

# Fale grawitacyjne

Wykonali:

Jan Fudalej

Radosław Fudalej

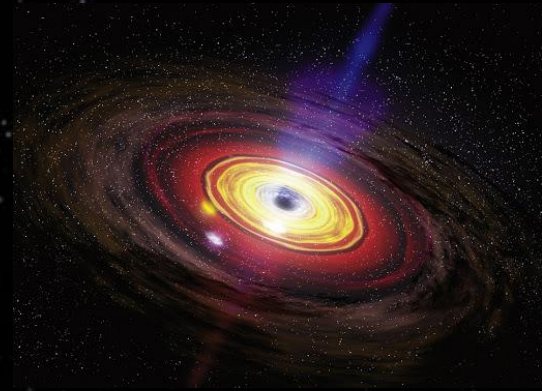
# Zmarszczki Wszechświata

14 września 2015 roku odebrano falę wywołaną złączeniem się dwóch czarnych dziur o masie 29 i 36 mas Słońca w odległości ok. 1,3 mld l. ś. od Ziemi. Uwolniona moc była ponad 50 razy większa od mocy wszystkich obserwowanych gwiazd we Wszechświecie. Częstotliwość sygnału wzrosła z 35 do 250 Hz, a intensywność zwiększyła się przez 0,2 s. Po tym zajściu została wyemitowana fala grawitacyjna o energii 3 mas Słońca. Sygnał został zarejestrowany przez detektory LIGO. Szansa, że sygnał nie był spowodowany falą grawitacyjną jest równa 0,00006%.

# Czym są fale grawitacyjne i jakie są ich źródła?

Fale grawitacyjne to odkształcenia czasoprzestrzeni, które w próżni poruszają się z prędkością światła. Ich źródłem jest:

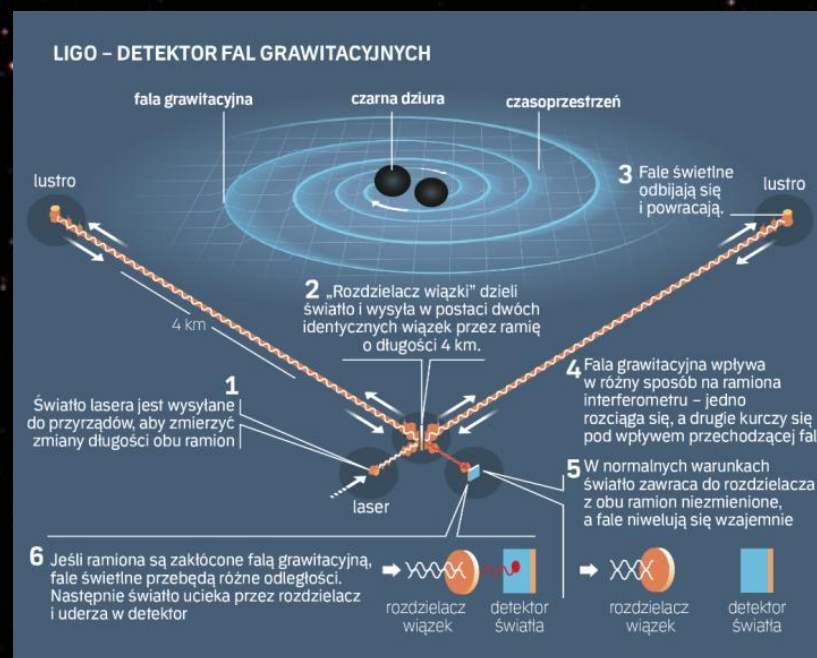
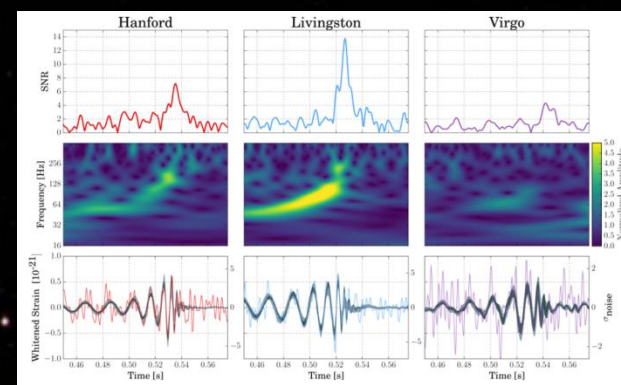
- każde ciało posiadające masę oraz poruszające się z przyspieszeniem ruchem zmiennym po okręgu i nie symetrycznym osiowo i sferycznie,
- niesymetryczny wybuch supernowych,
- obracająca się gwiazda neutronowa o nierównej powierzchni.



# Jak odbierać fale grawitacyjne

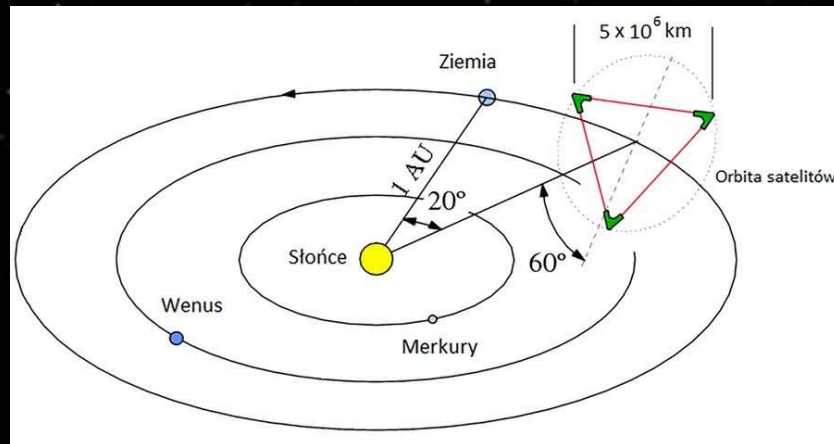
Fale grawitacyjne są odbierane przez:

- anteny rezonansowe, czyli zawieszono stalowe kule schłodzone do ekstremalnie niskich temperatur, rzędu 20mK, odseparowane od drgań zewnętrznych,
- interferometry laserowe, czyli maszyny wykorzystujące interferencję (nakładanie się fal) w celu wzmocnienia odbieranej fali grawitacyjnej. Przykładem takiego obiektu jest LIGO (laserowe interferometryczne obserwatorium grawitacyjne), które jest najczulszym i największym obserwatorium na Ziemi.



# Kosmiczny interferometr

Celem projektu kosmicznego interferometru LISA jest wyniesienie trzech obiektów posiadających lasery i interferometry, które miałyby być rozmieszczone w wierzchołkach trójkąta równobocznego o boku 5 mln km. Projekt ten w swym zamyśle ma wyeliminować drgania sejsmiczne oraz szum Ziemi, aby w kosmosie ograniczyć zakłócenia do minimum. Główne napotkane problemy to m.in. ciepło, szum śrutowy i przypadkowe wzbudzenia spowodowane promieniowaniem kosmicznym i wiatrem słonecznym.



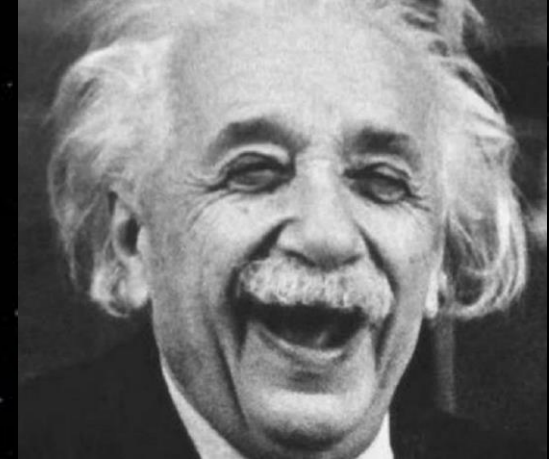
# Wykorzystanie fal grawitacyjnych

- ❖ Pozwalają na obserwację zlewania się czarnych dziur oraz innych egzotycznych zjawisk w odległych częściach Wszechświata.
- ❖ Umożliwiają kosmologom poznanie najdalszej możliwej historii formowania się Wszechświata.
- ❖ Dzięki nim możemy dokładniej sprawdzać ogólną teorię względności oraz testować jej przewidywania.

# Ojcowie fal grawitacyjnych

Albert Einstein był pierwszym, który założył ich istnienie, a wynikało to z jego ogólnej teorii względności.

Pierwszą pracę teoretyczną poprawnie opisującą fale grawitacyjne napisał Felix Piranii. Opublikował ją w 1956 roku, czyli 40 lat po założeniu Einsteina. Jego praca skupiała się na możliwościach fali grawitacyjnej w przenoszeniu energii. Sprawę tę rozstrzygnął Richard Feynman przy pomocy eksperymentu myślowego.



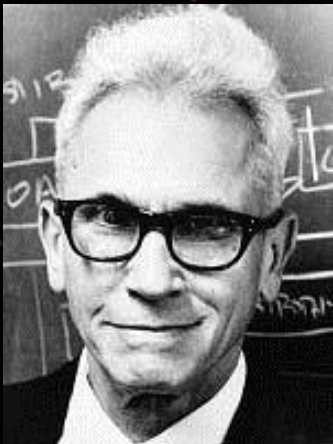
Albert Einstein



Felix Piranii

Kolejnym przełomowym momentem było skonstruowanie pierwszego detektora fal grawitacyjnych przez Josepha Webera. Konstrukcja ta przeszła do historii jako Cylinder Webera. Niestety odbierane częstotliwości fal poddawały wątpliwość autentycznych detekcji z dwóch powodów. Po pierwsze, wykazywały utratę energii przez Drogę Mleczną niezgadzającą się z jej wiekiem. Po drugie, inne grupy nie wykryły żadnego sygnału prawie do końca lat 70.

Pierwszym bezpośrednim dowodem jest odkrycie Russella Alana Hulse'a oraz Josepha Hootona Taylora Jr., za co otrzymali w 1993 Nagrodę Nobla z fizyki. Odkrycie polegało na zaobserwowaniu wydłużonego obiegu dwóch pulsarów, czyli rotujących gwiazd neutronowych. Jako, że promieniują one fale grawitacyjne, energia na ich emisję jest czerpana z energii ruchu orbitalnego, co powoduje malenie prędkości orbitalnej oraz zwiększenie czasu obiegu.



Joseph  
Weber



Russell  
Alan  
Hulse

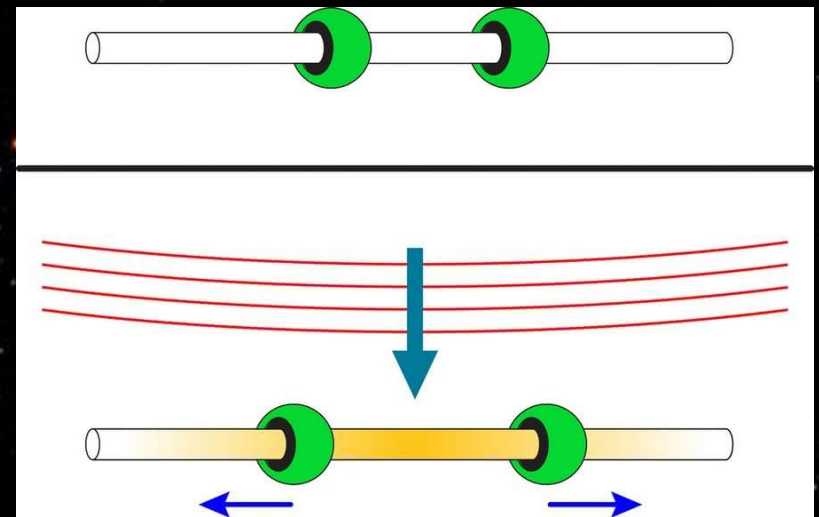


Joseph  
Hooton  
Taylor  
Jr.



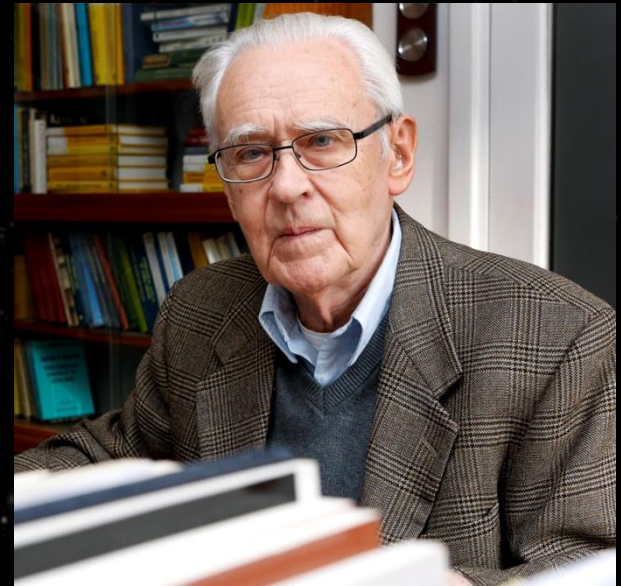
# Eksperyment Richarda Feynmana

Eksperyment polegał na wyobrażeniu sobie sztywnego pręta z szorstkimi koralikami. Ze względu na to, że podczas przechodzenia fali grawitacyjnej przez dwa ustalone punkty ich położenie się nie zmienia, to jedynym co podlega zmianie jest ich odległość między sobą ze względu na odkształcenia przestrzeni. Skutkuje to ocieraniem się koralików o pręt i wydzielaniem ciepła. Owe ciepło powstało przez przejście fali grawitacyjnej, co oznacza, że sama fala przenosi energię.



# Polscy badacze

Andrzej Trautman to polski fizyk teoretyk, który wniósł znaczący wkład w zmożenie się badań nad falami grawitacyjnymi i ogólną teorią względności. W 1960 roku wspólnie z Ivorem Robinsonem opublikował pracę nad falami grawitacyjnymi, w której rozwiązał równania Einsteina. Inni polscy badacze zaangażowani w badania nad falami to m.in. Tomasz Bulik, Andrzej Królak, Izabela Kowalska-Leszczyńska, Dorota Rosińska.



Andrzej Trautman

Dziękujemy za uwagę

# Bibliografia

Tło: fototapeta marki Fototapety24.net

<https://mlodytechnik.pl/eksperymenty-i-zadania-szkolne/fizyka/29012-skad-sie-biora-fale-grawitacyjne>

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Fala\\_grawitacyjna#Obserwacje\\_i\\_odbrycie](https://pl.wikipedia.org/wiki/Fala_grawitacyjna#Obserwacje_i_odbrycie)

Schemat kosmicznego interferometru LISA: <https://goo.gl/19hp0M>

Eksperyment Feynmana: <https://goo.gl/oB5M8g>

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Andrzej\\_Trautman](https://pl.wikipedia.org/wiki/Andrzej_Trautman)

<http://famousastrophysicists.com/joseph-hooton-taylor-jr/>

<https://utdallas.edu/chairs/profiles/dr-russell-a-hulse/>

<https://pl.pinterest.com/pin/331295116319781476/>

<https://www.telegraph.co.uk/news/obituaries/12150493/Felix-Pirani-mathematician-obituary.html>

<https://kurs-cudow.pl/files/einstein.jpg>

<https://www.fnp.org.pl/prof-andrzej-trautman-laureat-nagrody-fnp-2017/>