Instituto de Física Teórica
UAM-CSIC

NOTA DE PRENSA
Instituto de Física Teórica
Teléfono: 912999894
comunicacion.ift@uam.es
http://www.ift.uam-csic.es

EXCELENCIA SEVERO OCHOA

excelencia UAM CSIC

35 nuevos seísmos del espacio-tiempo detectados por Virgo y LIGO

Madrid, 8 de Noviembre de 2021. 35 nuevos eventos detectados por LIGO y Virgo durante su último periodo de observación han aumentado a 90 el número de ondas gravitacionales detectadas hasta la fecha. Estos eventos son seísmos del espacio-tiempo generados por las fusiones tanto de dos agujeros negros o estrellas de neutrones, como de pares de un agujero negro y una estrella de neutrones. El conjunto de datos, publicado hoy en el artículo etiquetado como tercer catálogo, describe las características de nuevas poblaciones de agujeros negros, las masas de los cuales, junto a las de las estrellas de neutrones observadas, proporcionan pistas sobre cómo las estrellas viven y mueren, ampliando los horizontes de la astronomía gravitacional.

Datos de los 35 nuevos eventos de ondas gravitacionales observados entre noviembre de 2019 y marzo de 2020, durante la segunda parte del tercer y más reciente periodo de observación (03b), hace que aumente a 90 el número total de señales gravitacionales detectadas hasta la fecha por la red global de tres interferómetros.

La mayoría de las nuevas señales proceden de la fase espiral de la fusión de dos agujeros negros: seísmos cósmicos que agitan el tejido del espacio-tiempo, generando un potente estallido de ondas gravitacionales. Otros dos eventos, uno ya anunciado en junio de este año, fueron identificados como fusiones de una estrella de neutrones con un agujero negro, una fuente observada por primera vez durante este periodo de LIGO-Virgo. Otro evento, detectado en febrero de 2020, podría proceder tanto de una pareja de agujeros negros como de una pareja mixta de un agujero negro y una estrella de neutrones. De hecho, la masa del objeto más ligero se encuentra en un rango -el conocido como hueco en la distribución de masas- en el cual, antes de las observaciones de ondas gravitacionales, no se esperaba que se formaran estrellas de neutrones ni agujeros negros, lo que hace de esto un misterio para la comunidad científica.

Estas nuevas detecciones han sido publicadas por las colaboraciones científicas Virgo, LIGO y KAGRA, en el tercer catálogo de fuentes de ondas gravitacionales transitorias (GWTC-3), en el repositorio online ArXiv.

Tan pronto como la señal es identificada como un potencial evento astrofísico por el sistema de análisis de datos del detector, y doblemente comprobada por investigadores, cierta información preliminar sobre la localización en el cielo de la fuente de ondas gravitacionales y su naturaleza (una pareja de agujeros negros, de estrellas de neutrones o mixta) se hace pública, casi en tiempo real. Estas 'alertas de baja latencia' permiten un seguimiento multi-mensajero, que consiste en la búsqueda por parte de telescopios y observatorios en la Tierra o en el espacio de señales de diferentes tipos (por ejemplo, señales electromagnéticas y neutrinos) emitidos por la misma fuente que emite ondas gravitacionales.

Durante el último periodo de observación, las colaboraciones LIGO y Virgo emitieron 39 alertas en tiempo real a la comunidad científica por potenciales eventos de ondas gravitacionales. 18 de estos candidatos han sido confirmados y otros 17 más se han añadido después de un análisis "offline". Los resultados de estos análisis más completos y refinados son los que se publican hoy en el Catálogo GWTC3. Sin embargo, ninguna contrapartida multi-mensajera ha sido anunciada hasta ahora.

"El análisis offline de los datos continuó durante muchos meses después de que terminara el periodo de observación, ya que se requería un trabajo largo y complejo de calibración de datos y análisis por diferentes equipos investigadores, trabajando en paralelo y usando diferentes técnicas de análisis", dice Viola Sordini, investigadora CNRS en el Institut de Physique des deux Infinis de Lyon. "De hecho, en algunos casos buscamos señales en los datos que se parezcan lo máximo posible a la 'forma' predicha por los modelos teóricos. Otros grupos en cambio consideran y analizan en detalle todas las características de la señal, que emergen del ruido de fondo del detector, sin ninguna señal gravitatoria de referencia. Es una actividad extremadamente intensa, en la que cientos de investigadores e investigadoras de todo el mundo se coordinan".

Al mismo tiempo, las colaboraciones científicas LIGO, Virgo y KAGRA han publicado también hoy el conjunto completo de datos calibrados registrado por los detectores LIGO y Virgo desde noviembre de 2019 hasta marzo de 2020. Esto permite a toda la comunidad investigadora llevar a cabo análisis independientes y comprobaciones, mejorando la calidad de los resultados científicos.

El nuevo horizonte de la astronomía gravitacional

El Catálogo publicado hoy ofrece una visión sin precedentes de un nuevo panorama de eventos cósmicos extremos y describen las características de poblaciones de agujeros negros, ajustando nuevos récords y límites en las masas de agujeros negros y estrellas de neutrones. Algunos de los agujeros negros formados en estas colisiones superan 100 veces la masa de nuestro Sol, y se clasifican como agujeros negros de masa intermedia. Este tipo de agujero negro es de gran interés, ya que podría jugar un papel importante en la formación de los agujeros negros supermasivos encontrados en el centro de galaxias. Estos se han predicho de manera teórica desde hace mucho tiempo por la comunidad astrofísica, y han sido detectados de manera directa por primera vez con las señales gravitacionales de la colaboración LIGO-Virgo-KAGRA.

Además, uno de las fusiones involucra a un agujero negro masivo (alrededor de 33 veces la masa de nuestro Sol) y una estrella de neutrones de muy baja masa (alrededor de 1,2 veces la masa de nuestro Sol). Esta es una de las estrellas de neutrones más ligeras jamás detectadas, usando tanto ondas gravitacionales como observaciones electromagnéticas.

Finalmente, hay un sistema binario del cual la comunidad científica no puede decidir con claridad si el componente más ligero es una estrella de neutrones o un agujero negro. Su masa, equivalente a 2,8 masas solares, es un rompecabezas, ya que los científicos esperan que la estrella de neutrones más masiva debe rondar las 2,5 masas solares. Sin embargo, no se han descubierto agujeros negros con una masa por debajo de las 5 masas solares con observaciones electromagnéticas.

En general, la distribución de masas de agujeros negros y estrellas de neutrones observada desafía los modelos astrofísicos que describen la evolución y la muerte de las estrellas, de los cuales estas distribuciones se originan. Además, las propiedades físicas de las fuentes detectadas ofrecen nuevas pistas sobre los entornos astrofísicos en los cuales los eventos cósmicos extremos que se estudian tienen más probabilidades de suceder: entornos de alta densidad estelar, como cúmulos globulares, cúmulos jóvenes o incluso los discos de acreción de los núcleos de galaxias activas.

“Todavía recuerdo vivamente el entusiasmo de toda la comunidad científica cuando escuchábamos el anuncio público del primer descubrimiento de ondas gravitacionales a principios de 2016”, comenta Edoardo Milotti, miembro de la Colaboración Virgo en la Universidad de Trieste y INFN. “Ahora, menos de seis años después, los descubrimientos anunciados en el catálogo GWTC-3 añaden nueva y preciada información al nuevo y creciente campo de la astronomía de ondas gravitacionales, y ofrecen una nueva perspectiva en muchos aspectos del Universo, como, por ejemplo, las poblaciones de sistemas binarios de agujeros negros o estrellas de neutrones.”

El futuro

El progreso alcanzado en unos pocos años por la comunidad científica de ondas gravitacionales ha sido impresionante, pasando de la primera detección a la observación de varios eventos por mes. Esto ha sido posible gracias al plan continuo de mejoras tecnológicas, que ha transformado los primeros instrumentos pioneros en detectores cada vez más sensibles. La mejora en la sensibilidad del detector debido a avances tecnológicos y su puesta a punto es evidente, considerando que, de los 90 eventos de ondas gravitacionales publicados hasta la fecha, hasta 79 se refieren exclusivamente al último periodo de observación, que duró desde abril de 2019 hasta marzo de 2020.

Los observatorios de LIGO y Virgo están implementando actualmente mejoras y empezarán el siguiente cuarto periodo de observación en la segunda mitad de 2022, con una todavía mayor sensibilidad, correspondiente a un volumen del Universo casi 10 veces mayor que hasta ahora y, por tanto, a una mucha mayor probabilidad de detectar señales gravitacionales.

“Entre algunas de las mejoras en Virgo, hemos introducido una cavidad óptica adicional (la llamada cavidad recicladora de señal), que permite mejorar la banda de

sensibilidad del detector para altas frecuencias", añade Sebastian Steinlechner, profesor adjunto en la Universidad de Maastricht y Nikhef. "Esto se corresponde con un incremento de la capacidad del detector para 'escuchar' las etapas finales de los pares coalescentes, cuando dos agujeros negros o estrellas se fusionan en un único objeto."

El detector KAGRA en Japón está poniéndose a punto y KAGRA planea unirse al siguiente periodo de observación. La expansión de la red de detectores capaz de tomar datos conjuntamente incrementará aun más la precisión en la localización de la fuente, un rasgo muy importante para futuros desarrollos en la astronomía multi-mensajera.

"El nuevo artículo muestra cómo Virgo, LIGO y KAGRA se mueven rápido hacia una nueva fase", dice Giovanni Losurdo, portavoz de Virgo e investigador en INFN. "Desde el descubrimiento y la observación de eventos aislados a estudios de población, una potente manera de investigar la naturaleza del Universo oscuro. Este cambio parecerá más relevante en los siguientes periodos de observación cuando, gracias a las recientes mejoras, esperamos detectar hasta un evento al día."

Observatorios de ondas gravitacionales

La Colaboración Virgo está actualmente compuesta por unos 700 miembros de 126 instituciones en 15 países diferentes (la mayoría europeos). El Observatorio Gravitacional Europeo (EGO) alberga el detector Virgo cerca de Pisa en Italia, y está financiado por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en Francia, el Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) en Italia, y el Instituto Nacional de Física Subatómica (Nikhef), en Países Bajos. Una lista de los grupos de la Colaboración Virgo se puede encontrar en http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/. Hay más información disponible en la página web de Virgo en http://www.virgogw.eu.

LIGO está financiado por la National Science Foundation (NSF) y operado por Caltech y MIT, los cuales concibieron LIGO y lideraron el proyecto. El apoyo económico para el proyecto de Advanced LIGO fue liderado por la NSF, junto a Alemania (Sociedad Max Planck), el Reino Unido (Science and Technology Facilities Council) y Australia (Australian Research Council-OzGrav), haciendo significantes contribuciones y compromisos con el proyecto. Aproximadamente 1300 científicos y científicas alrededor del mundo participan en la Colaboración Científica LIGO, que incluye la Colaboración GEO. Una lista de socios adicionales está disponible en https://my.ligo.org/census.php.

El interferómetro láser KAGRA, con brazos de 3 kilómetros de longitud, se encuentra en Kamioka, Gifu, Japón. El instituto que lo alberga es el Institute of Cosmic Ray Researches (ICRR) en la Universidad de Tokyo, y el proyecto está co-gestionado por el National Astronomical Observatory en Japón (NAO) y la High Energy Accelerator Research Organization (KEK). KAGRA finalizó su construcción en 2019, y más tarde se unió a la red internacional de detectores de ondas gravitacionales de LIGO y Virgo. El periodo real de toma de datos empezó en febrero de 2020, durante las etapas finales del periodo "O3b". El Congreso Científico KAGRA está compuesto por más de 470 miembros de 115 institutos en 14 países/regiones. La lista de investigadores e investigadoras se encuentra disponible en http://gwwiki.icrr.u-tokyo.ac.jp/JGWwiki/KAGRA/KSC/Researchers . La información sobre KAGRA se encuentra en la página web: https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/ .

Seis grupos españoles contribuyen al estudio y análisis de las ondas gravitacionales detectadas por LIGO-Virgo, en áreas que van desde el modelado teórico de las fuentes astrofísicas y el análisis de los datos hasta la mejora de la sensibilidad de los detectores para los períodos de observación actuales y futuros. Dos grupos, en la Universitat de les Illes Balears (UIB) y el Instituto Galego de Física de Altas Enerxías (IGFAE) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), forman parte de la Colaboración Científica LIGO; mientras que la Universitat de València (UV), el Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona (ICCUB), el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) de Barcelona y el Instituto de Física Teórica (IFT) de la Universidad Autónoma de Madrid-CSIC son miembros de Virgo.

La contribución española está financiada por la Agencia Estatal de Investigación, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, a través de los programas AYA y FPN, programas de Excelencia Severo Ochoa y María de Maeztu, programas de financiación de la Unión Europea, Fondos FEDER, Fondo Social Europeo, Conselleria de Fons Europeus, Universitat i Cultura y la Dirección General de Política Universitaria e Investigación del Govern de les Illes Balears, Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital de la Generalitat Valenciana, programa CERCA de la Generalitat de Catalunya, Programa Operativo FEDER Galicia 2014-2020, Xunta de Galicia, y tienen el apoyo de la Red Española de Supercomputación (RES).

Contactos de prensa en Europa

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

Virgo
Livia Conti
livia.conti@pd.infn.it

CNRS, Francia
Véronique Etienne
veronique.etienne@cnrs.fr
+33 1 44 96 51 37

INFN, Italia
Antonella Varaschin
antonella.varaschin@presid.infn.it

Nikhef, Países Bajos
Martijn van Calmthout
martijn.van.calmthout@nikhef.nl
+31 6 46637876

CSIC, España
Juan García-Bellido
juan.garciabellido@uam.es
+31 692404087

Contactos de prensa en Estados Unidos

Caltech
Whitney Clavinthe
wclavin@caltech.edu
+1 626-390-9601

MIT
Abigail Abazorius
abbya@mit.edu
+1 617-253-2709

NSF
Josh Chamot
jchamot@nsf.gov
+1 703-292-4489

SOBRE el IFT-UAM/CSIC

El Instituto de Física Teórica (IFT) es un centro mixto perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y a la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). En el IFT se investiga en la frontera de la Física Teórica y especialmente de la Física de Partículas Elementales, Astropartículas y Cosmología. El objetivo básico de la investigación que se desarrolla es entender las claves fundamentales de la Naturaleza y del Universo. Sus investigadores lideran numerosos proyectos de investigación en el ámbito tanto nacional como internacional. Además de la actividad puramente científica, en el IFT se realiza también una intensa tarea de formación de excelentes investigadores y de transmisión del conocimiento a la sociedad a través de diversos programas de divulgación.