

Fale grawitacyjne zderzenia gwiazd neutronowych

17 października 2017

Astronomowie po raz pierwszy zarejestrowali jednocześnie dwa typy fal: grawitacyjne i elektromagnetyczne, pochodzące od jednego zjawiska – zderzenia dwóch gwiazd neutronowych. W obserwacjach, prowadzonych przez zespoły badawcze na całym świecie, brali udział Polacy.

W lutym 2015 światem naukowym wstrząsnęła wiadomość o pierwszym, historycznym wykryciu fal grawitacyjnych – zmarszczek w czasoprzestrzeni, przewidywanych przez ogólną teorię względności Alberta Einsteina. Fale te były echem zderzenia dwóch czarnych dziur, oddalonych od Ziemi o 1,3 miliarda lat świetlnych. Potwierdzenie istnienia tych fal uznano za przewrót w astrofizyce. Pierwsze wykrycie (we wrześniu 2015 r.) zostało później potwierdzone.

W poniedziałek 16 października naukowcy donoszą o kolejnej ważnej obserwacji: jednoczesnym wykryciu fal grawitacyjnych i ich elektromagnetycznego odpowiednika, w tym – światła widzialnego, pochodzących z tego samego źródła.

Jest to już 5., potwierdzona detekcja fal grawitacyjnych, która jednak różni się od poprzednich. Wcześniejsze dotyczyły zderzenia dwóch czarnych dziur, tym razem po raz pierwszy zjawisko pochodzi od zderzenia dwóch gwiazd neutronowych.

Do zderzenia doszło prawdopodobnie w odległości 130 milionów lat świetlnych od Ziemi, w galaktyce NGC 4993. To oznacza, że astronomowie mają do czynienia z najbliższym źródłem fal grawitacyjnych, które udało się wykryć. Jest to także jeden z najbliższych zarejestrowanych błysków gamma.

Gdyby jednak źródło znajdowało się dalej, to przypuszczalnie umknęłoby detektorom LIGO, bowiem okazało się, iż pochodzi od

zderzenia dwóch gwiazd neutronowych, co generuje dużo słabszy sygnał niż zderzenie czarnych dziur.

Wskazówką, że tym razem nie jest to połączenie się czarnych dziur, była charakterystyka tzw. „ćwierku” tuż przed zderzeniem obiektów. W przypadku czarnych dziur ćwierk trwa ułamek sekundy, a przy zjawisku z 17 sierpnia śledzono go przez prawie 2 minuty. Masy zderzających się obiektów oszacowano na 1,1 oraz 1,6 mas Słońca, co wyraźnie sugeruje gwiazdy neutronowe – bardzo zwarte obiekty o średnicach rzędu 20 kilometrów, w których materia jest tak gęsta, że jej jedna łyżeczka może ważyć miliardy ton.

Łączenie się dwóch gwiazd neutronowych jest wiodącą hipotezą wyjaśniającą krótkie błyski gamma. Według teorii, w przypadku złania się ze sobą dwóch gwiazd neutronowych powinien nastąpić także wybuch 1000 razy jaśniejszy niż gwiazda nowa, dlatego takie zjawisko określono terminem „kilonowa”. Detekcja zjawiska GW170817 jednocześnie w falach grawitacyjnych, jak i elektromagnetycznych, jest wsparciem dla tej hipotezy. Naukowcy uważają, że wreszcie udało im się zaobserwować kilonową. Istnienie kilonowych było sugerowane teoretycznie od ponad 30 lat.

Kilonowe mogą być głównymi odpowiedzialnymi za rozprzestrzenianie w kosmosie bardzo ciężkich pierwiastków chemicznych, w tym m.in. złota i platyny. W trakcie wybuchu są one wyrzucane z prędkością równą jednej piątej prędkości światła. Widma uzyskane przez naukowców pokazują, że w wyrzuconej materii występuje cez i tellur.

Zdaniem naukowców jednoczesna detekcja fal grawitacyjnych i ich elektromagnetycznego odpowiednika (w tym – światła widzialnego) z tego samego źródła oznacza początek nowej ery w astronomii, którą określają jako „astronomię wieloaspektową”.

W obserwacjach brało udział aż 70 obserwatoriów na całym świecie, zarówno naziemne, jak i kosmiczne.

Sygnał fal grawitacyjnych (zdarzenie oznaczone GW170817) zarejestrowały 17 sierpnia 2017 r. o godz. 14:41 CEST bliźniacze detektory LIGO, znajdujące się w Hanford w stanie Waszyngton i w Livingston w stanie Luizjana (USA). Zdarzenie to nazwano GW170817. Jest to już piąta potwierdzona detekcja fal grawitacyjnych, ale różniąca się od poprzednich, bowiem cztery pierwsze dotyczyły zderzenia dwóch czarnych dziur, a tym razem – po raz pierwszy – zjawisko pochodzi od zderzenia dwóch gwiazd neutronowych.

Dzięki obserwatoriom LIGO udało się dokonać detekcji fal grawitacyjnych, a udział obserwatorium Virgo pozwolił na uściślenie obszaru nieba, z którego nadszedł sygnał. Obszar ten określono na około 35 stopni kwadratowych, czyli kilkaset tarcz Księżyca w pełni. Wtedy rolę przejęły obserwatoria przeznaczone do badania fal elektromagnetycznych w różnych zakresach długości fali, przeczesując niebo w poszukiwaniu elektromagnetycznego odpowiednika dla źródła fal grawitacyjnych.

Najpierw działająca w czasie rzeczywistym specjalna procedura analizy danych napływających z detektorów LIGO wykryła w jednym z nich sygnał fal grawitacyjnych. Około dwie sekundy po detekcji fal grawitacyjnych przez LIGO, kosmiczne obserwatoria Fermi i INTEGRAL (jedno z NASA, drugie z Europejskiej Agencji Kosmicznej) zarejestrowały krótki rozbłysk gamma z tego samego obszaru na niebie. Ustalono, iż obie te detekcje nie są przypadkowe. Wtedy kolejna automatyczna procedura analizy danych zaalarmowała naukowców, że również drugi detektor LIGO zarejestrował ten sygnał. Od tego momentu rozpoczęły się obserwacje przez teleskopy na całym świecie.

Europejskie Obserwatorium Południowe (ESO), do którego należy Polska, uruchomiło jedną z największych przeprowadzonych kiedykolwiek kampanii obserwacyjnych typu „target of opportunity”, poszukując odpowiednika dla źródła fal grawitacyjnych w wielu zakresach długości fali elektromagnetycznej. W jej ramach jako jeden z pierwszych,

optyczny odpowiednik dla źródła fal grawitacyjnych dostrzegł podczerwony teleskop VISTA. Wykorzystano też liczne inne teleskopy ESO, takie jak Bardzo Duży Teleskop (VLT), teleskop VST, teleskop NTT, jak również sieć radioteleskopów ALMA oraz inne partnerskie instrumenty pracujące w obserwatoriach ESO w Chile. Instrumenty te śledziły obiekt przez kolejne dni i tygodnie po detekcji.

W miarę jak noc przemieszczała się po kuli ziemskiej, obserwacje prowadziły kolejne obserwatoria astronomiczne, np. spośród instrumentów pracujących na Hawajach źródło dostrzegły teleskopy Pan-STARRS i Subaru, a następnie śledziły jego ewolucję. Obserwacje były prowadzone także z kosmosu, np. poprzez Kosmiczny Teleskop Hubble'a.

W odkryciu oraz obserwacjach uczestniczyli naukowcy z różnych polskich ośrodków, a także polscy badacze pracujący poza krajem. Dotyczy to w szczególności naukowców skupionych w zespole Virgo-POLGRAW, którym kieruje prof. Andrzej Królak z Instytutu Matematycznego PAN.

W przypadku Obserwatorium Astronomicznego UW, prof. Tomasz Bulik działa w ramach zespołu LIGO/VIRGO, a dr hab. Łukasz Wyrzykowski wraz ze współpracownikami: dr. Mariuszem Gromadzkim oraz doktorantami mgr. Krzysztofem Rybickim i mgr Aleksandrą Hamanowicz, prowadzili badania emisji w zakresie światła widzialnego przy użyciu teleskopów SALT w Afryce Południowej oraz NTT w Europejskim Obserwatorium Południowym (ESO) w Chile w ramach międzynarodowego zespołu ePESSTO. Galaktykę NGC 4993, w której miało miejsce łączenie się gwiazd neutronowych, obserwował również zespół OGLE kierowany przez prof. Andrzeja Udalskiego.

W akcję włączył się też polski projekt Pi of the Sky, realizowany przez Wydział Fizyki UW, Narodowe Centrum Badań Jądrowych PAN i Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, którego głównym celem są poszukiwania błysków optycznych towarzyszących rozbłyskom gamma. Robotyczny teleskop projektu

działający w Hiszpanii był jednym z pierwszych, które zaczęły poszukiwania emisji optycznej towarzyszącej zjawisku GW170817. W zasięgu teleskopu była ponad połowa obszaru nieba wskazanego wstępnie przez LIGO. W zakresie możliwości obserwacyjnych teleskopu (do jasności 12 magnitudo) nie wykryto żadnego nowego obiektu na niebie, w końcu okazało się, że ostateczna lokalizacja źródła GW170817 jest niewidoczna dla teleskopu.

Innym projektem z polskim udziałem jest obserwatorium promieniowania gamma HAWC w Meksyku. Źródło GW170817 weszło w pole widzenia HAWC dopiero o około 9 godzinach od chwili detekcji fal grawitacyjnych. Obserwacje okolicy były prowadzone przez ponad 2 godziny, ale źródło było wtedy na skraju pola widzenia. Nie zarejestrowano promieniowania gamma, ale pozwoliło to na wyznaczenie górnego ograniczenia na strumień fotonów gamma, które mogły dotrzeć do nas od źródła.

Publikacje naukowe różnych grup badawczych dotyczące obserwacji ukazały się w czasopismach „Nature”, „Physical Review Letters”, „Astrophysical Journal Letters” i „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”. Wśród autorów jest kilkanaście polskich nazwisk.

Warto przypomnieć, że tegoroczna Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki została przyznana za wkład w odkrycie fal grawitacyjnych.

Źródło: NaukawPolsce.PAP.pl