



Materia electiva: *Astronomía Básica y Ciencia Espacial*.

Prof.: Daniel José Mendicini (CEV-CODE-LIADA).

Facultad de Ingeniería Química.

Universidad Nacional del Litoral.

Santa Fe, Argentina.



Clase nro. 2: Introducción a la Astrofísica:

Portadores de la Información: Segunda Parte.

Los Rayos Cósmicos:

¿Qué son?

Los rayos cósmicos son partículas que llegan desde el espacio y bombardean constantemente la Tierra desde todas direcciones. La mayoría de estas partículas son protones o núcleos de átomos. Algunas de ellas son más energéticas que cualquier otra partícula observada en la naturaleza. Los rayos cósmicos ultra energéticos viajan a una velocidad cercana a la de la luz y tienen cientos de millones de veces más energía que las partículas producidas en el acelerador más potente construido por el ser humano.

Contexto histórico:

Los Rayos Cósmicos de alta energía

La historia de la investigación de los rayos cósmicos es un relato romántico de aventura científica. Durante este siglo, investigadores de rayos cósmicos han escalado montañas, flotado sobre globos de aire caliente y viajado a los rincones lejanos de la tierra en su pesquisa por entender a estas partículas que se mueven velozmente desde el espacio. Sus exploraciones han resuelto misterios científicos y revelado muchos más. El Proyecto Pierre Auger continúa la tradición al comenzar la búsqueda de la fuente desconocida de los rayos cósmicos de la más alta energía hasta ahora observados.

1912. Victor Hess, globos aerostáticos: 5000 m de altura.

Aumento significativo de cargas libres en la atmósfera; -moléculas de aire perdían electrones: electoscopios.

1932. Robert Millikan, los bautizó “rayos cósmicos”. Carl Anderson: Descubrió la antimateria (antielectrón), llamado positrón : Cámara de niebla.

1937. Seth Neddermayer y Carl Anderson descubrieron el Muón. Primeras partículas descubiertas.

1938. Pierre Auger, descubrió los "chubascos aéreos extendidos", lluvias de partículas subatómicas secundarias causadas por la colisión de partículas primarias de alta energía con moléculas de aire.

Actualidad: Posible fuentes? - Origen galáctico?- extragaláctico ?Solares?

¿De dónde vienen?

Las especulaciones, conjeturas y modelos que proponen soluciones a este enigma son muy variados. Es posible que la mayor parte de los rayos cósmicos más energéticos sean protones provenientes de fuentes externas a nuestra galaxia pero suficientemente cercanas como para que el efecto GZK no los frene. Sus direcciones de arribo no apuntarán a sus verdaderas fuentes pues sus trayectorias se habrían desviado debido al campo magnético de nuestra galaxia y al existente entre galaxias.

¿Cómo se los puede estudiar?

Como estas extrañas partículas de energía cercanas a 1020 eV son una verdadera rareza (caen apenas unas tres o cuatro por kilómetro cuadrado por siglo), hay dos alternativas para detectarlas: o bien construir un detector pequeño, digamos de un kilómetro cuadrado, y esperar en promedio un siglo entre evento y evento, o construir un detector suficientemente grande como para detectar más partículas en un tiempo menor. Los experimentos que hasta el presente han logrado detectar rayos cósmicos con energías superiores a 1020 eV cubren un área efectiva de no mucho más de 100 kilómetros cuadrados, y por ello son poco los eventos detectados.

¿Qué es la Radiación Cherenkov?

La "Radiación Cherenkov" es la luz emitida por un medio transparente cuando partículas cargadas lo cruzan a una velocidad mayor a la de la luz en ese medio. El efecto, descubierto por Cherenkov en 1934, mientras estudiaba el efecto de los rayos gamma en los líquidos, y explicado en 1937 por I. E. Tamm y I. M. Frank, es análogo a la creación de una explosión de sonido cuando un objeto excede la velocidad del sonido en ese medio. La luz se emite solamente en direcciones con inclinaciones en ciertos ángulos respecto de la dirección del movimiento de la partícula y de su momento (energía). Entonces, simplemente midiendo el ángulo entre la radiación (luz) y la trayectoria de la partícula, se puede determinar la

velocidad de la misma. El efecto se utiliza en el contador Cherenkov, un dispositivo para detectar partículas muy rápidas y determinar su velocidad o para distinguir entre partículas con diferentes velocidades.

Pavel Alekseyevich Cherenkov

1904-1990. Físico de origen Soviético. Compartió el Premio Nobel de Física con los físicos soviéticos I. M. Frank y I. Y. Tamm en 1958 por su descubrimiento (en 1934) de la radiación Cherenkov. Su investigación abrió el camino a nuevos estudios sobre las partículas y rayos cósmicos de alta energía.

¿Qué es un Tubo Fotomultiplicador?

La luz ultravioleta generada por el efecto Cherenkov en el agua por los detectores de superficie o la fluorescencia en el aire que detectan los telescopios de fluorescencia, es muy débil para ser medida por los circuitos electrónicos. Por ello, se utiliza un tubo fotomultiplicador (PMT) que además de funcionar como transductor, funciona como amplificador. Es decir, que a partir de una débil luz, se genera una corriente eléctrica fácilmente medible.

Se llama fotomultiplicador a un tipo de detector óptico de vacío que aprovecha el efecto fotoeléctrico (descubierto por Albert Einstein) de emisión secundaria de electrones para responder a niveles muy bajos de iluminación, manteniendo un nivel de ruido aceptable. Los fotomultiplicadores han visto reducirse grandemente sus aplicaciones, quedando prácticamente reducidas a los detectores de partículas, basados en la radiación de Cherenkov.

Descripción general de IceCube

El Observatorio de Neutrinos IceCube es el primer detector de este tipo, diseñado para observar el cosmos desde las profundidades del hielo del Polo Sur. Un grupo internacional de científicos responsables de la investigación científica conforma la Colaboración IceCube.

Cubriendo un kilómetro cúbico de hielo, IceCube busca partículas subatómicas casi sin masa llamadas neutrinos. Estos mensajeros astronómicos de alta energía brindan información para investigar las fuentes astrofísicas más violentas: eventos como estrellas en explosión, estallidos de rayos gamma y fenómenos cataclísmicos que involucran agujeros negros y estrellas de neutrones.

El observatorio de neutrinos antárticos, que también incluye el conjunto de superficie IceTop y el denso conjunto de relleno DeepCore, fue diseñado como un experimento multipropósito. Los colaboradores de IceCube abordan varias cuestiones importantes de la

física, como la naturaleza de la materia oscura y las propiedades del propio neutrino. IceCube también observa rayos cósmicos que interactúan con la atmósfera de la Tierra, lo que ha revelado estructuras fascinantes que actualmente no se comprenden.

Aproximadamente 300 físicos de 53 instituciones en 12 países conforman la Colaboración IceCube . El equipo internacional es responsable del programa científico y muchos de los colaboradores contribuyeron al diseño y construcción del detector. Una nueva y emocionante investigación realizada por la colaboración está abriendo una nueva ventana para explorar nuestro universo.

La Fundación Nacional de Ciencias (NSF) proporcionó la financiación principal para el Observatorio de Neutrinos IceCube, con la asistencia de agencias de financiación asociadas de todo el mundo. La Universidad de Wisconsin–Madison es la institución principal, responsable del mantenimiento y las operaciones del detector. Las Agencias de Financiamiento en cada país colaborador apoyan sus esfuerzos de investigación científica.

Datos breves de IceCube

Ciencia

- Alrededor de 100 billones de neutrinos pasan a través de tu cuerpo cada segundo.
- Habría que esperar unos 100 años para que un neutrino interactúe en un detector del tamaño de una persona. Para el rango de energía que analiza IceCube, se necesitarían 100.000 años para ver interactuar a un neutrino.
- IceCube está diseñado para detectar partículas de eventos cataclísmicos que tienen energías un millón de veces mayores que las reacciones nucleares.
- Cada día, IceCube detecta 275 millones de rayos cósmicos.
- IceCube detecta 275 neutrinos atmosféricos al día y unos 100.000 al año.
- Alrededor de 300 científicos en 53 instituciones en 12 países realizan ciencia IceCube.
- Un terabyte de datos sin filtrar se recopila diariamente y alrededor de 100 gigabytes se envían por satélite para su análisis.

Detector

- El detector IceCube es un kilómetro cúbico de hielo, eso sería suficiente agua para llenar un millón de piscinas.
- IceCube se compone de 86 cables, cada uno con 60 módulos ópticos digitales (DOM).

- Cada uno de los 86 cables tiene un tema y cada DOM tiene un nombre que refleja ese tema.
- Los 5.160 DOM en hielo contienen detectores de luz extremadamente sensibles, o tubos fotomultiplicadores, junto con minicomputadoras que transmiten datos a la superficie. 324 DOM adicionales conforman un detector de superficie llamado IceTop.
- Los DOM se conectan a los cables comenzando a una profundidad de 1450 metros y terminando a una profundidad de 2450 metros.
- IceCube está congelado en hielo ópticamente transparente que es muy estable. El hielo en el Polo Sur se mueve unos 10 metros por año como una sola pieza.

Ondas Gravitacionales:

Introducción, tipos de ondas

Las ondas se pueden clasificar de dos formas:

Según el medio de propagación, las ondas pueden ser mecánicas o electromagnéticas.

Las **ondas mecánicas** requieren de un medio material o elástico que vibre. Por ejemplo, las ondas en el agua. Sonido, elásticas, etc

Las **ondas electromagnéticas** no necesitan de un medio material para propagarse, se propagan en el vacío. El calor y la luz del Sol nos llegan a través de estas ondas. También son ondas electromagnéticas las que proceden de las antenas de los teléfonos móviles así como las que proceden de las emisoras de radio y televisión.

Según la dirección de propagación, las ondas pueden ser transversales o longitudinales.

¿Qué causa las ondas gravitatorias?

Las ondas gravitatorias más potentes se crean cuando los objetos se mueven a velocidades muy altas. Algunos ejemplos de eventos que podrían causar una onda gravitatoria son:

- La explosión asimétrica de una estrella, llamada supernova.
- Dos estrellas grandes que orbitan entre sí.
- Dos agujeros negros que orbitan entre sí y se fusionan.
- Época de inflación.

¿Qué son las ondas gravitacionales? :

En física una onda gravitatoria es una perturbación del espacio-tiempo producida por un cuerpo masivo acelerado. La existencia de ese tipo de onda, que consiste en la propagación de una perturbación gravitatoria en el espacio-tiempo y que se transmite a la velocidad de la luz, fue predicha por Einstein en su teoría de la relatividad general.

La primera observación directa de las ondas gravitatorias se logró el 14 de septiembre de 2015; los autores de la detección fueron los científicos del experimento LIGO y Virgo que, tras un análisis minucioso de los resultados, anunciaron el descubrimiento al público el 11 de febrero de 2016, cien años después de que Einstein predijera la existencia de las ondas. La detección de ondas gravitatorias constituye una nueva e importante validación de la teoría de la relatividad general.

Antes de su descubrimiento solo se conocían pruebas indirectas de ellas, como el decaimiento del período orbital observado en un púlsar binario. En marzo de 2014, el experimento BICEP2 anunció la detección de modos-B en la polarización del fondo cósmico de microondas, lo que sugería una prueba indirecta de ondas gravitatorias primordiales. Los estudios combinados con el telescopio PLANCK revelaron que los resultados de BICEP2 podían ser explicados por la interferencia del polvo cósmico por lo que fueron dejados de lado a falta de más evidencias.

Las ondas gravitatorias constituyen fluctuaciones generadas en la curvatura del espacio-tiempo que se propagan como ondas a la velocidad de la luz. La radiación gravitatoria se genera cuando dichas ondas son emitidas por ciertos objetos o por sistemas de objetos que gravitan entre sí.

¿Cómo se detectan las ondas gravitatorias?

Cuando una onda gravitatoria pasa por la Tierra, comprime y estira el espacio. LIGO puede detectar este estiramiento y compresión. Cada observatorio LIGO tiene dos «brazos», cada uno de ellos de más de 2 millas (4 kilómetros) de largo. Una onda gravitatoria que pasa hace que la longitud de los brazos cambie ligeramente. El observatorio utiliza láseres, espejos e instrumentos extremadamente sensibles para detectar estos pequeños cambios.

Referencias:

- Las ondas en la Naturaleza: Recursos TIC. Recuperado de : http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/las_ondas/tipos.html?1#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20medio%20de%20propagaci%C3%B3n,se%20propagan%20en%20el%20vac%C3%ADo.
- Onda Gravitatoria: Wikipedia. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Onda_gravitatoria

- NASA Ciencia. Ondas gravitacionales: Recuperado de:
<https://spaceplace.nasa.gov/gravitational-waves/sp/>