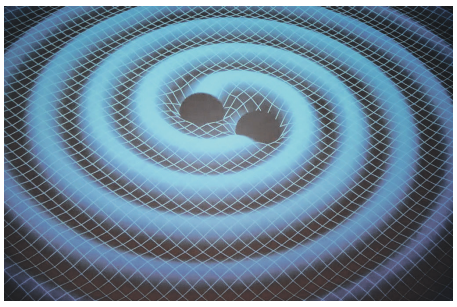
PATRZĄC W NIEBO

cwint
Rozmaitości ASTRONOMICZNE | Wiadomości ze świata nauki i techniki | Doniesienia z CERN ESA NASA | www.facebook.com/cwintpoland | Nr 07/2016

Albert Einstein miał rację - fale grawitacyjne istnieją!

Fale grawitacyjne wywołane zderzeniem dwóch czarnych dziur zarejestrowali naukowcy 14 września 2015 r. o godz. 9.50 czasu uniwersalnego. Wydarzenie to potwierdza jedną z najważniejszych konsekwencji ogłoszonej w 1915 r. ogólnej teorii względności Alberta Einsteina. Otwiera całkowicie nowe perspektywy badania wszechświata. W odkryciu brali udział również Polacy.

Symulacja zderzenia dwóch czarnych dziur



Źródło: PAN Foto - Jakub Ostałowski

Źródło: LIGO/SXS

Fale grawitacyjne są drobnymi zmarszczkami krzywizny czasoprzestrzeni, wytwarzanymi przez gwałtowne zdarzenia dziejące się w kosmosie, takie jak zlewanie się układu podwójnego gwiazd neutronowych, eksplozje masywnych gwiazd (supernowych) lub zderzenia czarnych dziur. Ich istnienie zostało przewidziane w 1916 r. jako jedna z konsekwencji ogólnej teorii względności Einsteina. Zarejestrowane we wrześniu 2015 r. fale grawitacyjne powstały w ostatnim ułamku sekundy połączenia się dwóch czarnych dziur o masach 30-krotnie przewyższających masę Słońca. Przez kilka miliardów lat orbitowały one wokół siebie w układzie podwójnym, stopniowo zbliżając się do siebie. W końcu doszło do ich zderzenia, a w konsekwencji zlania się w jedną potężna czarną dziurę, która jakiś czas jeszcze pulsowała, wypromieniowując niezwykłą ilość energii – to najbardziej energetyczne zjawisko znane ludzkości, 100 razy jaśniejsze niż jasność Wszechświata.

Zderzenie dwóch czarnych dziur zaobserwowano pierwszy raz. Rozchodzące się w jego wyniku fale grawitacyjne dotarły do Ziemi z – jak mówi ogólna teoria względności – prędkością światła. Ich rejestracja była możliwa dzięki detektorom Laserowego Obserwatorium Interferometrycznego Fal Grawitacyjnych – LIGO (Interferometer Gravitational-Wave Observatory), znajdującym się w Livingston w stanie Luizjana i Hanford w stanie Waszyngton w USA. Nad odkryciem pracował ponad 1300 - osobowy zespół naukowców LIGO Scientific Collaboration oraz Virgo Collaboration, którego częścią jest polska grupa naukowa POLGRAW.

Bezpośrednia obserwacja fal grawitacyjnych to potwierdzenie ogólnej teorii względności Einsteina, pokazującej związek grawitacji z krzywizną czasoprzestrzeni. Fale są bowiem jedynym w swoim rodzaju „próbnikiem" stanu grawitacji w ekstremalnych warunkach, takich jak właśnie zapadający się układ podwójny czarnych dziur. Ich detekcja i badanie jest niezbędne do zrozumienia grawitacji, najbardziej naturalnego z czterech podstawowych oddziaływań (grawitacyjne, elektromagnetyczne, silne i słabe), a jednak wciąż najbardziej tajemniczego.

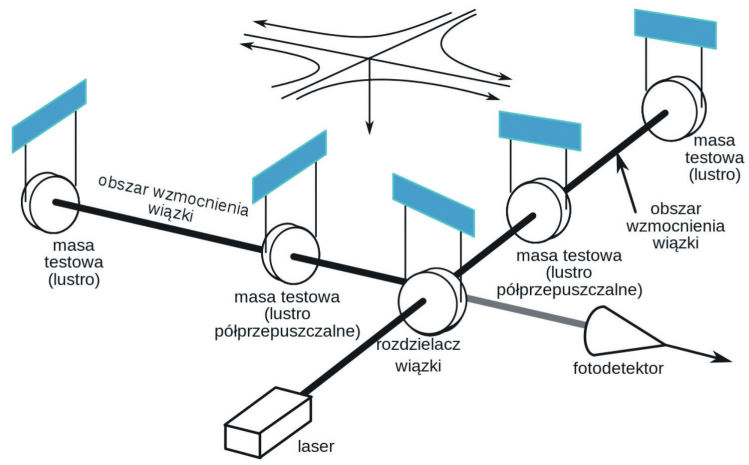
Wykrycie fal grawitacyjnych otwiera nowe możliwości badania wszechświata. Przez stulecia ludzkość poznawała go przez obserwację światła wypromieniowanego przez obiekty na niebie. Fale grawitacyjne są całkowicie odrębnym i nowym rodzajem przekazywania niedostępnej w żaden inny sposób astronomicznej informacji. O ile fale elektromagnetyczne powstają podczas ruchu ładunków elektrycznych, o tyle grawitacyjne są efektem ruchu mas – a to dwie niezależne cechy materii. Teraz za ich pomocą będzie można badać również fragmenty kosmosu zasłonięte przez kosmiczny pył. Detekcja fal grawitacyjnych umożliwi także rozwój wyrafinowanej technologii w różnych dziedzinach inżynierii – od mechaniki do optyki.

LIGO Hanford Control Room. Foto: Tobin Fricke

Jak działa detektor interferometryczny?

Amerykańskie detektory, które wykryły „zmarszczki" w czasoprzestrzeni, to monumentalne interferometry laserowe. Ich tunele mają kształt litery L, a każde z ich ramion ma po 4 km długości. We wnętrzu tych ramion biegnie światło lasera. W uproszczeniu chodzi o sprawdzanie z niezwykłą precyzją (do tysięcznych średnicy protonu), czy długość jednego ramienia instalacji zmienia się w stosunku do długości drugiego ramienia. Mogłoby się wydawać, że wyniki będą zawsze takie same. A okazuje się, że nie. Przechodząca przez Ziemię fala grawitacyjna - którą ciężko wychwycić, bo na chwilę odkształca całą czasoprzestrzeń wokół nas - może się zdradzić właśnie poprzez wyniki pomiarów w interferometrze. To właśnie zaobserwowano 14 września.

Przechodząca przez detektor fala grawitacyjna zmienia odległości w kierunku prostopadłym do kierunku rozchodzenia się. Interferometr składa się z dwóch ramion, na końcach których umieszczone są lustra-masy testowe, mogące poruszać się swobodnie w kierunku horyzontalnym. Światło lasera rozszczepiane jest na wejściu do interferometru na dwie wiązki, które są kierowane do obu ramion, odbijają się od luster i wracają do centrum, gdzie zachodzi interferencja wiązek. Długości ramion są dobrane w taki sposób, że wiązki wygaszają się nawzajem (interferencja destruktywna). W obecności przechodzącej fali grawitacyjnej długości ramion zmieniają się (jedno wydłuża się, a drugie skraca) co oznacza, że światło przebywa odpowiednio dłużej lub krócej w ramionach interferometru. Zmienia to obraz interferometryczny, którego intensywność jest proporcjonalna do amplitudy fali grawitacyjnej.



Schemat działania interferometru laserowego – Grafika LIGO

Polski udział w badaniach

Istotny wkład w doprowadzeniu do pierwszej bezpośredniej obserwacji fali grawitacyjnej z układu podwójnego czarnych dziur wniosło 15 polskich naukowców pracujących w grupie POLGRAW, która jest członkiem projektu Virgo. Zadaniami Polaków w projekcie była analiza danych uzyskanych z amerykańskich detektorów LIGO, prowadzenie badań źródeł astrofizycznych fal grawitacyjnych, budowa modeli sygnałów fal grawitacyjnych oraz udział w rozbudowie detektora Virgo (to interferometr, który znajduje się we Włoszech i pracuje ramię w ramię z detektorami LIGO. Na razie przechodzi renowację, ale otwarty będzie pod koniec tego roku).

Członkowie grupy Virgo-POLGRAW: Paweł Ciecieląg, Magdalena Sieniawska, Orest Dorosh, Izabela Kowalska-Leszczyńska, Dorota Rosińska, Adam Zadrożny, Michał Bejger, Andrzej Królak, Piotr Jaranowski, Tomasz Bulik. Źródło PAN

Polscy naukowcy zajmują się analizowaniem danych zbieranych przez detektory LIGO i Virgo, a w szczególności:

- modelowaniem sygnałów wywołanych przez fale grawitacyjne ze zlewających się układów podwójnych czarnych dziur i gwiazd neutronowych,
- opracowywaniem algorytmów numerycznych służących do wykrywania fal grawitacyjnych w szumie detektora,
- udziałem w poszukiwaniu fal grawitacyjnych z rotujących gwiazd neutronowych,
- modelowaniem populacji układów podwójnych gwiazd neutronowych i czarnych dziur,
- astrofizyką źródeł fal grawitacyjnych,
- poszukiwaniem koincydencji pomiędzy danymi z detektorów LIGO i Virgo a obserwacjami optycznymi,
- identyfikacją okresowych zakłóceń pojawiających się w danych.

Grupa zajmuje się również rozbudową infrastruktury komputerowej dostarczającej mocy obliczeniowych niezbędnych do analizy danych. Poza tym bierze udział w dyżurach obserwacyjnych oraz wnosi wkład w budowę, utrzymanie i modernizację detektora Virgo.

Piotr Duczmal – CWINT

Źródło: PAN – Polska Akademia Nauk, Virgo – POLGRAW, LIGO-Caltech

CWINT - OTWIERAMY DLA CIEBIE SZEROKO DRZWI DO ŚWIATA WIEDZY I NAUKI