

Fale grawitacyjne pochodzące z układu masywnych czarnych dziur podważają obecne modele astrofizyczne

Konsorcjum LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) ogłosiło detekcję połączenia się wyjątkowo masywnych czarnych dziur, najmasywniejszych jakie kiedykolwiek zaobserwowano za pomocą fal grawitacyjnych. Odkrycie zostało dokonane przez obserwatoria LIGO znajdujące się w Hanford i Livingston, USA, finansowane przez amerykańską Narodową Fundację Nauki. W efekcie obserwowanego procesu powstała czarna dziura o masie ponad 240 razy większej od masy Słońca. Sygnał, oznaczony jako GW231123, został zaobserwowany 23 listopada 2023 roku podczas czwartej kampanii obserwacyjnej (O4) globalnej sieci detektorów LVK.

Dwie łączące się czarne dziury miały masy odpowiednio około 100 i 140 razy większe niż masa Słońca. Oprócz dużej masy, charakteryzowały się one również szybką rotacją, co sprawiło, że wyemitowany przez układ sygnał był wyjątkowo trudny do interpretacji i sugerował możliwość złożonej historii formowania się tego układu.

Odkrycie tak masywnego i szybko wirującego układu stanowi wyzwanie nie tylko dla naszych technik analizy danych – mówi Ed Porter, badacz z Laboratorium Astrocząstek i Kosmologii (APC) CNRS w Paryżu – ale będzie miało w przyszłości ogromny wpływ na teoretyczne badania kanałów formowania się czarnych dziur oraz modelowanie źródeł fal grawitacyjnych. W rzeczywistości obecne modele ewolucji gwiazd nie dopuszczają istnienia tak masywnych czarnych dziur. Tak masywne czarne dziury mogłyby powstać w wyniku wcześniejszych połączeń mniejszych czarnych dziur.

Do tej pory konsorcjum LVK opublikowało wyniki detekcji fal grawitacyjnych z około 100 koalescencji czarnych dziur. Układem podwójnym o największej dotąd masie było źródło sygnału GW190521, o masie całkowitej, „zaledwie” 140 razy większej od masy Słońca.

Badanie granic astronomii fal grawitacyjnych

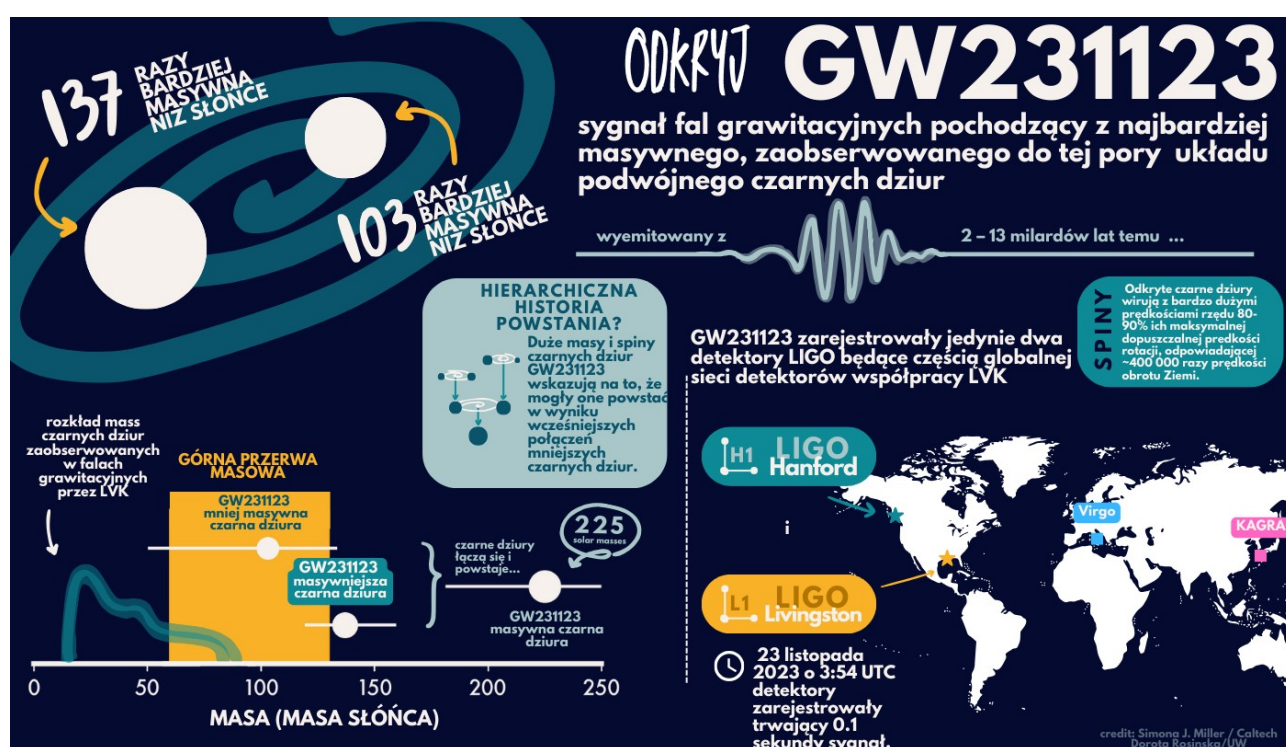
Duża masa i ekstremalnie szybki obrót czarnych dziur w GW231123 przesuwają granice zarówno dla technologii detekcji fal grawitacyjnych, jak i obecnych modeli teoretycznych. W analizie obecnego przypadku wydobywanie dokładnych informacji z sygnału wymagało zastosowania modeli teoretycznych uwzględniających złożoną dynamikę szybko rotujących czarnych dziur.

To wydarzenie przesuwające nasze możliwości w zakresie instrumentów i analizy danych do granic tego, co można aktualnie zrobić – mówi dr Sophie Bini, badaczka podoktorska w Caltech, wcześniej pracująca na Uniwersytecie w Trento. To mocny przykład na to, jak wiele możemy się nauczyć z astronomii fal grawitacyjnych – i jak wiele jeszcze pozostaje do odkrycia.

Detektory fal grawitacyjnych, takie jak LIGO w Stanach Zjednoczonych, Virgo we Włoszech i KAGRA w Japonii, zostały zaprojektowane do pomiaru niewielkich oscylacji czasoprzestrzeni spowodowanych gwałtownymi wydarzeniami kosmicznymi, takimi jak łączenie się czarnych dziur. Czwarta kampania obserwacyjna LVK rozpoczęła się w maju 2023 roku, a obserwacje z pierwszej jej połowy (do stycznia 2024 roku) zostaną opublikowane późnym latem bieżącego roku.

Dzięki najdłuższemu jak dotąd okresowi nieprzerwanych obserwacji i zwiększonej czułości detektorów, czwarta kampania obserwacyjna LIGO-Virgo-KAGRA dostarcza bezcenny nowy wgląd w nasze rozumienie wszechświata – mówi Viola Sordini, badaczka z Instytutu Fizyki Jądrowej (IPNL) CNRS w Lyonie. – To ekscytujące odkrycie otwiera nowy sezon wyników, z wieloma kolejnymi odkryciami spodziewanymi latem i dalszym ciągiem w ciągu najbliższych dwóch lat. Po ogłoszeniu tych odkryć dane zostaną publicznie udostępnione, by umożliwić ich badanie szerokiej społeczności naukowej w ramach programu otwartej nauki.

Odkrycie GW231123 zostanie zaprezentowane na 24. Międzynarodowej Konferencji Ogólnej Teorii Względności i Grawitacji (GR24) oraz 16. Konferencji im. Edoardo Amaldi na temat Fal Grawitacyjnych, które odbędą się wspólnie jako spotkanie GR-Amaldi w Glasgow w Wielkiej Brytanii w dniach 14-18 lipca 2025 r.



Konsorcjum LIGO-Virgo-KAGRA

Projekt LIGO jest finansowany przez amerykańską Narodową Fundację Nauki (NSF), a zarządzany przez Caltech i MIT, które opracowały i zrealizowały projekt. Wsparcie finansowe dla projektu Advanced LIGO zapewniła Narodowa Fundacja Nauki (NSF), a Niemcy (Towarzystwo Maxa Plancka), Wielka Brytania (Rada ds. Obiektów Naukowo-Technicznych) oraz Australia (Australijska Rada ds. Badań) wniosły znaczący wkład w projekt. Ponad 1600 naukowców z całego świata uczestniczy w projekcie za pośrednictwem LIGO Scientific Collaboration, którego częścią jest GEO Collaboration. Lista pozostałych partnerów znajduje się na stronie <https://my.ligo.org/census.php>.

Virgo Collaboration zrzesza obecnie około 1000 członków ze 175 instytucji w 20 różnych krajach (głównie europejskich) w tym uczonych z Polski, członków zespołu Virgo-Polgraw. Uczestnikami eksperymentu VIRGO z Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie są prof. M. Ostrowski, inż.

J. Kubisz, dr hab. Ł. Stawarz i dr hab. Zenon Nieckarz. Prowadzą oni monitorowanie i badania propagujących się wokół Ziemi fal elektromagnetycznych ekstremalnie niskich częstości, które mogłyby zakłócać ultraprecyzyjne pomiary detektorów fal grawitacyjnych.

Europejskie Obserwatorium Grawitacyjne (EGO) posiada detektor Virgo w pobliżu Pizy we Włoszech i jest finansowane przez Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) we Francji, Narodowy Instytut Fizyki Jądrowej (INFN) we Włoszech, Narodowy Instytut Fizyki Subatomowej (Nikhef) w Holandii, Fundację Badań Naukowych – Flandria (FWO), Belgijski Fundusz Badań Naukowych (F.R.S.–FNRS) oraz Polskie Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Listę grup tworzących Virgo Collaboration można znaleźć na stronie <https://www.virgo-gw.eu/about/scientific-collaboration>. Więcej informacji można znaleźć na stronie internetowej projektu Virgo: <https://www.virgo-gw.eu>.

KAGRA to interferometr laserowy o ramionach długości 3 km, zlokalizowany w miejscowości Kamioka w prowincji Gifu w Japonii. Instytucją zarządzającą projektem jest Instytut Badań Promieniowania Kosmicznego (ICRR) Uniwersytetu Tokijskiego, a współorganizatorami projektu są Narodowe Obserwatorium Astronomiczne Japonii (NAOJ) oraz Organizacja Badań nad Akceleratorami Wysokich Energii (KEK). Współpraca w ramach projektu KAGRA skupia ponad 400 członków ze 128 instytutów z 17 krajów/regionów. Informacje o projekcie KAGRA dla szerokiej publiczności znajdują się na stronie internetowej <https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/>. Zasoby dla badaczy są dostępne pod adresem <http://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA>.

Kontakty dla mediów:

LIGO-Virgo-Kagra Collaboration
LVK Communications Group
Lead Susanne Milde
+49 1723931349
susanne.milde@ligo.org

Caltech
Whitney Clavin
wclavin@caltech.edu
626-390-9601

MIT
Abigail Abazorius
abbya@mit.edu
617-253-2709

EGO/Virgo
Vincenzo Napolano
napolano@ego-gw.it
+393472994985

NSF
Jason Stoughton
StaQ Associate for Science Communications

703-292-7063
jstought@nsf.gov

KAGRA
Shinji Miyoki
kagra-pub@icrr.u-tokyo.ac.jp
+81-578-85-2623

Virgo-Polgraw
Dorota Rosińska
drosinska@astrouw.edu.pl
+48602223570

GR24-Amaldi16 Conference
Ross Barker
Ross.Barker@glasgow.ac.uk