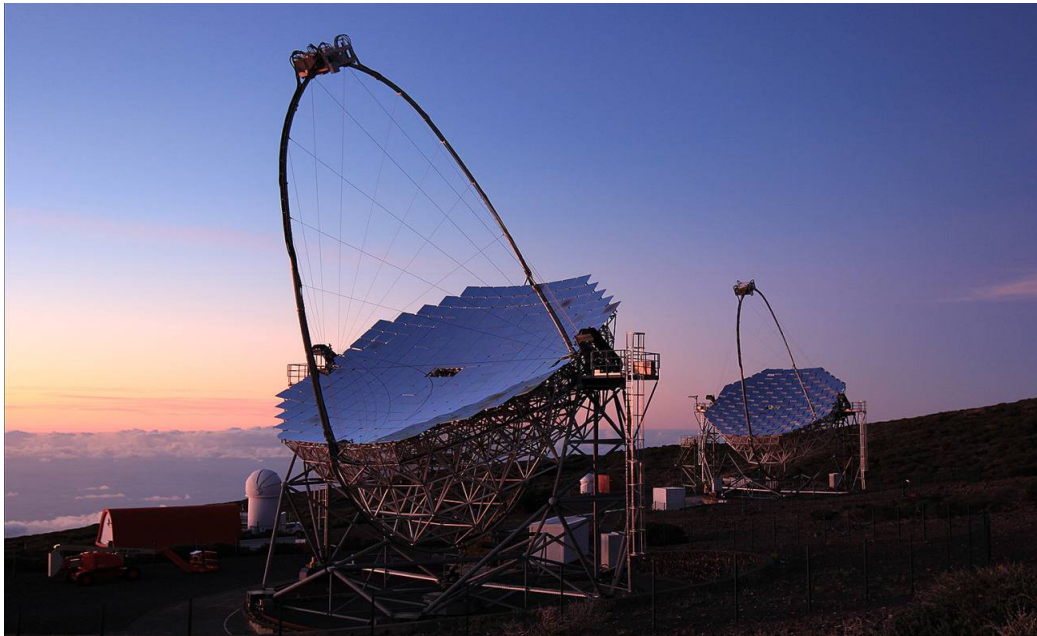


Un cataclismo cósmico para investigar la naturaleza cuántica del espacio-tiempo

El colosal estallido de rayos gamma que captó el año pasado el telescopio MAGIC desde Canarias ha ayudado a estudiar si la velocidad de la luz en el vacío es una constante de la naturaleza. De momento ha servido para poner un límite a la hipótesis de que la velocidad de los fotones depende de su energía, como predicen algunos modelos de gravedad cuántica.

SINC

9/7/2020 18:00 CEST



Los telescopios MAGIC en el Observatorio del Roque de los Muchachos, La Palma (Canarias). / Giovanni Ceribella (MAGIC Collaboration)

La **teoría de la relatividad de Einstein** postula que la velocidad de la luz en el vacío es una constante independiente de la energía de los fotones o partículas de luz.

Para poner a prueba este postulado, la colaboración científica MAGIC, en la que participan diversas instituciones españolas y que tiene en La Palma dos telescopios para detectar rayos gamma de muy alta energía, ha utilizado los datos registrados [el 14 de enero de 2019](#) de un colosal **estallido de rayos gamma (GRB)**, por sus siglas en inglés).

El colosal estallido de rayos gamma detectado en enero de 2019 por los telescopios MAGIC desde Canarias ha servido para poner a prueba si la velocidad de la luz en el vacío es una constante independiente de la energía de los fotones

El intento está fundamentado en que la teoría de Einstein describe la **gravedad como resultado de la interacción de la masa con el espacio-tiempo** y que sus predicciones han sido verificadas en numerosos experimentos. Pese a ello, los físicos sospechan que existe una teoría más fundamental, de naturaleza cuántica, aún desconocida.

Algunas de las teorías cuánticas de la gravedad que han sido propuestas incluyen la posibilidad de que la velocidad a la que viajan los fotones en el vacío dependa de su energía. Este fenómeno hipotético recibe el nombre de **violación de la invariancia de Lorentz (LIV)**, por sus siglas en inglés).

Se cree que, de existir, esta diferencia de velocidad sería demasiado pequeña para ser medida, a menos que su efecto se acumule durante largos periodos de tiempo o, equivalentemente, de grandes distancias, como ocurre con la emisión que se produce en los GRB y se detecta en la Tierra.

Las explosiones más violentas del universo

Los GRB son breves fogonazos de fotones de muy alta energía emitidos por lejanas explosiones cósmicas. Los fotones producidos por estos estallidos de rayos gamma viajan durante miles de millones de años antes de llegar a la Tierra, lo que podría hacer medible el efecto de las hipotéticas diferencias en su velocidad.

Además, las **teorías de gravedad cuántica** predicen que esta diferencia sería mayor cuanto mayor sea la energía de los fotones. Por ello se espera que los telescopios de rayos gamma de muy alta energía, tales como los MAGIC, sean especialmente competitivos en la búsqueda de efectos de LIV.

Fotones de distintas energías emitidos hace 4.500 millones de años llegan a la Tierra con una diferencia de tiempo inferior a un minuto, poniendo así un límite a la hipótesis de que la velocidad de estas partículas de luz depende de su energía

Los GRB ocurren en momentos y lugares del cielo imprevisibles. Existen detectores de estos estallidos a bordo de satélites en órbita alrededor de la Tierra, que tienen un campo de visión muy amplio, lo que les permite detectarlos y localizarlos de forma casi instantánea en cuanto se producen, y enviar alarmas a telescopios de todo el mundo, entre ellos los MAGIC, para que participen en su observación y estudio.

El 14 de enero del año pasado, tras recibir una alerta del detector de GRB del satélite Swift, MAGIC culminó una búsqueda que ha durado más de 15 años, con la **primera detección de un GRB en la banda de rayos gamma de muy alta energía** (o banda de teraelectronvoltios o TeV).

El llamado GRB190114C (así se denominó aquel estallido colosal de rayos gamma) pudo ser detectado gracias a que MAGIC comenzó su observación tan solo 50 segundos después de que se produjera.

Marc Ribó, profesor de la Universitat de Barcelona y coordinador adjunto de física de la colaboración MAGIC, apunta: "Unos de los aspectos más positivos que ha revelado el estudio detallado del GRB190114 es que se trata de un GRB más o menos corriente. Esto son buenas noticias porque significa que probablemente detectaremos más similares. Nuestra detección inaugura una nueva fase en la búsquedas de efectos de LIV en observaciones de fuentes cósmicas de rayos gamma".



Visión artística de un estallido de rayos gamma o GRB observado por los telescopios MAGIC. / Superbossa.com and Alice Donini

Los científicos quisieron utilizar esta observación única hasta la fecha para **buscar efectos de gravedad cuántica**. Al principio toparon con un obstáculo: la señal de rayos gamma registrada por MAGIC simplemente decrecía monótonamente con el tiempo. Aunque este es un dato interesante para entender cómo se producen los GRB, no lo es tanto para buscar efectos de LIV.

Como explica **Daniel Kerszberg**, científico postdoctoral del IFAE en Barcelona y uno de los autores principales del estudio: “Para saber si los rayos gamma viajan a diferentes velocidades deberíamos ser capaces de comparar los tiempos de llegada de rayos gamma que fueron emitidos por el GRB en el mismo momento. Como no es posible saber el momento preciso de la emisión de fotones individuales, normalmente utilizamos variaciones temporales repentinas de la señal para reconocer fotones que fueron probablemente emitidos al mismo tiempo”.

Modelos teóricos para seguir a los fotones

Pero una señal monótonamente decreciente carece de estas variaciones. Así que los investigadores utilizaron modelos teóricos para describir la evolución temporal de la emisión en la banda TeV en el intervalo entre el comienzo del estallido y las observaciones con MAGIC.

Kerszberg añade: “Para buscar señales de LIV en nuestros datos utilizamos **dos formas diferentes de modelizar** su evolución temporal. Queríamos estar seguros de no cometer errores al extraer conclusiones de esta señal excepcional, la primera de un GRB en la banda del TeV”.

Este cuidadoso análisis de los datos no encontró ninguna diferencia significativa en la velocidad de los rayos gamma de diferente energía. Esto no quiere decir que el esfuerzo fuera inútil, ya que los científicos de MAGIC consiguieron poner límites a las posibles teorías de gravedad cuántica.

Los límites a la gravedad cuántica obtenidos son compatibles con los existentes, pero son los primeros conseguidos mediante la observación de la emisión de mayor energía que se produce en un estallido de rayos gamma

Javier Rico, investigador del IFAE en Barcelona y coordinador de análisis y publicaciones de la colaboración MAGIC, comenta: “El GRB190114C ocurrió cuando la Tierra estaba todavía formándose, hace 4.500 millones de años. Desde entonces, los rayos gamma que emitió han estado viajando por el

universo hasta que, hace poco más de un año, detectamos cientos de ellos con los telescopios MAGIC. Analizándolos pudimos determinar que el tiempo que emplearon los diferentes fotones en el viaje difirió como máximo en aproximadamente un minuto”.

Los límites a la gravedad cuántica que se han obtenido en este trabajo son compatibles con los ya existentes hasta la fecha, y son los primeros que se obtienen mediante la observación de la emisión de mayor energía que se produce en un GRB.

Con este estudio pionero, el equipo MAGIC ha establecido un **punto de partida para futuras investigaciones en la búsqueda de efectos medibles de la naturaleza cuántica del espacio-tiempo.**

Oscar Blanch, investigador del IFAE y Portavoz de la Colaboración MAGIC, concluye: “Confiamos en que futuras detecciones de GRB en la banda TeV incluirán la emisión temprana, anterior al decrecimiento monótono, que se espera sea rica en estructura temporal, lo que aumentará nuestra sensibilidad a efectos LIV de forma significativa”.

Los telescopios MAGIC

MAGIC (Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov) es un sistema de dos telescopios de 17 metros de diámetro ubicados a 2200 metros sobre el nivel del mar en el Observatorio El Roque de los Muchachos (ORM), en la isla canaria de La Palma, España. Los telescopios están diseñados para detectar rayos gamma de muy alta energía en el rango de energía de 30 GeV a más de 50 TeV, utilizando la técnica de imágenes Cherenkov atmosféricas. Los telescopios MAGIC están a cargo de una colaboración internacional de alrededor de 280 personas de 12 países, incluidos científicos, ingenieros, técnicos y otro personal.

La comunidad española participa en MAGIC desde sus inicios. Actualmente son miembros de MAGIC el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (**CIEMAT**), el Instituto

de Astrofísica de Canarias (**IAC**), el Institut de Física d'Altes Energies (**IFAE**), la Universidad Autónoma de Barcelona (**UAB**), el Instituto de Ciencias del Cosmos de la Universidad de Barcelona (**UB**) y la Universidad Complutense de Madrid (**UCM**). El **IEEC** participa en este proyecto a través de investigadores de las unidades ICCUB y CERES-UAB Además, el centro de datos de MAGIC es el Port d'Informació Científica (PIC), una colaboración del IFAE y el CIEMAT.

Referencia:

"Bounds on Lorentz invariance violation from MAGIC observation of GRB 190114C". MAGIC Collaboration. Phys. Rev. Lett. 125 (2020) <https://arxiv.org/abs/2001.09728>. Doi: 10.1103/PhysRevLett.125.021301

Copyright: **Creative Commons**.

TAGS

ESPACIO-TIEMPO | TELESCOPIOS MAGIC | FÍSICA CUÁNTICA | RELATIVIDAD |
RAYOS GAMMA |

Creative Commons 4.0

You can copy, distribute and transform the contents of SINC. [Read the conditions of our license](#)

