

Neutrinos

Los neutrinos son partículas elementales sin carga y con una masa diminuta, todavía por determinar. Interaccionan muy débilmente con el resto de la materia, por lo que es difícil detectarlos. Algunos experimentos gigantes se dedican a esta tarea. Los neutrinos se crean en las reacciones nucleares, como las que suceden en el núcleo de una estrella o en los experimentos nucleares. En las explosiones de supernova, más del 99% de la energía puede liberarse en forma de neutrinos. A pesar de su pequeña masa, los neutrinos son tan numerosos que pueden afectar la historia del Universo.

Derecha: El observatorio de neutrinos IceCube tiene miles de sensores distribuidos bajo el hielo antártico en un volumen de un kilómetro cúbico.



8

9

12

5

Neutrinos

Estrellas de neutrones

Rayos cósmicos

Supernovas

El universo de altas energías

Mimoza Hafzi
Universidad de Tirana



¿Cuál de estas imágenes no está relacionada con fenómenos de altas energías en el Universo?

Resuestas al dorso

Test

Del espacio no solo nos llegan fotones, sino también neutrinos y ondas gravitacionales. Además, el Universo de altas energías nos manda partículas cargadas, en su mayoría protones, pero también electrones y núcleos atómicos: los rayos cósmicos. La Tierra es bombardeada cada segundo por trillones* de partículas de rayos cósmicos procedentes del espacio. Descubiertos al inicio del siglo 20, sus orígenes son todavía inciertos. Los rayos cósmicos pueden tener energías muy altas, y viajan a velocidades cercanas a la de la luz. En los casos más extremos, su energía cinética es trillones de veces mayor a su energía de masa en reposo.

*** 1 Trillón = 10¹⁵**

Izquierda: El 11 de noviembre de 1572, el astrónomo Tycho Brahe marcó con una 'i' en un mapa de Casiopea una 'estrella nueva', más tarde llamada supernova de Tycho. 'F', 'E', 'D', 'C', 'B', 'A', 'y', 'G' son estrellas de como Venus, a pesar de que la explosión sucedió a una distancia de años luz. Se fue apagando día tras día y después de unos dos años ya no pudo verse a simple vista.

Izquierda: La supernova 2010itd, descubierta por Kathryn Gray, una niña de diez años. La explosión sucedió a una distancia de 240 millones de años luz.

13

4

A simple vista podemos ver que algunos objetos celestes brillan más que otros. ¿Están más cerca y por eso parecen más brillantes? ¿O radian más energía?

Los astrónomos saben cómo medir las distancias de muchos cuerpos celestes, por lo que pueden estimar cuánta energía emiten en luz visible. También pueden calcular la emisión a altas energías, invisible al ojo humano, usando detectores especiales para fotones de alta energía (UV, rayos X y gamma*), partículas muy energéticas (neutrinos, rayos cósmicos) y ondas gravitacionales.

Algunos de los objetos que emiten a altas energías, como las supernovas, las estrellas de neutrones, los agujeros negros o los núcleos activos de galaxias, emiten cantidades extremas de energía. Radian miles de millones de veces más energía que el Sol.

*Ver TUIIMP 2 5



Izquierda: Diagrama que muestra la colisión de dos agujeros negros. Las ondas que se propagan como olas en una piscina representan ondas gravitacionales. La primera onda gravitacional fue detectada el 14 de septiembre de 2015 y nos informó sobre una colisión como esta, la cual sucedió entre un par de agujeros negros con 56 y 29 masas solares hace mil trescientos millones de años. La energía liberada durante la colisión, fue superior a la de la luz que radian todas las estrellas del Universo!

Derecha: Una foto de LIGO Hanford, uno de los observatorios donde se detectan ondas gravitacionales. La forma de la onda observada coincide con las predicciones de la Relatividad General desarrollada por Albert Einstein.

6

Estallidos de rayos gamma

Los estallidos de rayos gamma (GRB, por sus siglas en inglés) son los fenómenos electromagnéticos más poderosos del Universo. Su energía, liberada principalmente en forma de fotones gamma,* puede ser mil veces mayor a la de una supernova. Descubiertos hace cincuenta años, su física todavía no se comprende del todo.

Los GRB pueden ser de duración corta (de decenas de milisegundos a pocos segundos) o larga (de segundos a horas). Los GRB largos están ligados a la explosión como supernova de una estrella. Los GRB cortos pueden deberse a la fusión de dos estrellas de neutrones o de una estrella de neutrones y un agujero negro.

Los telescopios satelitales descubren del orden de un GRB por día.

*ver TUIIMP 2 11

El Universo en mi bolsillo No. 9

Este librito fue escrito en 2018 por Mimozia Hafizi, de la Universidad de Tirana (Albania).

Imagen de portada: Ilustración artística de la fusión de dos estrellas de neutrones. [Crédito: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet]



Para saber más sobre esta serie y sobre los temas presentados en este librito, por favor visita <http://www.tuilimp.org>

Traducido por Mónica Rodríguez TUIIMP Creative Commons



Derecha: El mismo GRB, observado en rayos X por el observatorio espacial Chandra, 9 días tras el estallido.

10



Izquierda: El telescopio espacial Fermi detecta rayos gamma, la radiación de mayor energía, un millón de veces más energética que la luz visible.

El 17 de agosto de 2017, el telescopio Fermi detectó un breve estallido de rayos gamma (GRB), justo 1.7 segundos después de que se detectara en la Tierra una onda gravitacional. Ambas señales se originaron en el mismo evento, la fusión de dos estrellas de neutrones a una distancia de 130 millones de años luz. Más tarde, este evento se observó en rayos X, en luz ultravioleta y en otras bandas del espectro electromagnético.

Agujeros negros

Cuando una estrella de más de 30 masas solares explota como supernova, se forma en su centro, en una región de pocos kilómetros, un agujero negro de varias masas solares. ¿Por qué ese nombre tan raro? Porque un agujero negro tiene una gravedad tan grande que nada puede escapar de él. ¡Ni la luz, ni las partículas!

Entonces, ¿cómo podemos observarlos? ¡Por su influencia en lo que les rodea!

Su energía gravitacional es enorme porque su masa se concentra en una región muy pequeña. Esta energía puede liberarse en forma de ondas gravitacionales.

Las ondas gravitacionales se observaron por primera vez en septiembre del 2015. Fueron producidas por la colisión de dos agujeros negros.

7



Las cinco estrellas más brillantes de la constelación de Casiopea forman una 'W'. Estas estrellas son hasta mil veces más luminosas que el Sol. Sin embargo, no llegan a emitir en la zona de altas energías. Los instrumentos especiales que se usan en la astrofísica de altas energías pueden detectar la luz UV, los rayos X y los rayos gamma emitidos por ciertos objetos. Los fotómetros miden la cantidad de luz procedente de ellos y nos proporcionan una medida precisa de la energía total que radian.

Muchos de los objetos que emiten a altas energías no pueden detectarse en luz visible.

2