

Rayos Cósmicos:

El estudio de la ionización fue la clave que condujo a los Rayos Cósmicos. Ionizar un medio consiste en arrancar electrones de los átomos o moléculas que lo componen, de modo que se liberan iones con carga positiva (cationes) y negativas (aniones).

El austriaco Víctor Hess fue quien en 1912 demostró que la cantidad de iones atmosféricos aumentaba a partir de una cierta altura y, por tanto, que la radiación que los originaba debía ser extraterrestre. Hess realizó una serie de diez vuelos en globo en los que llegó a alcanzar una altura de 5200 m, cinco de noche. Al no observar diferencias apreciables entre los datos diurnos y nocturnos dedujo que la radiación no provenía del Sol. Hess, premio Nobel de Física en 1936, es considerado el descubridor de los rayos cósmicos.

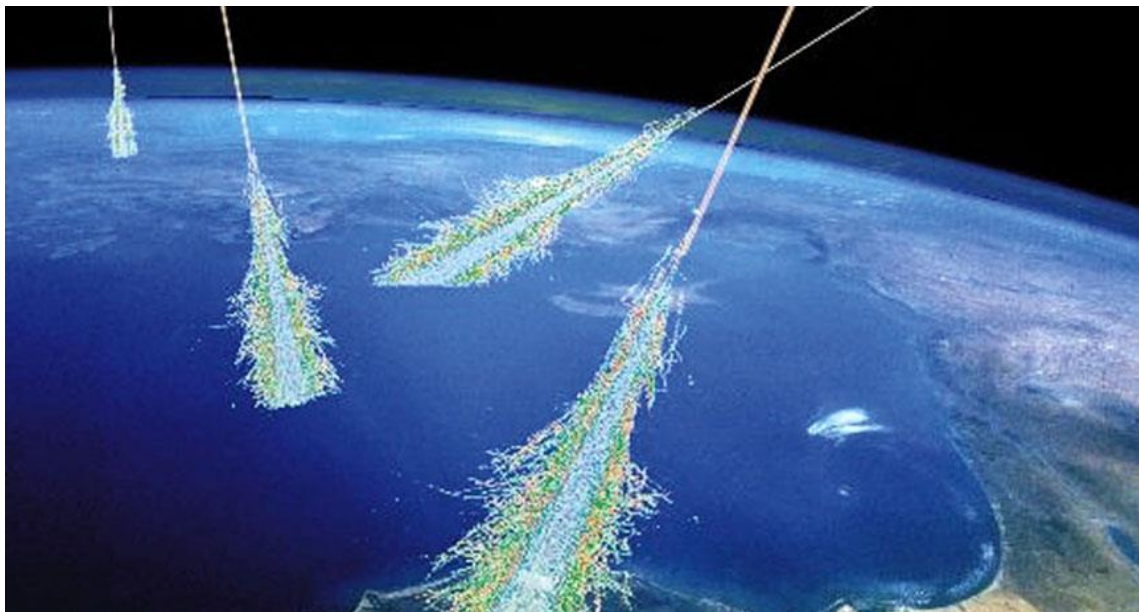
En los siguientes años el debate se centraría en cuál es la naturaleza de esa radiación cósmica capaz de atravesar toda la atmosfera. Se conocían tres tipos de radiación emitidos por los núcleos radiactivos: alfa (núcleos de Helio), beta (electrones) y gama (fotones). Estos últimos eran candidatos naturales por su alto poder de penetración. Sin embargo, en 192 el holandés Jacob Clay encontró que la Radiación en menos intensa en el ecuador que la latitudes altas. El fenómeno, explicado por Arthur Compton en 1932, estaría causado por la acción del campo magnético terrestre de la Tierra sobre los rayos cósmicos si estos poseen carga eléctrica, lo que eliminaba a los rayos gama como candidatos. Como los rayos gama no poseen carga, y eso conlleva a una serie de consecuencias, fundamentalmente observacionales: cuando se observa un rayo gama es posible decir la fuente que la originó, por ejemplo, una galaxia lejana que emite rayos gamma debido a la trayectoria rectilínea entre la fuente y el observador. En el caso de los rayos cósmicos, aunque se pueda originar en los centros de esas galaxias, sin embargo van a estar afectados por los campos magnéticos que hay a todas escalas del universo de manera que no van a seguir una trayectoria rectilínea, sino que van a ser deflectados, de manera que cuando llegan a Tierra, no hay manera de saber cuál fue el origen.

En 1938 el francés Pierre Auger y sus colaboradores encontraron que dos detectores separados por una distancia de 200 m podían registrar la entrada simultánea de radiación. Se estaban observando partículas secundarias producidas por un mismo

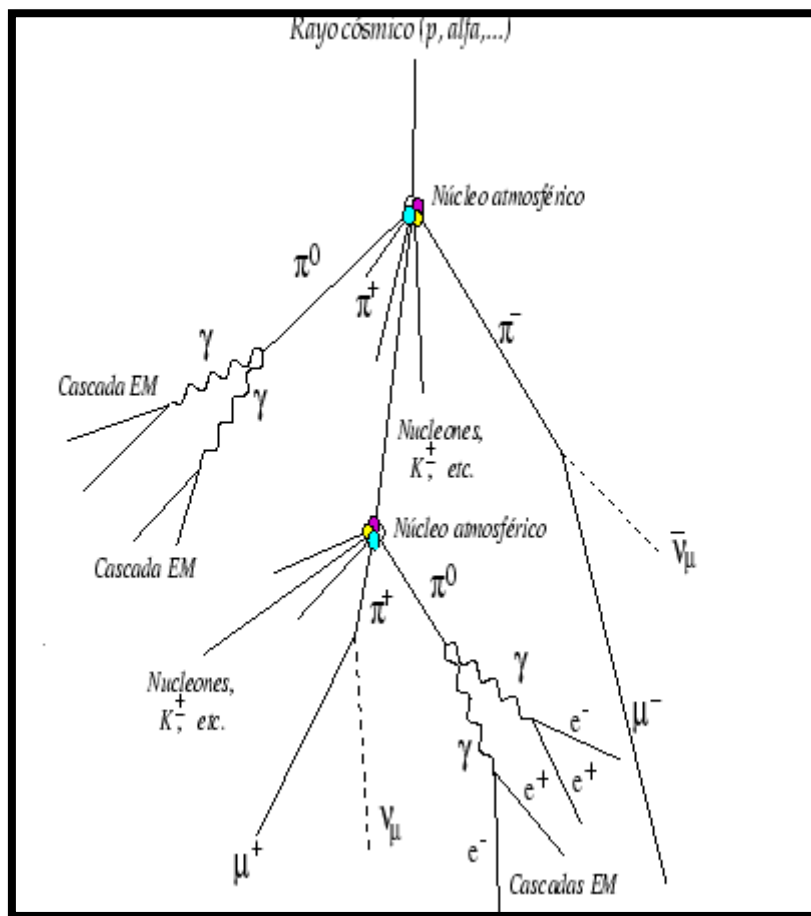
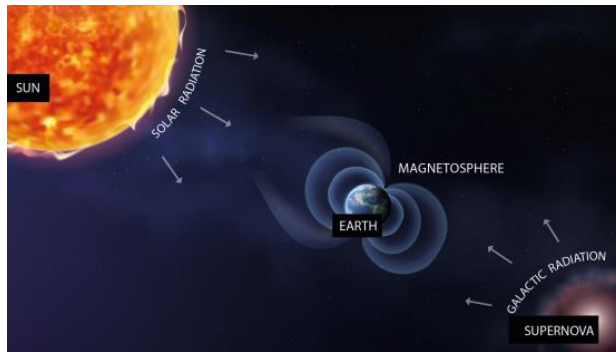
rayo cósmico primario. Estimaron que la energía total de esos sucesos era de 10^6 GeV, muchísimo más grande que los procesos radiactivos, la cual esta entorno de 1 MeV (megaelectronvoltio).

A finales de la década de 1930 existía cierto consenso sobre la naturaleza de los rayos cósmicos. Se trataba de núcleos atómicos (protones) relativistas, algunos de ellos de altísima energía, procedentes del espacio exterior. Al entrar a la atmosfera y chocar con el aire esos rayos cósmicos primarios desencadenan una casaca de partículas secundarias. La radiación observada estaba formada por la fracción de esas partículas secundarias que alcanzaban la superficie terrestre, e incluía una componente con fotones, electrones y positrones; y otras más penetrante compuesta por muones negativos y positivos (o antimuones).

La cascada de partículas resultante, llamada "partículas atmosféricas", llega al nivel del suelo con miles de millones de partículas energéticas que se extienden sobre un área aproximada de 16 km^2 .



La Tierra está protegida por un campo magnético que hace que las partículas cargadas reboten de un polo al otro, lo que crea dos cinturones gigantescos en forma de rosquilla por los que circulan electrones y protones energéticos. La magnetosfera desvía los rayos cósmicos y nos protege de las erupciones solares (explosiones repentinas de energía que liberan radiación electromagnética). En ocasiones la radiación cósmica sí llega a nosotros, pero no provoca ningún daño, al igual que otros niveles bajos de radiación a los que estamos expuestos habitualmente.



Los rayos cósmicos primarios que golpean las capas más externas de la atmósfera, sufren colisiones con los núcleos que allí se encuentran. De estas colisiones resultan lluvias de nuevas partículas elementales de todo tipo. (como electrones, positrones, mesones pi, muones, kaones, etc.) que eventualmente llegan a la superficie.

Los piones y Kaones son inestables pero su vida media es relativamente larga, por lo que tras ser creados podrán decaer o chocar con núcleos atmosféricos (dependerá de la energía: los más energéticos tendrán mayor vida media)

Un pion cargado puede decaer dando un muon y un neutrino:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

La barra en la expresión anterior indica que se trata de un antineutrino. Los muones y los neutrinos son partículas sin interacciones fuertes (leptones), que aparecen en la atmosfera a través de la desintegración de piones y kaones.

Los muones son inestables, con una vida media relativamente larga, suficiente para alcanzar el suelo desde cualquier inclinación. El modo de desintegración es:

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e$$

Debido a su masa y a la ausencia de interacciones fuertes, los muones son extremadamente penetrantes, al propagarse ionizan el aire. En la atmosfera el número de muones aumenta con la profundidad, siendo el tipo de radiación cósmica más abundante en la superficie terrestre. Los neutrinos, una vez producidos, no dejan rastro en la atmosfera.

Los piones neutros tienen una vida media 1000 veces más corta que los cargados debido a que decaen en dos fotones:

$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$$

Una vez producidos, los fotones de alta energía interactúan con núcleos atmosféricos y se convierten en pares electron-positron. Cada electrón, a su vez, también colisionara con el aire, creando un foton.

