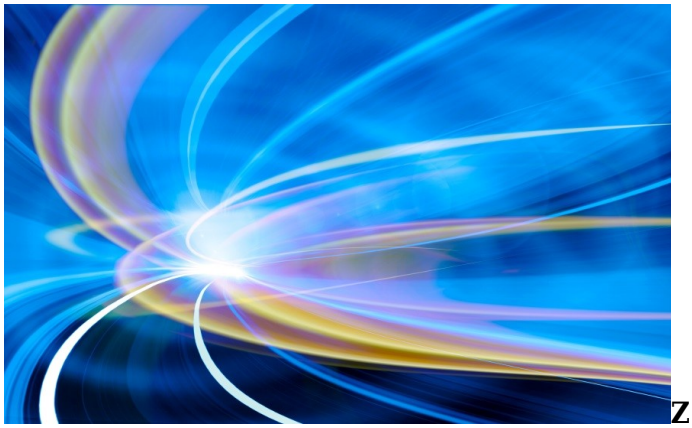
Akceptuję
W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej Polityce Prywatności

Świat zdrowo zafalował



Z prof. Tomaszem Bulikiem z Obserwatorium Astronomicznego Wydziału Fizyki UW, członkiem zespołu LIGO/VIRGO, o odkryciu fal grawitacyjnych rozmawia Przemek Berg

Czy istnieje jakieś prawdopodobieństwo, że to, co odkryto w interferometrach LIGO w USA i co zelektryzowało nie tylko środowiska naukowe, ale też światową opinię publiczną, to nie są fale grawitacyjne?

Prawdopodobieństwo to jest niezwykle małe. Obliczono, że przypadkowe zaobserwowanie silnego sygnału w dwóch interferometrach LIGO jednocześnie i pomyłkowe uznanie go za falę grawitacyjną może się wydarzyć raz na 200 tys. lat. Czyli raczej należy sądzić, że po raz pierwszy zidentyfikowano falę grawitacyjną, zwłaszcza że kształt zarejestrowanego sygnału jest zaskakująco zbieżny z oczekiwaniami naukowców.

Jak działają detektory LIGO?

Zbudowano dwa takie detektory. Znajdują się one w USA i dzieli je odległość 3 tys. km. Oba laserowe interferometry są takie same i składają się z dwóch ramion o długości 4 km każde, ustawionych pod kątem prostym. W miejscu połączenia ramion wysyłany jest sygnał laserowy, który jest następnie dzielony na dwa sygnały, każdy podążający swoim ramieniem. Ten sygnał jest jeszcze odbijany wiele razy (używa się luster), by w ten sposób istotnie wydłużyć mierzoną odległość. Pomiar długości ramion wykonuje się na częstotliwości 10–1000 Hz. Normalnie nie ma między wartościami ramion żadnej różnicy. Ale gdy przez detektor przechodzi fala grawitacyjna, nieznacznie zmienia ona długość ramion o rząd jednej tysięcznej średnicy protonu. To bardzo mało, ale da się zmierzyć. W obu oddalonych od siebie interferometrach zarejestrowano to samo – różnicę długości jednego ramienia w stosunku do drugiego. Jedno ramię się wydłużyło, drugie uległo skróceniu. To oznacza, że przestrzeń w tych miejscach uległa ugięciu, a więc wykryto i tym samym potwierdzono istnienie fal grawitacyjnych. Tę po raz pierwszy odkrytą oznaczono symbolem GW 150914.

Co było źródłem wykrytej fali?

Kolizja dwóch dość masywnych czarnych dziur, do której doszło w odległości ponad miliarda lat świetlnych od nas. W jej wyniku powstała jedna czarna dziura o masie ponad 60 Słońc. Fakt, że istnieją dwa interferometry LIGO i w obu wykryto ten sam efekt, pomógł wstępnie ustalić krąg na niebie, w którym do tej kolizji doszło. Obecnie trudno umiejscowić ją dokładniej, ale już niedługo, gdy we Włoszech powróci do pracy podobny, choć nieco mniejszy detektor VIRGO, stanie się to możliwe dla kolejnych wykrytych koalescencji (zlania dwóch obiektów zwartych).

Czyli wieloletnie poszukiwanie fal grawitacyjnych, które było jednym z ważniejszych wyzwań astrofizyki, zakończyło się wielkim sukcesem?

W ogólnej teorii względności Albert Einstein zauważył, że istnieje rozwiązanie falowe jego równań, ale nie był przekonany, że dotyczy ono fal niosących ze sobą energię. Później wielu naukowców zajmowało się teorią fal grawitacyjnych, w tym kilku wybitnych teoretyków polskich, np. prof. Trautman, i udało im się pokazać, że rozwiązania Einsteina opisują prawdziwą falę. I to taką, która niesie energię. Jeszcze później wielkim przełomem w poszukiwaniu fal grawitacyjnych było odkrycie podwójnego pulsara przez Russella Hulse'a i Josepha Taylora, czyli układu dwóch gwiazd neutronowych, w którym niebezpośrednio wykryto fale grawitacyjne. Otóż orbita tych dwóch pulsarów zacieśnia się zgodnie z przewidywaniami ogólnej teorii względności, a to oznacza, że dzieje się tak w wyniku emisji przez obie gwiazdy fal grawitacyjnych. Ponieważ oba pulsary spadają na siebie, obliczono, że do ich kolizji dojdzie za 300 mln lat. To dalej kazało przypuszczać, że skoro istnieją w Kosmosie spadające na siebie obiekty, a czas tego spadania jest krótszy niż czas Hubble'a, to z pewnością istniały one 300 mln lat temu. A więc wyemitowały fale grawitacyjne, które teraz powinniśmy jakoś odebrać.

Jak badano fale grawitacyjne przed zbudowaniem interferometrów LIGO?

Początkowo za pomocą detektorów rezonansowych, czyli dość potężnych cylindrów, w których przychodząca fala powinna wzbudzać drgania rezonansowe. Gdyby doszło do koincydencji tych drgań w kilku z nich, mielibyśmy dowód rejestracji fali. Niestety, detektory te mogły pracować tylko w bardzo wąskim zakresie częstotliwości, a więc czułości pomiarowe były niewystarczająco duże, by wykryć fale grawitacyjne. Potem powstał pomysł budowy interferometrów: VIRGO we Włoszech, LIGO w USA i GEO600 w Niemczech. Po 2010 r. i LIGO, i VIRGO osiągnęły maksimum swojej czułości, więc poddano je modernizacjom. Unowocześnione LIGO zaczęło pracę w zeszłym roku. Wreszcie we wrześniu ub.r. udało się odebrać właściwy sygnał.

Ta pierwsza detekcja była tak wyraźna i przekonująca, że w zasadzie nikt nie miał wątpliwości, co udało się odkryć…

Tak, to prawda. Wszyscy się spodziewali, że pierwsza detekcja będzie ze źródła słabego, tylko nieco ponad poziomem szumu. Tymczasem sygnał był bardzo wyraźny.

Dlaczego nazwano go „ćwierkiem"?

Otóż sygnał z kolizji obiektów układu zwartego, czyli np. dwóch czarnych dziur, polega na tym, że jednocześnie zwiększają się częstotliwość sygnału i jego amplituda. Ponieważ interferometry pracują w zasadzie na częstotliwościach akustycznych, 100– 1000 Hz, to gdyby ten sygnał zamienić na dźwięk, przypominałby ptasi ćwierk lub gwizd, którego ton i intensywność słyszalnie rosną. I właśnie ten trwający zaledwie 0,12 s ćwierk był sygnałem rejestracji fali grawitacyjnej. Krótki czas tego sygnału w detektorze wynikał z dużej masywności obiektów będących źródłami fali. Przypomnę, że były to dwie czarne dziury, jedna o masie 29, a druga 36 mas Słońca. Kolizja i emisja fali przy obiektach mniej masywnych dałaby sygnał trwający dłużej. Potem przez 16 dni analizowano sygnał, a więc porównywano dane uzyskane w obu interferometrach i na tej podstawie obliczono prawdopodobieństwo rejestracji sygnału pochodzącego z przypadkowego szumu. Jak już powiedziałem, prawdopodobieństwo to jest niezwykle małe.

Co właściwie spowodowało emisję fali grawitacyjnej?

Wydarzenie, które stało się źródłem tej emisji, miało trzy fazy. Pierwsza faza to ta, gdy dwie czarne dziury krążą wokół siebie. Podczas następnej promieniowanie grawitacyjne czarnych dziur jest już tak silne, że nie krążą one dalej po orbitach kołowych, tylko praktycznie bezpośrednio na siebie spadają. W rezultacie dochodzi do trzeciej fazy – tworzenia się jednej czarnej dziury, która jest

niesymetryczna i zaczyna wyświecać w falach grawitacyjnych tę swoją asymetryczność, dzięki czemu staje się w końcu zwykłą rotującą czarną dziurą. Maksimum mocy tego źródła, czyli energii na jednostkę czasu – która była wypromieniowana w końcowej fazie, czyli łączenia się czarnych dziur – w falach grawitacyjnych miało jasność 100 razy większą niż jasność wszystkich galaktyk obserwowanych w Kosmosie. To maksimum trwało zaledwie 0,1 s. Jest to jednak źródło o największej obserwowanej dotąd mocy. Bo typowa jasność najbardziej jasnych dotąd rozbłysków gamma jest od 1000 do 10 tys. razy mniejsza niż jasność GW 150914.

Jaki był Pana udział w odkryciu?

Od lat jestem członkiem grupy POLGRAW, czyli kilkunastu polskich naukowców pracujących dla projektu VIRGO, ale umowa między oboma konsorcjami, i LIGO, i VIRGO, polega na tym, że prace obu zespołów, a więc analizowanie danych i publikowanie wyników, są prowadzone wspólnie. Osobiście jestem odpowiedzialny za prowadzenie wewnętrznych recenzji prac i analizy danych.

Jednak poza tym, że odegrał Pan chyba niebagatelną rolę naukową w całym przedsięwzięciu wykrycia fal grawitacyjnych, ma Pan wielki wkład w teoretyczne badania podwójnych układów czarnych dziur. Mam tu na myśli prace tworzone wspólnie z prof. Krzysztofem Belczyńskim.

Napisaliśmy wiele prac dotyczących rozmaitych aspektów ewolucji układów podwójnych gwiazd. Jednym z istotnych osiągnięć naszego projektu była analiza scenariuszy powstawania i istnienia tzw. obiektów zwartych, a więc podwójnych układów gwiazd neutronowych, czarnych dziur, a także układów czarna dziura–gwiazda neutronowa. Prace te rozpoczęliśmy, kiedy Krzysztof Belczyński pisał doktorat pod moim kierunkiem, i kontynuujemy je do dziś. Przy czym chodzi tu o układy ciasne, w których oba ciała znajdują się blisko siebie. Wiadomo było już od dłuższego czasu, że powstawanie ciasnych układów dwóch czarnych dziur jest bardzo trudne, jednak jakieś pięć, sześć lat temu doszliśmy do wniosku, że układy takie mogą powstawać w tych rejonach Wszechświata, w których zawartość metali, a więc pierwiastków cięższych niż wodór i hel, jest bardzo niska. Takich rejonów o niskiej metaliczności jest dość dużo, nawet wokół naszej Galaktyki. W nich ciasne układy podwójne czarnych dziur mogłyby powstawać. I to całkiem łatwo. To dość ważne, ponieważ koalescencje dwóch czarnych dziur są znacznie „jaśniejsze” w falach grawitacyjnych niż w przypadku innych układów: gwiazd neutronowych lub czarnej dziury i gwiazdy neutronowej. „Widać” je nawet ze znacznych odległości. Takie zwarte układy powinny zdominować populację źródeł fal grawitacyjnych. Przypominam, że takie układy nigdy wcześniej nie były obserwowane.

Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie" nr 04/2016 »
https://laboratoria.net/felieton/25173.html
Informacje dnia: Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne
Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne Rusza 15. edycja konkursu Złoty Medal Chemii Behawiorystka: żyć jak kot z kotem, czyli źle Proteza stawu biodrowego z pomocą robota Szkic rozporządzenia o ewaluacji nauki będzie gotowy późną jesienią Wystarczył jeden gen, aby przenieść zachowanie między gatunkami Napoje izotoniczne

Partnerzy