

Einstein llevaba razón: primera detección directa de las ondas gravitatorias

Por vez primera un equipo científico, el del Experimento LIGO, ha detectado las ondas gravitatorias. Era la última predicción de la Teoría General de la Relatividad que quedaba por confirmar de forma directa, pues anteriormente se disponía tan sólo de evidencias indirectas, aunque ciertamente sólidas. El Experimento LIGO ha presentado sus resultados en una conferencia de prensa coincidiendo con la publicación de las observaciones en la prestigiosa revista *Physical Review Letters*.

Las ondas gravitatorias son deformaciones minúsculas del espacio-tiempo. Se emiten en sistemas con masas muy grandes, acelerados a velocidades próximas a la de la luz y con un grado alto de asimetría. Como consecuencia de todo lo anterior, el campo gravitatorio varía temporalmente, y la energía liberada en dichas variaciones se invierte en alterar el espacio-tiempo, propagándose a la velocidad de la luz, como si fueran ondas en la superficie del mar. La detección directa de ondas gravitatorias era todo un reto, pues las variaciones del espacio-tiempo esperadas en este tipo de procesos son típicamente de 1 parte en 10^{21} . Esto equivale a una variación inferior al tamaño de un núcleo atómico en una unidad astronómica (la distancia que separa la Tierra del Sol, unos 150 millones de kilómetros).

El 14 de Septiembre de 2015 los dos detectores de LIGO — situados, respectivamente, en Hanford (Washington) y Livingston (Louisiana) — observaron de forma prácticamente simultánea una señal que presumiblemente podría corresponder a una onda gravitatoria. Además, el retraso entre los dos detectores de LIGO era exactamente el esperado, correspondiéndose con el intervalo de tiempo que tardaría la señal en llegar desde uno a otro detector. Además, la frecuencia de la señal era inicialmente de 35 ciclos por segundo, y 0.25 s después la frecuencia era de 250 ciclos por segundo, para, posteriormente desaparecer de forma brusca. Este era el tipo de señal que cabría esperar de la coalescencia de un sistema binario de agujeros negros. El equipo LIGO introduce rutinariamente de forma aleatoria en las medidas de los detectores este tipo de señales, generadas de forma artificial, para comprobar que los algoritmos de detección y alerta estén funcionando correctamente y para verificar el estado del experimento. Sin embargo, esta vez no había sido así, no se había inyectado señal alguna de forma artificial. Ello hacía pensar que por fin se habían detectado de forma directa ondas gravitatorias. No obstante, el equipo hizo todas las comprobaciones necesarias para verificar su descubrimiento, concluyendo que la señal era genuina (con un nivel de confianza 5 veces superior al de la hipótesis de que no fuera una onda gravitatoria, sino un falso positivo de los detectores).

Hace 1,300 millones de años (o, lo que es equivalente, el tiempo que tarda la señal en recorrer una distancia de 410 mega-parsecs, la distancia a la fuente, conocida como GW150914) la coalescencia de dos agujeros negros de tamaño relativamente pequeño (36 y 29 masas solares, respectivamente) produjo la emisión de las ondas gravitatorias que hoy se han detectado. El resultado de dicha coalescencia fue la formación de un agujero negro más masivo, de unas 62 masas solares, mientras

que el resto de la energía (equivalente a unas 3 masas solares) se emitió en forma de ondas gravitatorias, confirmando de este modo no sólo las predicciones de Albert Einstein sino, también, la existencia de agujeros negros binarios y, además, la corrección de los modelos teóricos que explican la dinámica del proceso de coalescencia, y abriendo de esta forma una nueva ventana observacional para el estudio del Cosmos.

Enrique García-Berro & Jordi José

Imágenes:

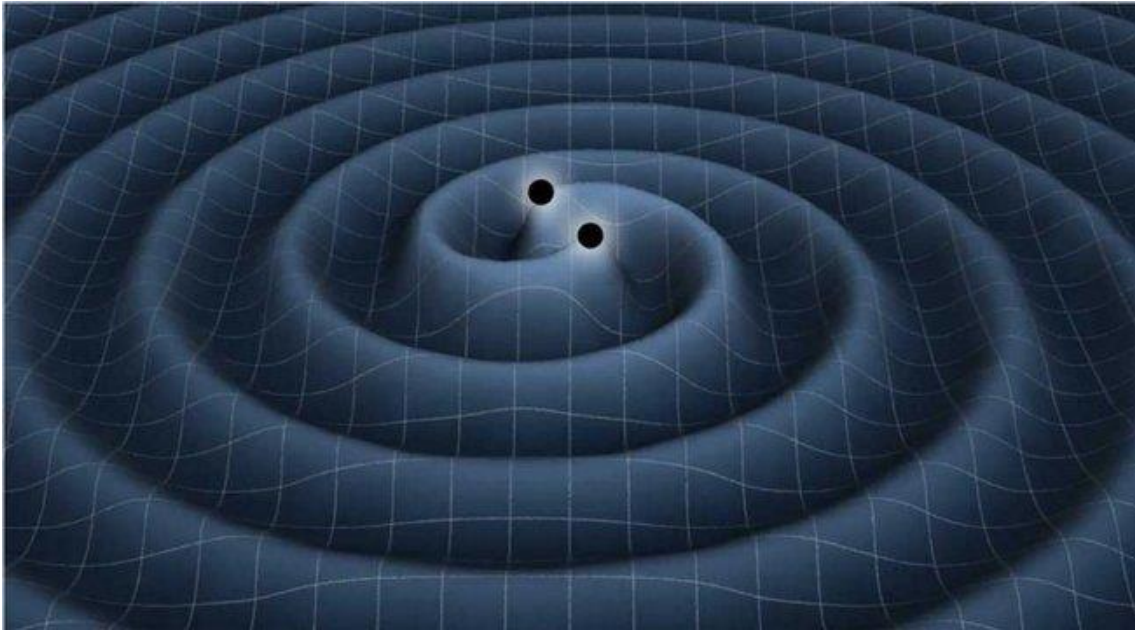


Figura 1: Recreación artística de la coalescencia de un sistema binario de agujeros negros. Obsérvese la deformación del espacio-tiempo producida durante el proceso de coalescencia. Fuente: LIGO.

Livingston, Louisiana (L1)

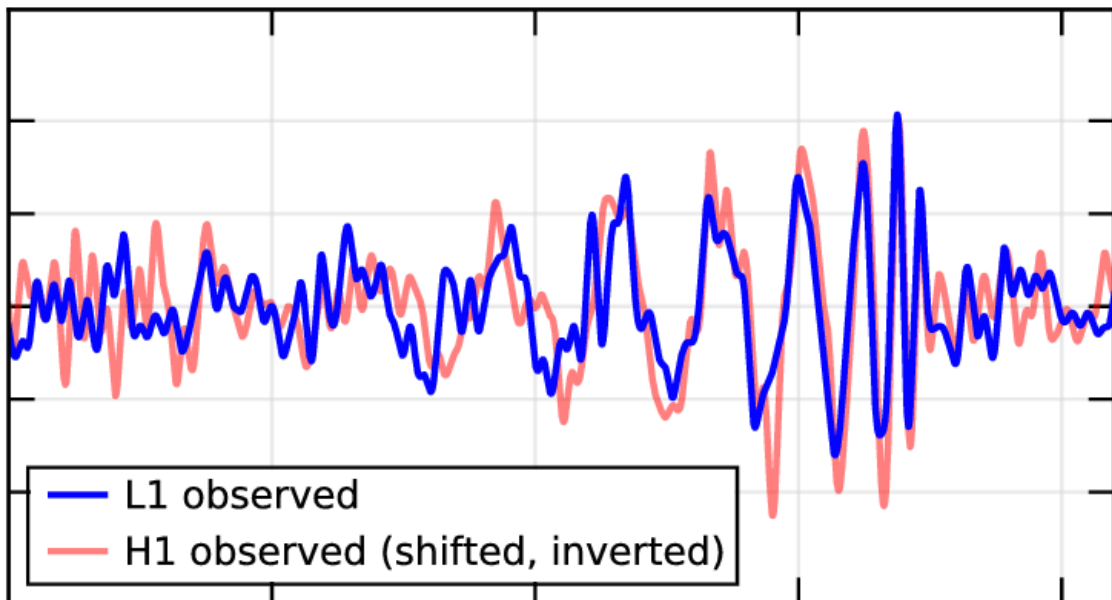


Figura 2: Patrón de ondas gravitatorias emitido durante el proceso de coalescencia de GW150914. Se muestran las señales obtenidas en cada uno de los dos detectores superpuestas desplazando la señal del detector localizado en Hanford. Nótese la perfecta sincronía. Fuente: LIGO.

Vínculos externos:

Experimento LIGO:

<http://www.ligo.org/>

Gravitational wave ringtones:

- "Enchilada Cool Waves": [iPhone](#) or [android/wav format](#)
- "Black Hole Billiards": [iPhone](#) or [android/wav format](#)
- "GW Chill out": [iPhone](#) or [android/wav format](#)

Animación de una coalescencia de agujeros negros:

https://youtu.be/I_88S8DWbcU

Artículo científico en la revista *Physical Review Letters*:

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.061102>

Otros artículos de interés:

<http://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8205/818/2/L22>