

LA MATERIA OSCURA ULTRALIGERA ESQUIVA LA DETECCIÓN

La materia oscura constituye el 85% de toda la materia del Universo, pero es completamente invisible para nosotros. Sin embargo, podemos medir sus efectos en una gran variedad de objetos celestes: deambula alrededor de cada galaxia y evita que las estrellas salgan despedidas más allá de sus órbitas; cambia las direcciones de los rayos de luz procedentes de galaxias lejanas; guía la formación de estructuras a gran escala del Universo; e incluso ha dejado rastro en el [fondo cósmico de microondas](#), la fotografía más lejana y antigua del Universo, tomada cuando solamente tenía unos pocos cientos de miles de años.

LIGO, Virgo, y KAGRA fueron diseñados para buscar ondas gravitacionales procedentes de colisiones de agujeros negros y estrellas de neutrones, [púlsares](#) con rotación asimétrica, explosiones de estrellas, y combinaciones de todas estas fuentes. No obstante, estos detectores son tan sensibles que también podrían observar materia oscura que interactúe directamente con ellos. En este trabajo buscamos un tipo específico de materia oscura, los fotones oscuros, que podrían tener una masa veinte órdenes de magnitud menor que la masa del electrón. En la Tierra, estas partículas podrían moverse a una velocidad de unos 300 km/s, y habría una cantidad tan elevada, $O(10^{50})$, que podrían interactuar con protones y neutrones, o solamente neutrones, en los espejos del detector, y causar una fuerza oscilatoria con dependencia temporal en los espejos. Los espejos se encuentran en diferentes posiciones relativas a los fotones oscuros entrantes, y están separados por unos tres o cuatro kilómetros; por tanto, cada espejo se moverá de una manera ligeramente diferente y dejará una señal. La señal aparecerá aproximadamente a una frecuencia fija, ya que la masa de cada fotón oscuro también es fija.

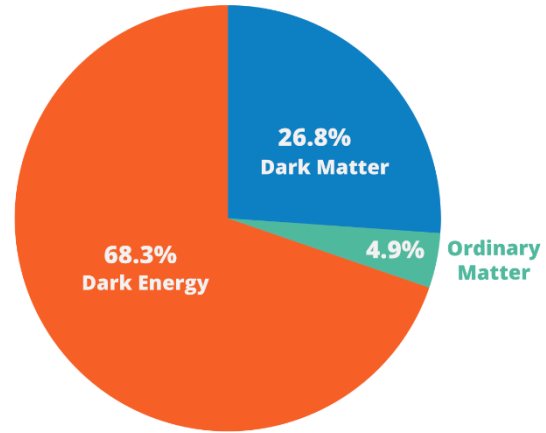


Figura 1: Estimación del contenido actual de materia y energía en el Universo. La contribución dominante proviene de la llamada 'energía oscura', y es la causa de la expansión acelerada del Universo. El alrededor de un tercio restante proviene de materia oscura y materia ordinaria (átomos), siendo la materia oscura aproximadamente el 85% de todo el contenido de materia. (Crédito de la imagen: Experimento ATLAS, CERN)

FIGURAS DE LA PUBLICACIÓN

Para más información sobre estas figuras y cómo se han producido, lea el [artículo preliminar](#), que se encuentra disponible de manera gratuita.

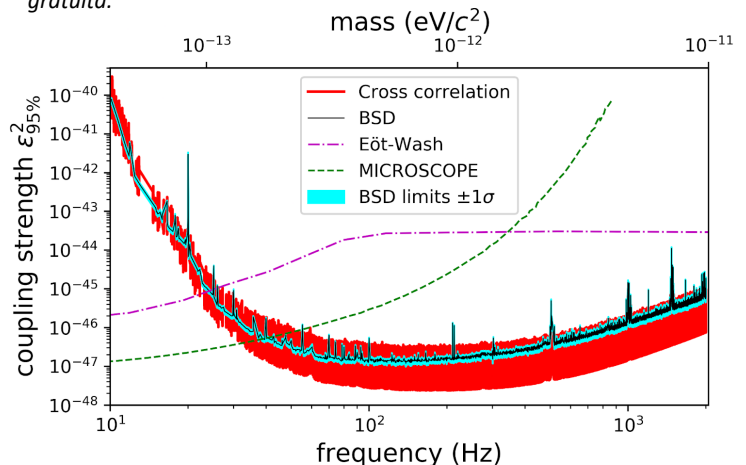


Figura 2 (Figura 3 en el artículo): Límites superiores en la intensidad del acoplamiento de los fotones oscuros con los espejos en los interferómetros, en función de la frecuencia de la señal (aunque en la búsqueda se han utilizado también datos del detector Virgo, estos límites superiores son solo para los dos detectores LIGO). Las intensidades de acoplamiento por encima de las líneas rojas y azules/negras han sido descartadas con este estudio: cuanto más pequeño sea el límite, más restrictivas son nuestras búsquedas. Hemos usado dos métodos (llamados "correlación cruzada" y métodos "BSD") para buscar materia oscura de fotones oscuros, que han proporcionado resultados consistentes. Estos límites son un factor 10-100 mejores con respecto a los de otros experimentos de materia oscura (MICROSCOPE y Eöt-Wash) para muchas frecuencias. La intensidad de acoplamiento de los fotones oscuros se expresa en términos de una fracción del acoplamiento electromagnético.

La materia oscura también fluye a través de los detectores, lo que significa que los fotones oscuros están interactuando constantemente con las partículas de los espejos. En consecuencia, la señal es continua, siempre activa, y con un tono prácticamente fijo. En la práctica, la frecuencia de la señal varía ligeramente de manera aleatoria en el tiempo porque cada fotón oscuro viaja a diferente velocidad cuando interactúa con el detector.

Nuestro trabajo utiliza datos del tercer [periodo de observación](#) de Advanced LIGO y Advanced Virgo para determinar si los fotones oscuros podrían [acoplarse](#) a los interferómetros y con qué intensidad. Aunque no hemos detectado una señal, podemos establecer [límites superiores](#) en este acoplamiento en función de la posible masa del fotón oscuro. En este análisis, se ha medido que el acoplamiento de los fotones oscuros a los detectores interferométricos de ondas gravitacionales no es mayor que una parte entre 10^{40} del [acoplamiento electromagnético](#) para todas las masas ultraligeras que hemos considerado, siendo incluso de una parte en 10^{47} para algunas masas. Nuestras restricciones son unas 10-100 veces mejores que aquellas obtenidas con algunos experimentos que fueron diseñados específicamente para encontrar materia oscura. Nuestras medidas del acoplamiento de los fotones oscuros a LIGO y Virgo nos dan una percepción de cómo la materia oscura afecta al Universo presente y cómo se habría formado.

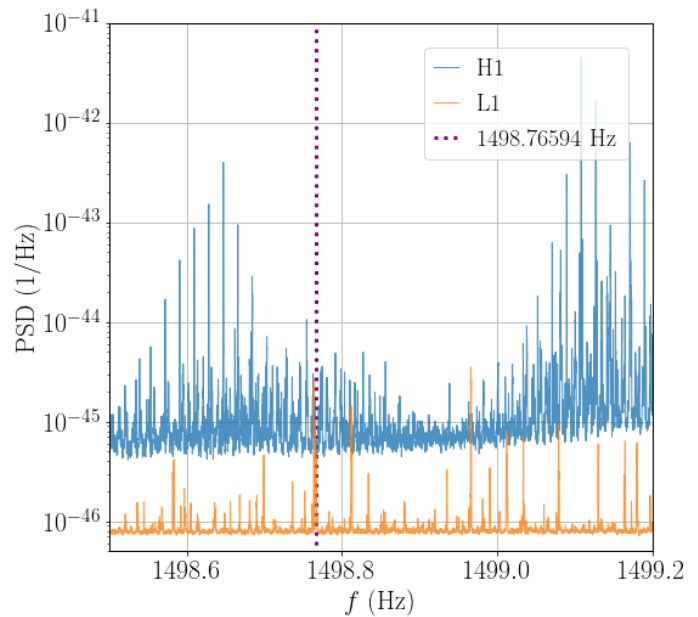


Figura 3 (Figura 2 en el [artículo](#)): Nuestra búsqueda inicialmente encontró unas señales potencialmente candidatas, pero fueron finalmente descartadas porque eran debidas a artefactos de ruido instrumental. Como ejemplo, esta figura muestra una medida de la calidad de los datos (la [densidad espectral de potencia](#)) de los dos detectores LIGO, con unas claras estructuras periódicas en el detector Hanford ("H1") y un pico estrecho en el detector Livingston ("L1"), ambas procedentes de problemas instrumentales conocidos. Esto hizo que se colocara la aparente señal candidata en la frecuencia indicada con la línea vertical, que fue descartada más tarde.

Visita nuestras páginas web:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



SABER MÁS:

Visita nuestras páginas web: www.ligo.org, www.virgo-gw.eu, gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

Lee el artículo preliminar accesible de manera abierta del artículo científico completo [aquí](#).

GLOSARIO

LIGO: El Laser Interferometric Gravitational-Wave Observatory (LIGO) es un par de detectores de ondas de gravitacionales que se encuentran en Estados Unidos. Uno está situado cerca de Livingston, Louisiana, y el otro cerca de Hanford, Washington. Ambos detectores son interferómetros láser de gran tamaño, con dos brazos perpendiculares de 4 km de longitud, que buscan medir cualquier cambio relativo en la longitud de los brazos causado por el paso de una onda gravitacional.

Virgo: Detector de ondas gravitacionales situado cerca de Pisa, Italia. Es también un interferómetro láser, pero con brazos de 3 km de longitud.

KAGRA: Detector de ondas gravitacionales subterráneo situado cerca de Toyama, Japón. También es un interferómetro láser, pero con brazos de 3 km de longitud y espejos enfriados criogénicamente.

Sensibilidad: Es una descripción de la capacidad del detector para detectar una señal. Detectores con menor nivel de ruido son capaces de detectar señales más débiles y por lo tanto se dice que tienen una mayor sensibilidad.

Periodo de observación: Es el periodo durante el cual los detectores de ondas gravitacionales toman datos.

Límite superior: Se dice del valor máximo que una cantidad puede tener mientras sea consistente con los datos. Aquí, utilizamos este concepto para establecer restricciones en la masa del fotón oscuro a diferentes frecuencias. Usamos un intervalo de confianza del 95%, es decir, dados los datos suponemos que hay un 95% de probabilidad de que la cantidad se encuentra por debajo de este límite.

Acoplamiento: Cuando una partícula interactúa con otras de una manera específica.

Acoplamiento electromagnético: Es la intensidad de la interacción entre partículas cargadas.

Púlsares: Estrellas muertas en rotación compuestas principalmente por neutrones; son relojes muy precisos porque rotan a gran velocidad y emiten un haz de luz hacia nosotros en intervalos de tiempo muy regulares, como un faro.