

# Fizyka mało znana



Zbigniew Osiak

**Doświadczenia  
myślowe  
i rozstrzygające**

**06**

## **ORCID**

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>

## **OZNACZENIA**

**B** – notka biograficzna

**C** – ciekawostka

**D** – propozycja wykonania doświadczenia

**H** – informacja dotycząca historii fizyki

**I** – adres strony internetowej

**K** – komentarz

**P** – przykład

**U** – uwaga

**Zbigniew Osiak** (Tekst)

**FIZYKA MAŁO ZNANA**

Doświadczenia  
myślowe rozstrzygające

**Małgorzata Osiak** (Ilustracje)

© Copyright 2014 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: 978-83-272-4257-0

e-mail: [zbigniew.osiak@gmail.com](mailto:zbigniew.osiak@gmail.com)

“*Fizyka mało znana – Doświadczenia myślowe i rozstrzygające*” zawiera pomocnicze materiały 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: *Elektryczność*. Self Publishing (2011).
- 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 (2011).
- Z. Osiak: *Encyklopedia Fizyki*. Self Publishing (2012).
- Z. Osiak: *Zadania Problemowe z Fizyki*. Self Publishing (2011).

Seminarium

---

# FIZYKA MAŁO ZNANA

Doświadczenia  
myślowe i rozstrzygające

**dr Zbigniew Osiak**

Portrety i rysunki wykonała

**Małgorzata Osiak**

## **Doświadczenia myślowe**

- Doświadczenie myślowe
- Demon Maxwella
- Kot Schrödingera

## **Doświadczenia rozstrzygające**

- Doświadczenie rozstrzygające
- Ruchy Browna
- Doświadczenie Younga
- Doświadczenie Fizeau
- Doświadczenie Foucaulta
- Doświadczenie Michelsona-Morleya
- Doświadczenie Kennedy'ego-Thorndike'a
- Doświadczenie Lodge'a
- Doświadczenie Rayleigha-Brace'a
- Doświadczenie Troutona-Noble'a

- 
- Doświadczenie Troutona-Rankine'a
  - Anomalny obrót peryhelium Merkurego
  - Ugięcie promieni świetlnych przelatujących w pobliżu Słońca
  - Mikrofalowe promieniowanie tła
  - Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego
  - Prawo promieniowania Plancka



- Doświadczenie myślowe
- Demon Maxwella
- Kot Schrödingera

- Doświadczenie myślowe  $\Leftrightarrow$  doświadczenie przeprowadzone w wyobraźni, pozostające w zgodzie ze wszystkimi znanymi prawami fizyki.

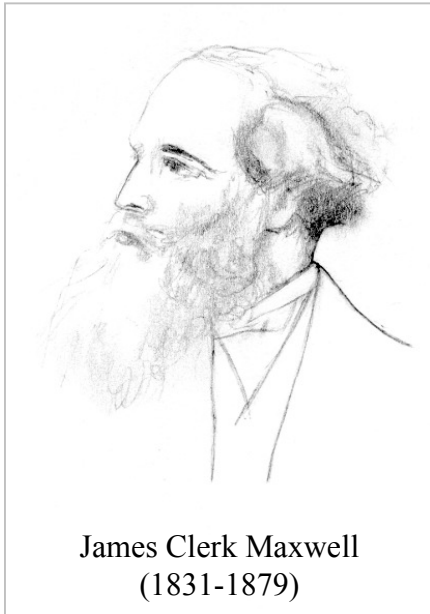
**H** Pojęcie doświadczenia myślowego pierwszy wprowadził Oersted.

**P** Znanymi doświadczeniami myślowymi są demon Maxwella i kot Schrödingera.

**B** Hans Christian Oersted (1777-1851), duński fizyk i chemik.

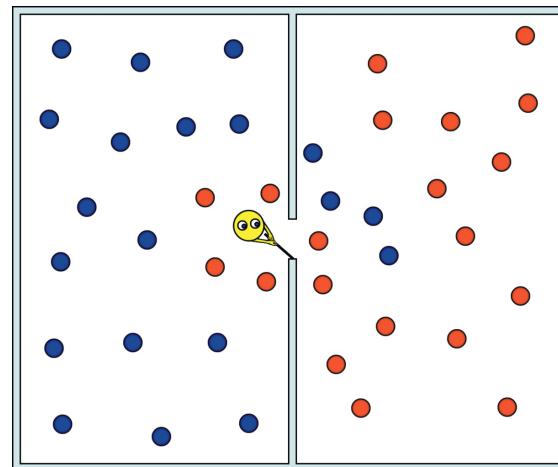
**B** James Clerk Maxwell (1831-1879), szkocki fizyk teoretyk.

**B** Erwin Schrödinger (1887-1961), austriacki fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1933.



- Demon Maxwella  $\Leftrightarrow$  hipotetyczny „stwór” wymyślony przez szkockiego fizyka i matematyka Maxwella w 1867, otwierający i zamykający mikroskopijny zawór w przegrodzie między dwoma częściami naczynia z gazem o takiej samej temperaturze początkowej, w celu rozdzielenia cząsteczek poruszających się z dużymi i małymi szybkościami.

**K** Istnienie demona Maxwella podważałoby drugą zasadę termodynamiki.

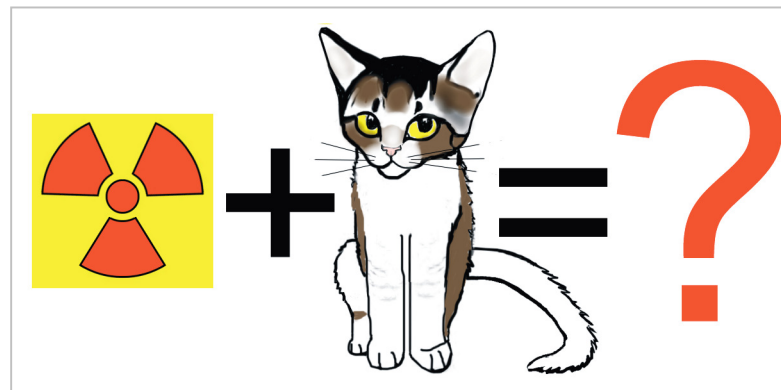


- Demon Maxwella



Erwin Schrödinger  
(1887-1961)

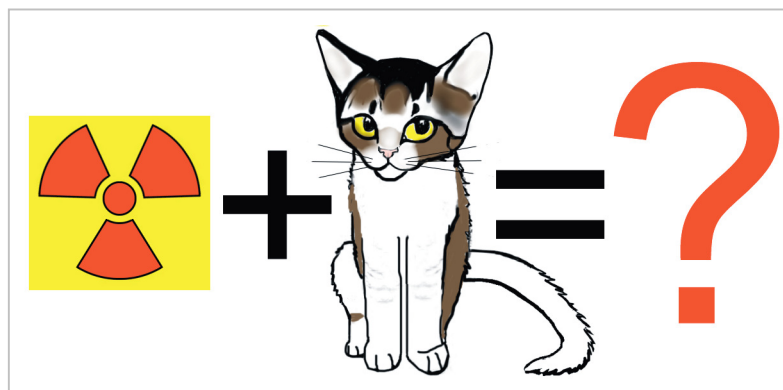
- Kot Schrödingera  $\Leftrightarrow$  eksperyment myślowy zaproponowany przez Schrödingera w 1935 w celu polemiki z poglądem Bohra, że dany stan kwantowy może być zrealizowany z przypisanym mu prawdopodobieństwem dopiero wskutek aktu pomiaru.



**B** Erwin Schrödinger (1887-1961), austriacki fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1933.

**B** Niels Bohr (1887-1961), duński fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1922.

- Eksperyment Schrödingera polega na tym, aby w szczelnie zamkniętym nieprzezroczystym pudle umieścić żywego kota oraz urządzenie uwalniające trujący gaz po rozpadzie radioaktywnego atomu. Według Bohra kot powinien być w takim układzie jednocześnie częściowo żywy i częściowo nieżywy, dopóki obserwator nie stwierdzi jak jest naprawdę.



- Doświadczenie rozstrzygające
- Ruchy Browna
- Doświadczenie Younga
- Doświadczenie Fizeau
- Doświadczenie Foucaulta
- Doświadczenie Michelsona-Morleya
- Doświadczenie Kennedy'ego-Thorndike'a
- Doświadczenie Lodge'a
- Doświadczenie Rayleigha-Brace'a
- Doświadczenie Troutona-Noble'a
- Doświadczenie Troutona-Rankine'a
- Anomalny obrót peryhelium Merkurego
- Ugięcie promieni świetlnych przelatujących w pobliżu Słońca
- Mikrofalowe promieniowanie tła
- Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego
- Prawo promieniowania Plancka

- Doświadczenie rozstrzygające  $\Leftrightarrow$  doświadczenie pozwalające ustalić, która z dwóch przeciwstawnych teorii (hipotez) jest poprawna.
- Nazwą łacińską doświadczenia rozstrzygającego jest *experimentum crucis*.

**P** Ruchy Browna stanowią *experimentum crucis* na rzecz teorii kinetyczno-molekularnej materii, a obalają teorię o jej ciągłej strukturze.

**P** Mikrofalowe promieniowanie tła potwierdza teorię wielkiego wybuchu, a obala teorię stanu stacjonarnego rozszerzającego się wszechświata.

**H** Pojęcie doświadczenia rozstrzygającego wprowadził Bacon.

**B** Francis Bacon (1561-1626), angielski filozof i teoretyk nauki.

- Ruchy Browna  $\Leftrightarrow$  chaotyczne ruchy drobnych cząstek zawieszonych w cieczy, odkryte przez Browna w 1827, spowodowane przypadkowymi zderzeniami z cząsteczkami cieczy.



- Tor cząstki wykonującej ruchy Browna



- Teorię ruchów Browna, odkrytych przez Browna w 1827, podali niezależnie od siebie Einstein w 1905 i Smoluchowski w 1906, wyznaczając wyrażenie na średni kwadrat przesunięcia w zadanym kierunku  $\langle x^2 \rangle$  w danym przedziale czasu ( $\tau$ ) cząstki o promieniu ( $r$ ) pływającej w cieczy o współczynniku lepkości ( $\eta$ ).

$$\langle x^2 \rangle = \frac{\tau k T}{3\pi\eta r}$$

**K** Tym samym fizycy ci wykazali, że ruchy Browna stanowią *experimentum crucis* na rzecz teorii kinetyczno-molekularnej materii, a obalają teorię o jej ciągłej strukturze.

**B** Robert Brown (1773-1858), brytyjski botanik.

**B** Marian Smoluchowski (1872-1917), polski fizyk.

**B** Albert Einstein (1879-1955), genialny fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1921.



Thomas Young  
(1773-1829)

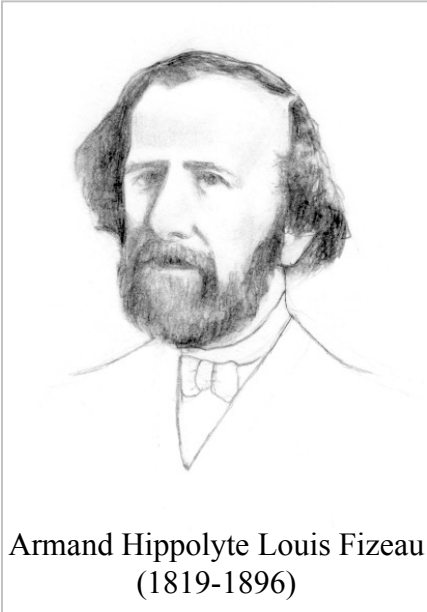
- Doświadczenie Younga  $\Leftrightarrow$  doświadczenie rozstrzygające o tym, czy światło ma naturę falową, czy korpuskularną.

**H** Jako źródła światła spójnego Young użył świecy, za którą ustawił przesłonę z małym otworem. Dalej światło przechodziło przez położone blisko siebie dwa małe otwory w kolejnej przesłonie, tworząc na ekranie obraz dyfrakcyjny otworu w postaci jasnego centralnego

koła i położonych symetrycznie względem niego ciemnych i jasnych okręgów.

**B** Thomas Young (1773-1829), angielski fizyk, lekarz i egiptolog.

**D** Doświadczenie Younga współcześnie wykonuje się wykorzystując laser jako źródło światła spójnego i siatkę dyfrakcyjną, którą stanowi przezroczysta płytka, na której naniesione są w równych odstępach nieprzezroczyste równoległe paski (linie) o jednakowej szerokości. Szczeliny między paskami są przezroczyste dla światła. Światło padające na siatkę ugina się na krawędziach szczelin. Ugięte wiązki po przejściu przez soczewkę skupiającą interferują w płaszczyźnie ogniskowej. Wskutek tego na ekranie ustawionym w tej płaszczyźnie powstaje obraz dyfrakcyjny szczeliny w postaci jasnego centralnego prążka i położonych symetrycznie względem niego ciemnych i jasnych prążków.



Armand Hippolyte Louis Fizeau  
(1819-1896)

- Doświadczenie Fizeau  $\Leftrightarrow$  doświadczenie rozstrzygające o tym, czy światło ma naturę falową, czy korpuskularną.

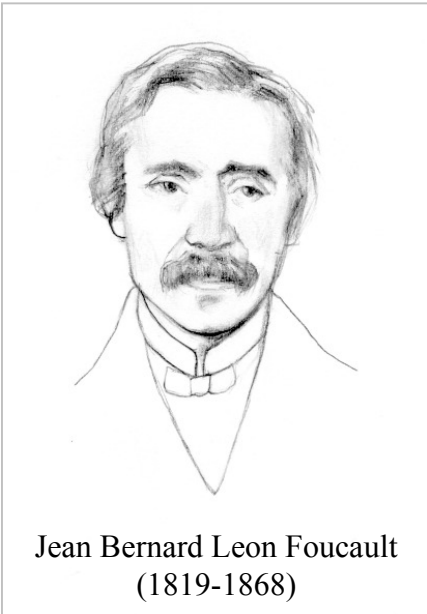
**H** Fizeau jako pierwszy zmierzył (1849) wartość prędkości światła w laboratorium metodą “koła zębatego”.

**H** Następnie wykazał (1850), że wartość prędkości światła w wodzie jest mniejsza niż w powietrzu. Potwierdzało to falową teorię

światła.

**B** Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896), francuski fizyk.

**C** Wykonane przez niego pomiary (1851) wartości prędkości światła w spoczywającej i poruszającej się wodzie wskazywały, że klasyczny wzór na składanie prędkości nie jest prawdziwy w przypadku światła.



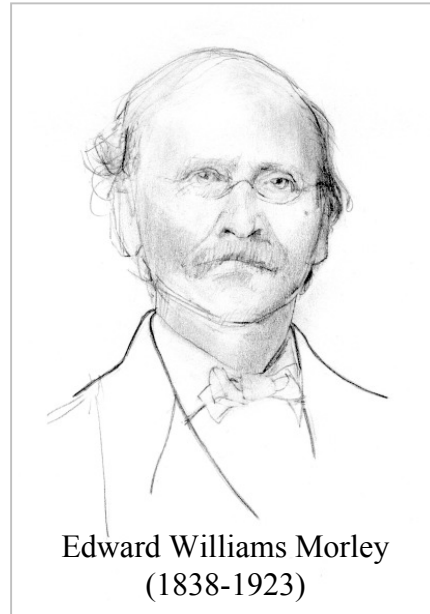
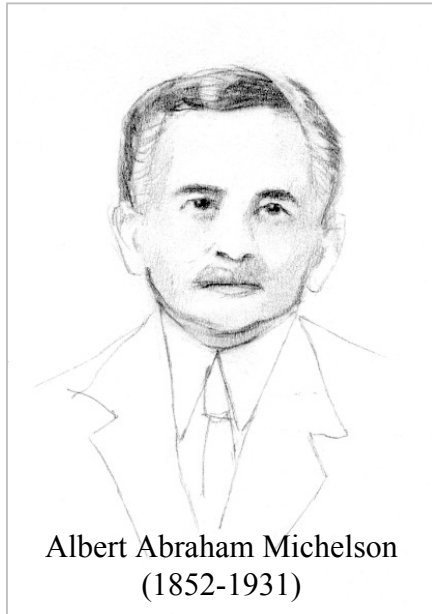
- Doświadczenie Foucaulta  $\Leftrightarrow$  doświadczenie rozstrzygające o tym, czy światło ma naturę falową, czy korpuskularną.

**H** Foucault jako pierwszy Zmierzył (1850) metodą obracającego się zwierciadła, że wartość prędkości światła w wodzie jest mniejsza niż w powietrzu. Potwierdzało to falową teorię światła.

**B** Jean Bernard Leon Foucault (1819-1868),

francuski fizyk.

**C** Za pomocą wahadła zawieszonego w Paryskim Obserwatorium Astronomicznym doświadczalnie wykazał (1851) istnienie wirowego ruchu Ziemi.



- Doświadczenie Michelsona-Morleya  $\Leftrightarrow$  doświadczenie, przeprowadzone w 1887, w którym Michelson i Morley wykazali, że szybkość światła nie zależy od ruchu Ziemi względem Słońca.

**B** Albert Abraham Michelson (1852-1931), amerykański fizyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1907.

**B** Edward Williams Morley (1838-1923), amerykański chemik i fizyk.

**K** Doświadczenie Michelsona-Morleya było planowane jako rozstrzygające o istnieniu eteru. 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 doświadczenia, które miało 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.

- Doświadczenie Kennedy'ego-Thorndike'a  $\Leftrightarrow$  doświadczenie przeprowadzone przez Kennedy'ego i Thorndike'a w 1932. Powtórzyli oni eksperyment Michelsona-Morleya, posługując się interferometrem o różnych długościach ramion.

**B** Roy James Kennedy (ur. 1897), amerykański fizyk.

**B** Edward Moulton Thorndike (ur. 1905), amerykański fizyk.



- Doświadczenie Lodge'a  $\Leftrightarrow$  eksperyment przeprowadzony przez Lodge'a w 1893. Za pomocą interferometru wykazał on, 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.

**B** Sir Oliver Joseph Lodge (1851-1940), brytyjski fizyk.

- Doświadczenie Rayleigha-Brace'a  $\Leftrightarrow$  doświadczenie przeprowadzone przez Rayleigha w 1902 i powtórzone z większą dokładnością przez Brace'a w 1904. Nie stwierdzili oni oczekiwanego podwójnego załamania, które miał spowodować ruch przezroczystego ciała przez eter. Gdyby istniał eter, to według Rayleigha zjawisko takie byłoby konsekwencją kontrakcji FitzGeralda-Lorentza.

**B** John William Strutt Rayleigh (1842-1919), brytyjski fizyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1904.

**B** DeWitt Bristol Brace (1859-1905), amerykański fizyk.

- Doświadczenie Troutona-Noble'a  $\Leftrightarrow$  eksperyment przeprowadzony przez Troutona i Noble'a w 1903. Celem eksperymentu 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.

**B** Frederick Thomas Trouton (1863-1922), irlandzki fizyk.

**B** Henry R. Noble, fizyk.

- Doświadczenie Troutona-Rankine'a  $\Leftrightarrow$  doświadczenie przeprowadzone w 1908 przez Troutona i Rankine'a. Wykonali oni pomiary oporu elektrycznego miedzianego drutu ustawionego równoległe i prostopadle do kierunku ruchu Ziemi wokół Słońca. Oczekiwanych zmian oporu, będących wynikiem skrócenia FitzGeralda-Lorentza, nie stwierdzono.

**K** Z doświadczenia Troutona-Rankine'a wynika, że hipoteza Lorentza-FitzGeralda jest błędna.

**B** Frederick Thomas Trouton (1863-1922), irlandzki fizyk.

**B** Alexander Oliver Rankine (1881-1956), brytyjski fizyk.

- Anomalny obrót peryhelium Merkurego  $\Leftrightarrow$  zjawisko polegające na tym, że peryhelium Merkurego przesuwają się o 574 sekundy kątowe na stulecie wskutek ruchu tej planety po rozecie eliptycznej, z czego 43 sekundy kątowe nie dają się wyjaśnić przez teorię Newtona.
- Zjawisko to zaobserwował w 1859 Le Verrier, który przypuszczał, że 43 sekundowa nadwyżka może być spowodowana przez hipotetyczną planetę Wulkan lub planetoidy krążące bliżej Słońca niż Merkury.
- Einstein wyjaśnił 18 listopada 1915 jakościowo i ilościowo wiekowy obrót peryhelium Merkurego (i pozostałych planet) w ramach OTW.

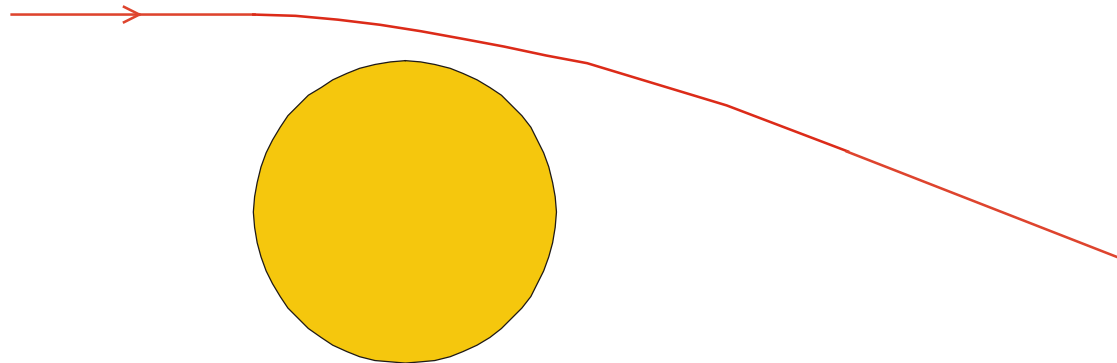
**B** Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811-1877), francuski astronom.

**B** Albert Einstein (1879-1955), genialny fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1921.

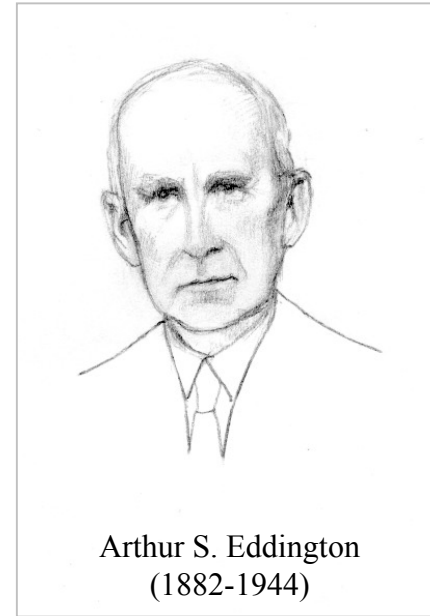
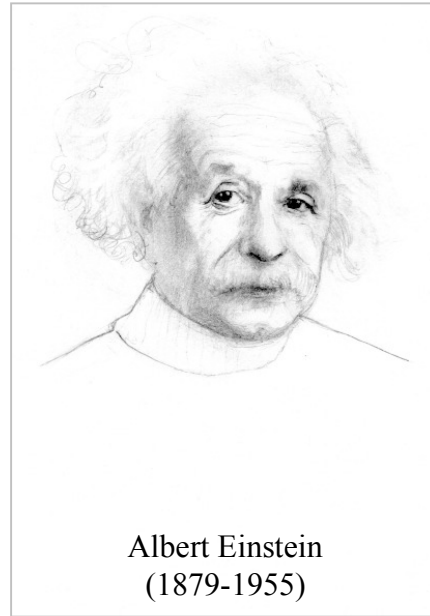
## Ugięcie promieni świetlnych przelatujących w pobliżu Słońca 30

---

- Ugięcie promieni świetlnych przelatujących w w pobliżu Słońca przewidział Einstein w 1907 i dokładnie obliczył w 1915.
- Przeprowadzone 29 maja 1919 pod kierunkiem Eddingtona obserwacje zaćmienia Słońca potwierdziły przewidziane przez ogólną teorię względności odchylenie promieni świetlnych w polu grawitacyjnym tej gwiazdy.
- Tym samym teoria grawitacji Einsteina wygrała z teorią grawitacji Newtona.



- Grawitacyjna dyfrakcja



**B** Sir Isaac Newton (1643-1727), angielski fizyk, matematyk, astronom i filozof.

**B** Albert Einstein (1879-1955), genialny fizyk teoretyk, laureat nagrody Nobla z fizyki w 1921.

**B** Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944), brytyjski astronom, astrofizyk, fizyk i matematyk.

- Mikrofalowe promieniowanie tła  $\Leftrightarrow$  mikrofalowe promieniowanie, odpowiadające temperaturze 2,7 stopni Kelvina, docierające do Ziemi równomiernie ze wszystkich kierunków. Nazywane jest również promieniowaniem reliktowym lub szczątkowym.

**H** Promieniowanie tła odkryli Penzias i Wilson w 1965.

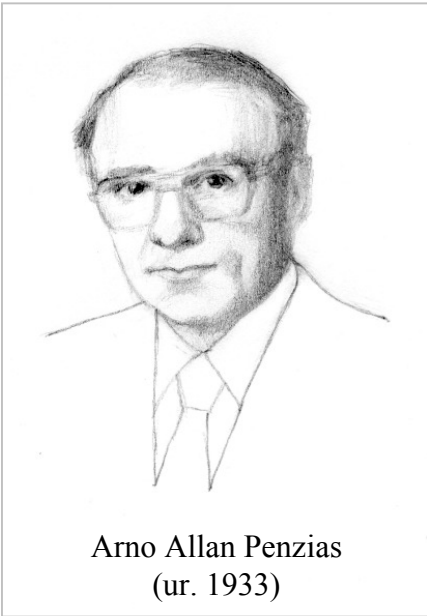
**K** Odkrycie to potwierdza hipotezę o istnieniu promieniowania szczątkowego jako pozostałości po wielkim wybuchu, a obala teorię stanu stacjonarnego rozszerzającego się wszechświata.

**B** Arno Allan Penzias (ur. 1933), amerykański astrofizyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1978.

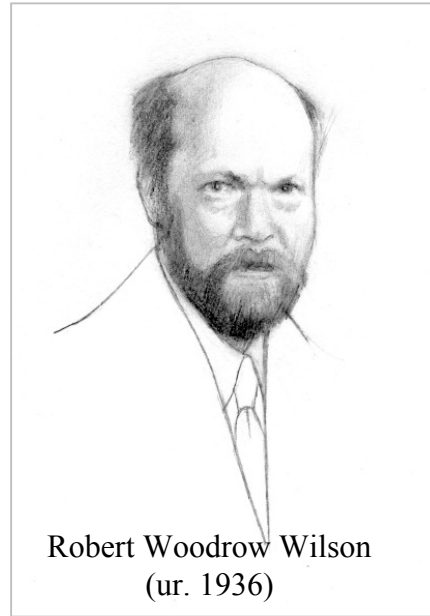
**B** Robert Woodrow Wilson (ur. 1936), amerykański radioastronom, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1978.

• 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*.





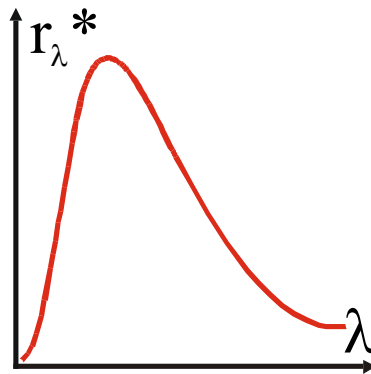
Arno Allan Penzias  
(ur. 1933)



Robert Woodrow Wilson  
(ur. 1936)

**H** Penzias i Wilson przypadkowo odkryli (1965) mikrofalowe promieniowanie tła, początkowo sądząc, że rejestrują szumy układu pomiarowego. Byli oni wtedy pracownikami w Laboratoriach Bella, zajmowali się łącznością radiową z satelitami. Używali do tego celu sześciometrowej anteny kierunkowej, pojawiający się w niej szum okazał się mikrofalowym izotropowym promieniowaniem tła.

- Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego  $\Leftrightarrow$  wykres zależności spektralnej zdolności emisyjnej ( $r_\lambda^*$ ), przy ustalonej temperaturze ( $T$ ), od długości fali ( $\lambda$ ) promieniowania ciała doskonale czarnego.



- Wykres zależności spektralnej zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego od długości fali emitowanego promieniowania

**K** Widmo promieniowania ciała doskonale czarnego rozstrzyga czy emisja energii przez atomy i cząsteczki odbywa się w sposób ciągły czy nieciągły (w postaci kwantów).

- Prawo promieniowania Plancka  $\Leftrightarrow$  równanie opisujące kształt widma promieniowania cieplnego emitowanego przez ciało doskonale czarne. Podaje ono zależność spektralnej zdolności emisyjnej ciała doskonale czarnego od temperatury bezwzględnej (T) i od częstotliwości ( $\nu$ ).

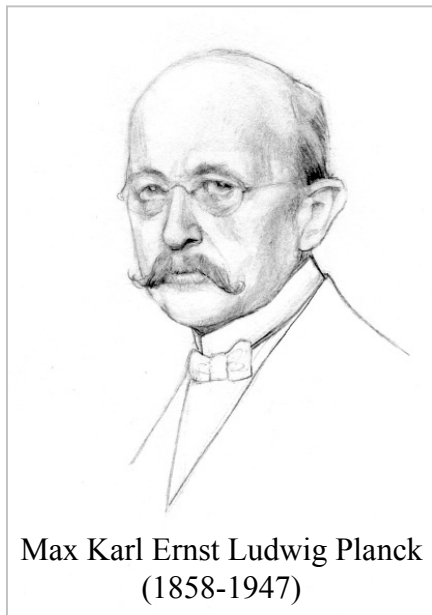
$$r_{\nu}^* = \frac{2h\nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

- h – stała Plancka
- k – stała Boltzmannna

Wzór ten zapisywany jest też w innej postaci.

$$r_{\lambda}^* = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

- $\lambda$  – długość fali



**H** Prawo promieniowania ciała doskonale czarnego sformułował Planck w 1900 i opublikował w 1901. Aby poprawnie opisać kształt widma, Planck założył, że emisja energii przez atomy i cząsteczki odbywa się w postaci kwantów o wartości  $h\nu$ . Hipoteza ta dała początek fizyce kwantowej.

**B** Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), niemiecki fizyk teoretyk, laureat Nagrody Nobla z fizyki w 1918.



# Fizyka mało znana



Zbigniew Osiak

**Doświadczenia  
myślowe  
i rozstrzygające**

**06**