $e\theta/2\pi$.* 1979.
018. *Baryons in the $1/N$ expansion.* 1979.
019. *Chiral estimate of the electric dipole moment of the neutron in quantum chromodynamics.* 1979.
020. *Possible third-order phase transition in the large- N lattice gauge theory.* 1980.

-
021. *Neutrino masses in the minimal $O(10)$ theory.* 1980.
022. *Conservation laws in some two-dimensional models.* 1980.
023. *Erratum: Chiral estimate of the electric dipole moment of the neutron in quantum chromodynamics. [Phys. Lett. **88B** (1979) 123].* 1980.
024. *Chiral-Symmetry Breakdown in Large- N Chromodynamics.* 1980.
025. *Large N chiral dynamics.* 1980.
026. *Galaxy Formation With Massive Neutrinos.* 1980.
027. *Limits on massless particles.* 1980.
028. *Cosmological consequences of a light Higgs boson.* 1981.
029. *Dynamical properties of antisymmetric tensor fields.* 1981.
030. *Search for a realistic Kaluza-Klein theory.* 1981.
031. *A new proof of the positive energy theorem.* 1981.
032. *Dynamical breaking of supersymmetry.* 1981.
033. *Mass hierarchies in supersymmetric theories.* 1981.

-
034. *The formation of galaxies from massive neutrinos.* 1981.
035. *Instability of the Kaluza-Klein vacuum.* 1982.
036. *Constraints on supersymmetry breaking.* 1982.
037. *Quantization of Newton's constant in certain supergravity theories.* 1982.
038. *Instantons and (super-) symmetry breaking in (2+1) dimensions.* 1982.
039. *An SU(2) anomaly.* 1982.
040. *The gauge invariant supersymmetric nonlinear sigma model.* 1982.
041. *New ideas about neutrino masses.* 1983.
042. *Positive Energy and Kaluza-Klein Theory.* 1983.
043. *Matter couplings in $N = 2$ supergravity.* 1983.
044. *Global aspects of current algebra.* 1983.
045. *Current algebra, baryons, and quark confinement.* 1983.
046. *Non-abelian bosonization in two dimensions.* 1983.

-
- 047. *Static properties of nucleons in the Skyrme model.* 1983.
 - 048. *Some Inequalities among Hadron Masses.* 1983.
 - 049. *Positive energy and Kaluza-Klein theory.* 1985

Tytuły pozostałych prawie 300 prac Edwarda Wittena zainteresowani
Czytelnicy znajdą na stronie:
<http://www.sns.ias.edu/~witten/>

Teoria Względności



Zbigniew Osiak

Kulisy

09