

LAS ONDAS GRAVITACIONALES DETECTADAS 100 AÑOS DESPUÉS DE LA PREDICCIÓN DE EINSTEIN

LIGO abre una nueva ventana al Universo con la observación de las ondas gravitacionales procedentes de la colisión de agujeros negros

WASHINGTON, DC / Cascina, Italia

Por primera vez, los científicos han observado ondulaciones en el tejido del espacio-tiempo, llamadas ondas gravitacionales, llegando a la Tierra procedentes de un evento catastrófico en el distante universo. Esto confirma una importante predicción de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein de 1915 y abre una nueva ventana sin precedentes en el cosmos.

Las ondas gravitacionales llevan consigo información acerca de sus dramáticos orígenes y sobre la naturaleza de la gravedad que no puede obtenerse de otra manera. Los físicos han llegado a la conclusión de que las ondas gravitacionales detectadas fueron producidas durante la última fracción de segundo de la fusión de dos agujeros negros para producir un solo agujero negro más masivo en rotación. Esta colisión de dos agujeros negros había sido predicha pero nunca antes había sido observada.

Las ondas gravitacionales fueron detectadas el 14 de septiembre de 2015 a las 5:51 a.m. hora de verano del este de Estados Unidos (09:51 UTC) por los dos detectores gemelos del Observatorio por Interferometría Láser de Ondas Gravitacionales (LIGO, por sus siglas en inglés), ubicados en Livingston, Louisiana, y Hanford, Washington, EE.UU. Los observatorios LIGO están financiados por la National Science Foundation (NSF), y fueron concebidos y construidos, y son operados por Caltech y MIT. El descubrimiento, aceptado para su publicación en la revista Physical Review Letters, fue realizado por la Colaboración Científica LIGO (que incluye la Colaboración GEO600 y el Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy) y la colaboración Virgo usando datos de los dos detectores LIGO.

Basándose en las señales observadas, los científicos de LIGO estiman que los agujeros negros de este evento eran de unas 29 y 36 veces la masa del Sol, y que el evento tuvo lugar hace 1,3 mil millones de años. Cerca de 3 veces la masa del Sol se convirtió en ondas gravitacionales en una fracción de segundo - con una potencia pico de unas 50 veces la de todo el Universo visible. Comparando los tiempos de llegada de la señal - el detector en Livingston registró el evento 7 milisegundos antes del detector en Hanford - los científicos pueden decir que la fuente se encuentra en el hemisferio sur.

De acuerdo con la relatividad general, una pareja de agujeros negros orbitando uno alrededor del otro pierde energía mediante la emisión de ondas gravitacionales, produciendo un acercamiento gradual entre ambos durante miles de millones de años, y luego mucho más rápidamente en los últimos minutos. Durante la última fracción de segundo, los dos agujeros negros chocan entre sí casi a la mitad de la velocidad de la luz y forman un único agujero negro más masivo, convirtiendo una parte de la masa de ambos en energía, de acuerdo con la fórmula de Einstein $E = mc^2$. Esta energía se emite como una fuerte explosión final de ondas gravitacionales. Estas son las ondas gravitacionales que LIGO ha observado.

La existencia de ondas gravitacionales fue demostrada por primera vez en los años 1970 por Russell Hulse y Joseph Taylor Jr, quienes descubrieron en el año 1974 un sistema binario compuesto de un púlsar orbitando otra estrella, la cual posteriormente se descubrió que era una estrella de neutrones. Descubrieron que la órbita del púlsar estaba encogiéndose lentamente a medida que el tiempo pasaba debido a la emisión de energía en forma de ondas gravitacionales. Por su trabajo, Hulse y Taylor fueron premiados con el premio Nobel el año 1993. El sistema binario Hulse-Taylor se fusionará para formar un agujero negro de aquí a 300 millones de años. En la medición reciente, LIGO observó directamente el modelo de onda gravitacional del final de la vida de un sistema binario compuesto de dos agujeros negros, proporcionando un boceto en el tiempo de las fracciones de segundo finales del sistema binario a medida que se convertía en un agujero negro individual.

"Nuestra observación de las ondas gravitacionales logra un ambicioso objetivo establecido hace más de 5 décadas de detectar directamente este esquivo fenómeno y entender mejor el Universo, y, como corresponde, cumple con el legado de Einstein en el 100 aniversario de su teoría general de la relatividad", dice David H. Reitze, director ejecutivo del Laboratorio LIGO en Caltech.

El descubrimiento fue posible gracias a las capacidades mejoradas de Advanced LIGO, una importante actualización que aumenta la sensibilidad de los instrumentos en comparación con los detectores LIGO de primera generación, lo que permite un gran aumento del volumen del universo explorado y el descubrimiento de las ondas gravitacionales durante su primer periodo de observación. La National Science Foundation de Estados Unidos lidera el apoyo financiero a Advanced LIGO. Organismos de financiación en Alemania (Sociedad Max Planck), Reino Unido (Consejo de Infraestructuras de Ciencia y Tecnología, STFC) y Australia (Consejo Australiano de Investigación) también han contribuido significativamente al proyecto. Varias de las tecnologías clave que hicieron Advanced LIGO mucho más sensible se han desarrollado y probado por la colaboración británico-alemana GEO. Varias universidades han diseñado, construido y probado componentes clave para Advanced LIGO: la Universidad Nacional de Australia, la Universidad de Adelaide, la Universidad de Florida, la Universidad de Stanford, la Universidad de Columbia de Nueva York, y la Universidad Estatal de Louisiana.

"En el año 1992, cuando la financiación inicial de LIGO fue aprobada, representó la mayor inversión que la NSF había hecho jamás" dice France Córdova, directora de la NSF. "Fue un gran riesgo. Pero la National Science Foundation es la agencia que toma este tipo de riesgos. Damos soporte a la ciencia fundamental y a la ingeniería en el punto de la carretera al descubrimiento en el que el camino no está nada claro. Financiamos pioneros. Es el motivo de porque los Estados Unidos continúan siendo un líder global a la hora de avanzar conocimiento."

La investigación en LIGO la lleva a cabo la Colaboración Científica LIGO (LSC), un grupo de más de 1000 científicos de universidades de todo Estados Unidos y de otros 14 países. Más de 90 universidades e institutos de investigación de la LSC desarrollan tecnología para el detector y analizan datos; alrededor de unos 250 estudiantes contribuyen de forma relevante a la colaboración. La red de detectores LSC incluye los interferómetros de LIGO y el detector GEO600. El equipo de GEO incluye científicos

del Instituto Max Planck de Física Gravitacional (Albert Einstein Institute, AEI), Leibniz Universität Hannover, junto a socios de la Universidad de Glasgow, Universidad de Cardiff, la Universidad de Birmingham, otras universidades en el Reino Unido, y la Universidad de las Islas Baleares en España.

"Esta detección es el comienzo de una nueva era: el campo de la astronomía de ondas gravitacionales es ya una realidad", dice Gabriela González, portavoz del LSC y profesor de física y astronomía en la Universidad Estatal de Louisiana.

LIGO fue originalmente propuesto como un medio para detectar estas ondas gravitacionales en los años 1980 por Rainer Weiss, profesor de física, emérito, del MIT; Kip Thorne, que ocupa la cátedra del profesor Richard P. Feynman de física teórica de Caltech, emérito; y Ronald Drever, profesor de física, emérito, también de Caltech.

"La descripción de esta observación está muy bien descrita en la teoría de Einstein de la relatividad general, formulada hace 100 años, y consta de la primera prueba de la teoría en el marco de gravitación fuerte. Hubiera sido maravilloso ver la cara de Einstein si hubiésemos sido capaces de decírselo", dice Weiss.

"Con este descubrimiento, los humanos se están embarcando en una maravillosa nueva misión: la misión de explorar la parte deformada del Universo – objetos y fenómenos que están hechos de espacio-tiempo deformado. Los agujeros negros en colisión y las ondas gravitacionales son los primeros ejemplos", dice Thorne.

La investigación en Virgo se lleva a cabo por la Colaboración Científica Virgo, un grupo de más de 250 físicos e ingenieros pertenecientes a 19 laboratorios europeos diferentes: 6 con el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Francia; 8 con el Instituto Nacional de Física Nuclear (INFN) en Italia; 2 con Nikhef en los Países Bajos; Instituto Wigner en Hungría; el grupo POLGRAW en Polonia; y el Observatorio Gravitacional Europeo (EGO), el laboratorio que alberga el interferómetro Virgo cerca de Pisa, Italia.

Fulvio Ricci, portavoz de Virgo, señaló que "Este es un hito importante para la física, pero lo más importante es el principio de muchos nuevos y excitantes descubrimientos astrofísicos que vendrán con LIGO y Virgo".

Bruce Allen, director del Instituto Max Planck de Física Gravitacional (Albert Einstein Institute), añade: "Einstein pensó que las ondas gravitacionales eran demasiado débiles para ser detectadas, y no creía en los agujeros negros. ¡Pero no creo que le hubiera importado estar equivocado!"

"Los detectores Advanced LIGO son una hazaña de la ciencia y la tecnología, hecha posible por un equipo internacional verdaderamente excepcional de técnicos, ingenieros y científicos", dice David Shoemaker, del MIT, líder del proyecto Advanced LIGO. "Estamos muy orgullosos de haber terminado este proyecto financiado por NSF a tiempo y dentro del presupuesto."

En cada observatorio, el interferómetro LIGO de dos millas y media (4 km) de largo en forma de L utiliza luz láser separada en dos haces que van y vienen dentro de los brazos (tubos de cuatro pies de diámetro guardados en un vacío casi perfecto). Los haces se

utilizan para controlar la distancia entre los espejos posicionados de forma muy precisa en los extremos de los brazos. De acuerdo con la teoría de Einstein, la distancia entre los espejos cambiará una cantidad infinitesimal cuando una onda gravitacional pase por el detector. Se pueden detectar cambios más pequeños que la diezmilésima parte del diámetro de un protón (10^{-19} metros) en las longitudes de los brazos.

“Para hacer posible esta fantástica meta se requirió una colaboración a escala global de científicos – tecnología de suspensión y láser desarrollada para nuestro detector GEO600 fue usada para ayudar a hacer a Advanced LIGO el detector de ondas gravitacionales más sofisticado jamás creado”, dice Sheila Rowan, profesora de física y astronomía en la Universidad de Glasgow.

Son necesarios observatorios independientes y ampliamente separados para determinar la dirección del evento que causa las ondas gravitacionales, y también para verificar que las señales proceden del espacio y que no pertenecen a algún otro fenómeno local.

“Tenemos la esperanza de que esta primera observación acelerará la construcción de una red global de detectores que permitirá localizaciones más precisas de las fuentes de ondas gravitacionales en la era de astronomía de mensajeros múltiples”, dice David McClelland, profesor de física y director del Centro de Física Gravitacional en la Australian National University.

###

Caltech

Kathy Svitil
Director of News and Content Strategy
626-676-7628 (cell) 626-
395-8022
(office) ksvitil@caltech.edu

MIT

Kimberly Allen
Director of Media Relations
Deputy Director, MIT News Office
617-253-2702 (office) 617-
852-6094 (cell)
allenkc@mit.edu

NSF

Ivy Kupec
Media Officer
703-292-8796 (Office) 703-
225-8216 (Cell)
ikupec@nsf.gov

VIRGO
NAME
TITLE
PHONE
EMAIL

GEO

Susanne
Milde milde@mildemar
keting.de Phone +49
331 583 93 55
Mobile: +49 172 3931349.

UK Science and Technology Facilities Council

Terry O'Connor
Email:
terry.o'connor@stfc.ac.
uk Phone: +44 1793
442006 Mobile: +44 77
68 00 61 84.

Max Planck Institute for Gravitational Physics Hannover

Benjamin Knispel (Press
Officer) +49 511 762
19104 benjamin.knispel@ae
i.mpg.de