

Detector de Rayos Cósmicos muones

Necesitamos Relatividad Especial

- Introducción a Detectores
 - DAQ
 - **Efecto Fotoeléctrico**
 - Centelleo
- **Origen, energías, cómo interaccionan con la atmósfera, etc.**

¿Qué son los Rayos Cósmicos?



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

No soy rayos, son partículas, principalmente núcleos de los átomos más comunes en el Universo: Hidrógeno y Helio

✓ Protones y partículas alfa



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

No soy rayos, son partículas, principalmente núcleos de los átomos más comunes en el Universo: Hidrógeno y Helio

✓ Protones y partículas alfa

Proviene de cuatro fuentes principalmente:

1. Solares
2. Anómalos (Estrellas cercanas)
3. Galácticos
4. Extragalácticos



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

No soy rayos, son partículas, principalmente núcleos de los átomos más comunes en el Universo: Hidrógeno y Helio

✓ Protones y partículas alfa

Proviene de cuatro fuentes principalmente:

1. Solares
2. Anómalos (Estrellas cercanas)
3. Galácticos
4. Extragalácticos

Inciden continua y permanentemente en la tierra. En la superficie al nivel del mar se estima que el flujo es de casi un muon por cm^2/seg

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

No soy rayos, son partículas, principalmente núcleos de los átomos más comunes en el Universo: Hidrógeno y Helio

✓ Protones y partículas alfa

Proviene de cuatro fuentes principalmente:

1. Solares
2. Anómalos (Estrellas cercanas)
3. Galácticos
4. Extragalácticos

Inciden continua y permanentemente en la tierra. En la superficie al nivel del mar se estima que el flujo es de casi un muon por cm^2/seg

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

Se distinguen en dos

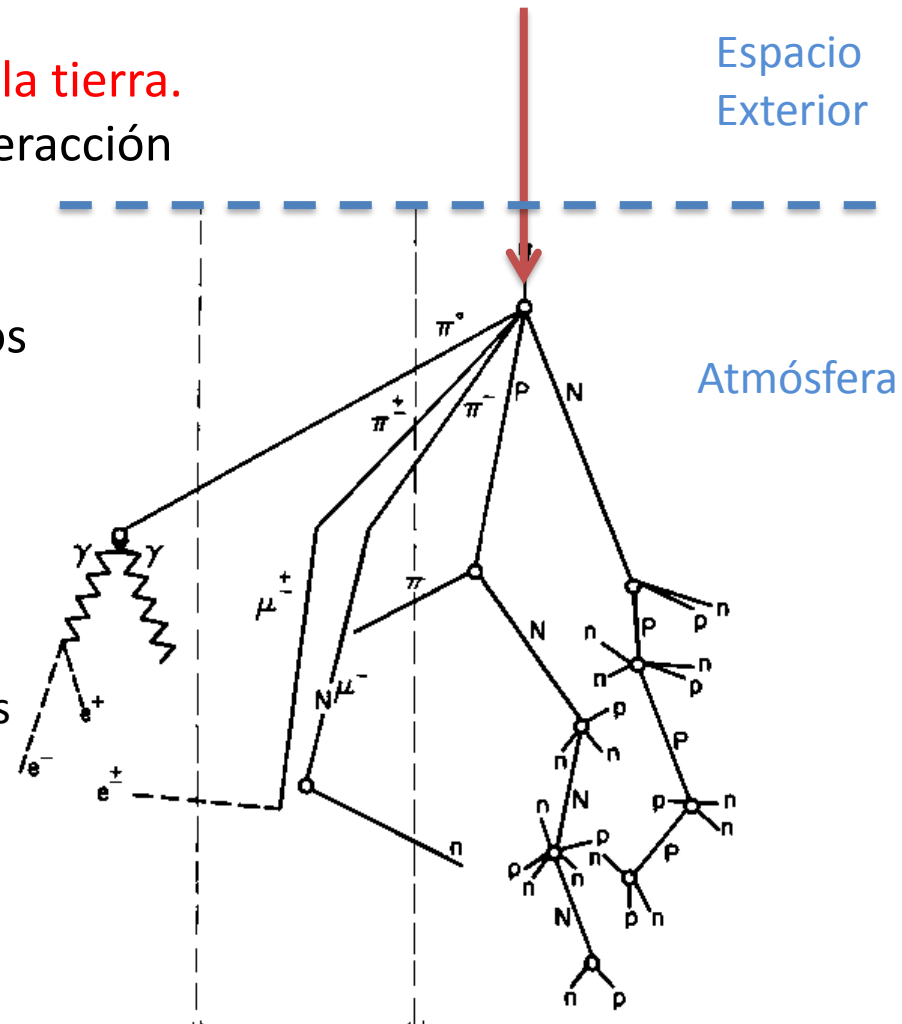
- **Primarios.-** Los que provienen externos a la tierra.
- Secundarios.- los que se originan de la interacción con la atmósfera.

La mayoría de los secundarios se crean a unos 15,000 metros sobre el nivel del mar.

En cierta forma la atmósfera nos protege de los rayos cósmicos primarios, que pueden ser muy energéticos.

Los rayos cósmicos secundarios vuelven a interactuar con la atmósfera y crean más partículas secundarias ...

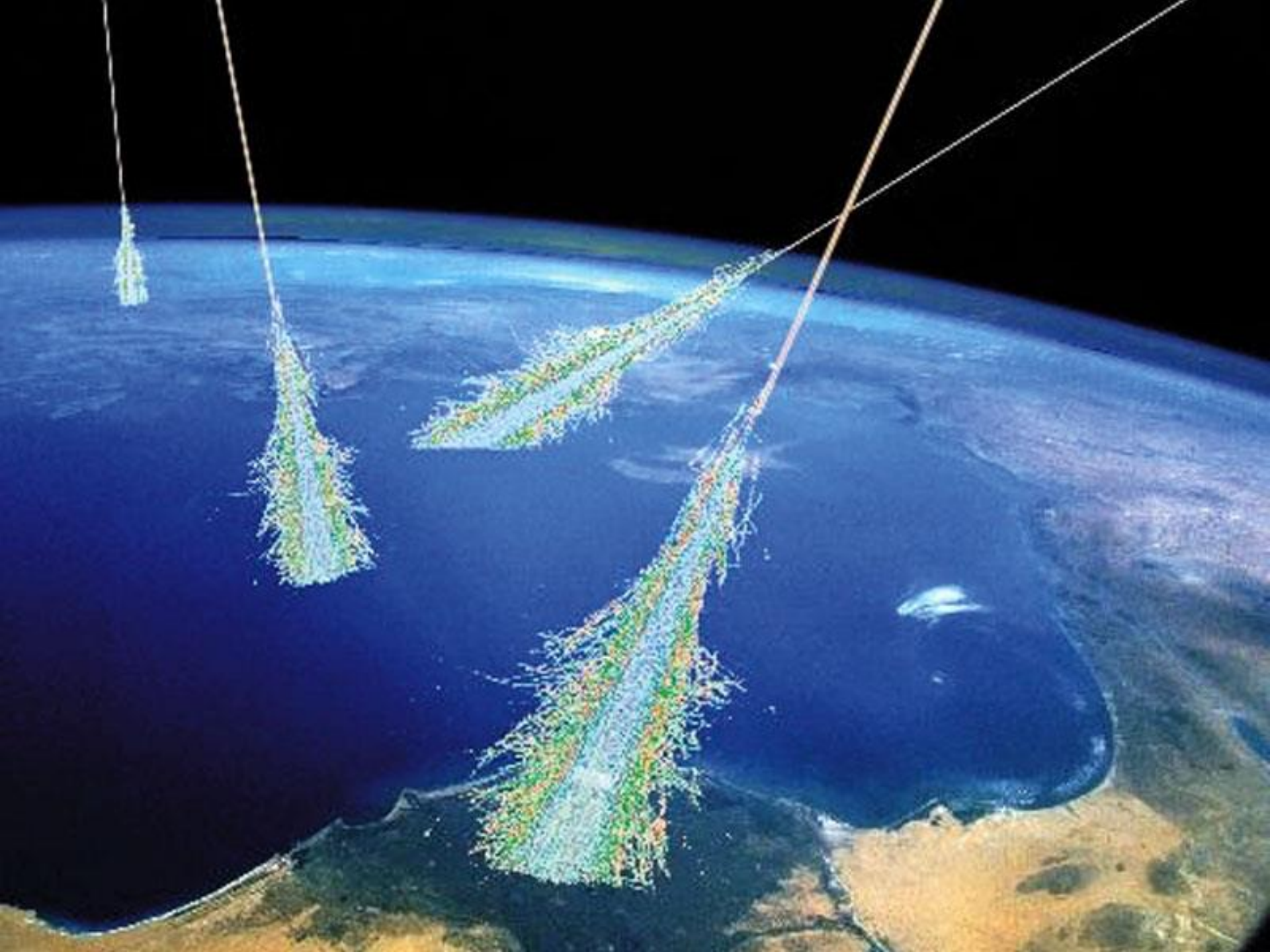
... así continúa hasta que las nuevas partículas creadas ya no tiene suficiente energía para interactuar y crear nuevas partículas.

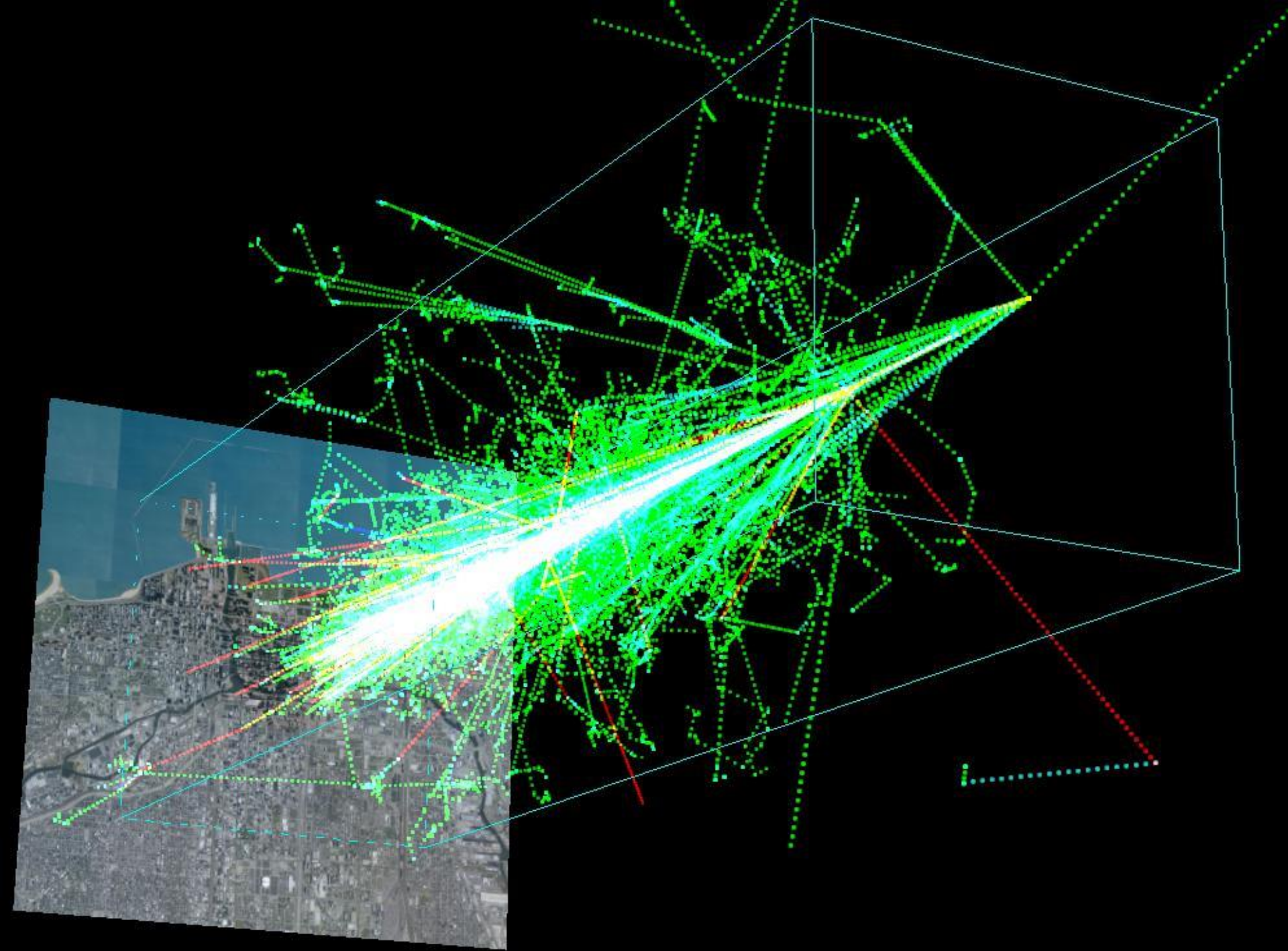


¿Podemos ver los rayos cósmicos?

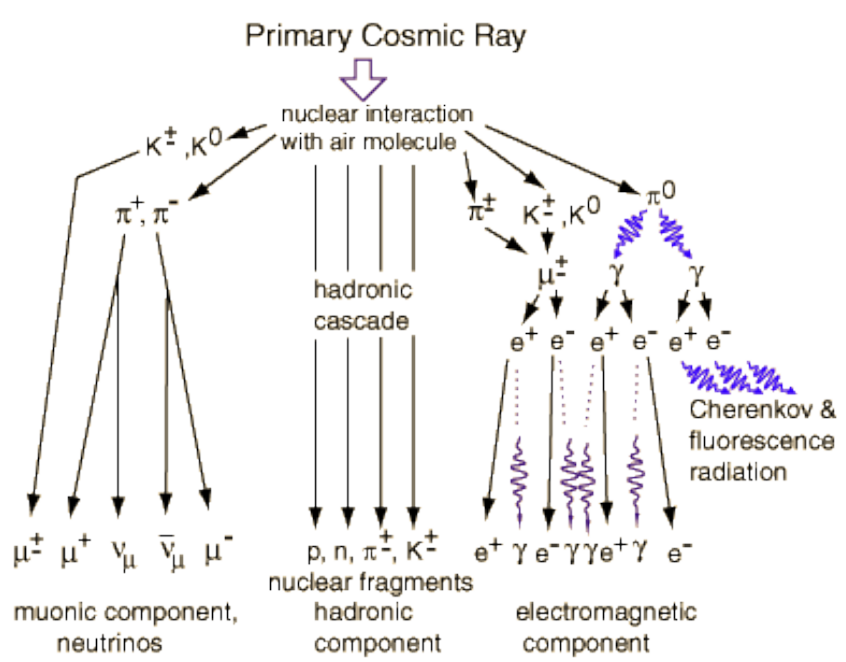
IMÁGENES



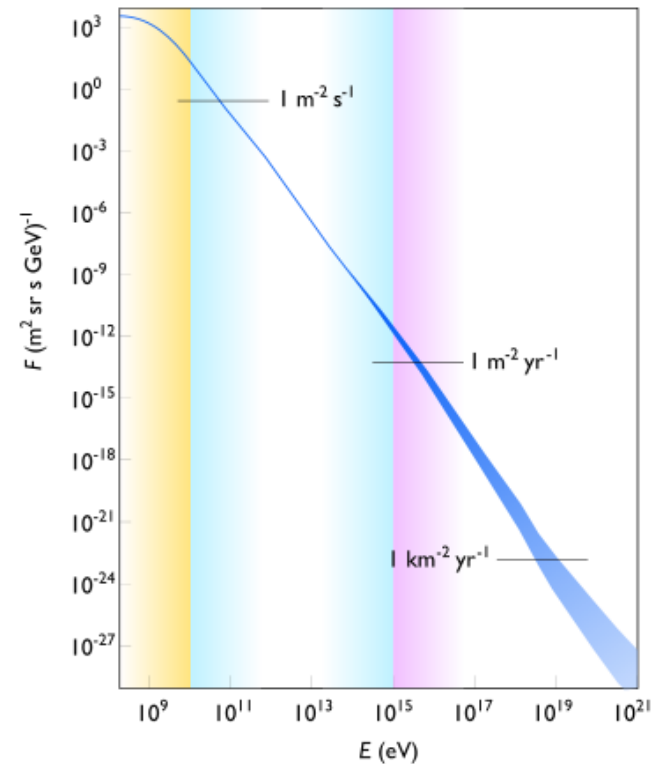








F U L U O



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

Se distinguen en dos

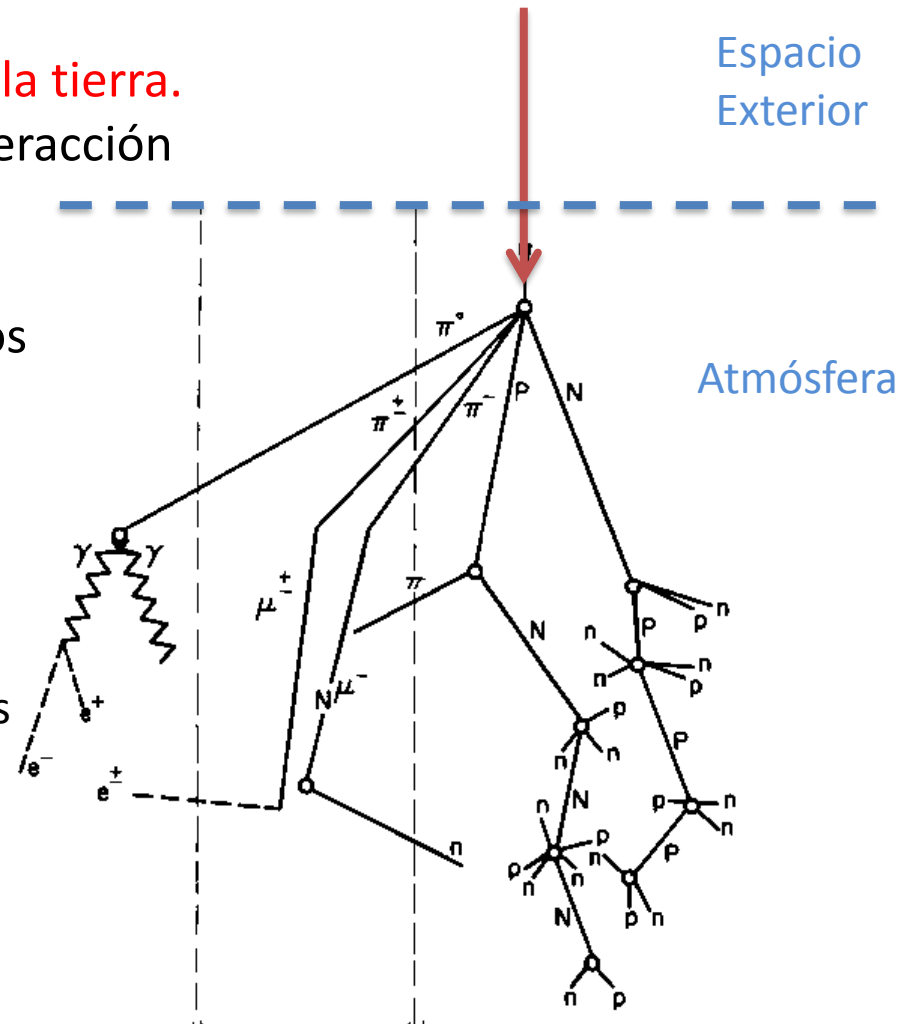
- **Primarios.-** Los que provienen externos a la tierra.
- Secundarios.- los que se originan de la interacción con la atmósfera.

La mayoría de los secundarios se crean a unos 15,000 metros sobre el nivel del mar.

En cierta forma la atmósfera nos protege de los rayos cósmicos primarios, que pueden ser muy energéticos.

Los rayos cósmicos secundarios vuelven a interactuar con la atmósfera y crean más partículas secundarias ...

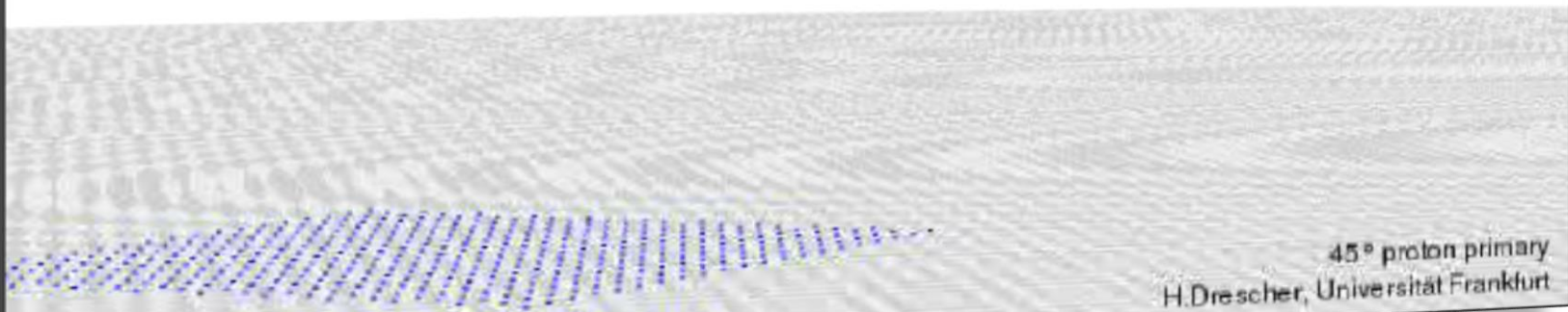
... así continúa hasta que las nuevas partículas creadas ya no tiene suficiente energía para interactuar y crear nuevas partículas.



Veamos una simulación



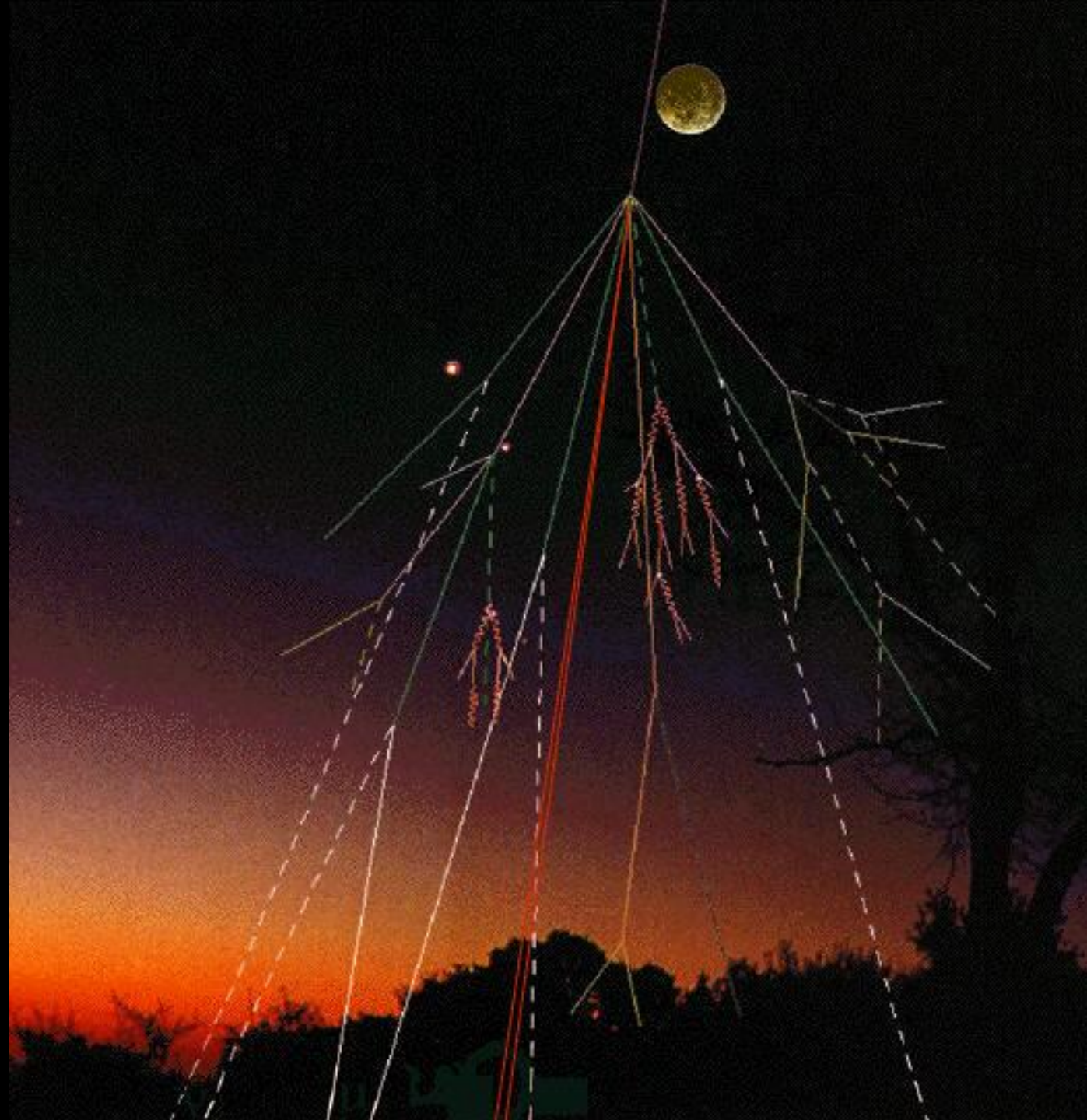
time = -266 μ s

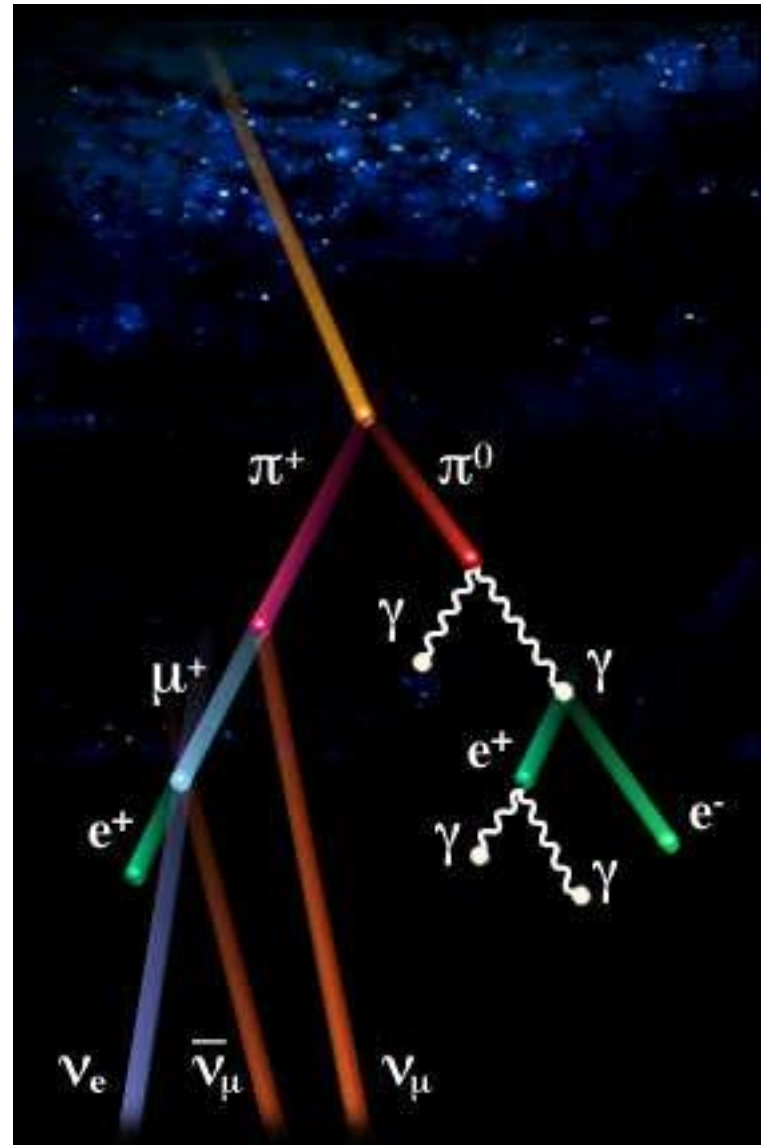
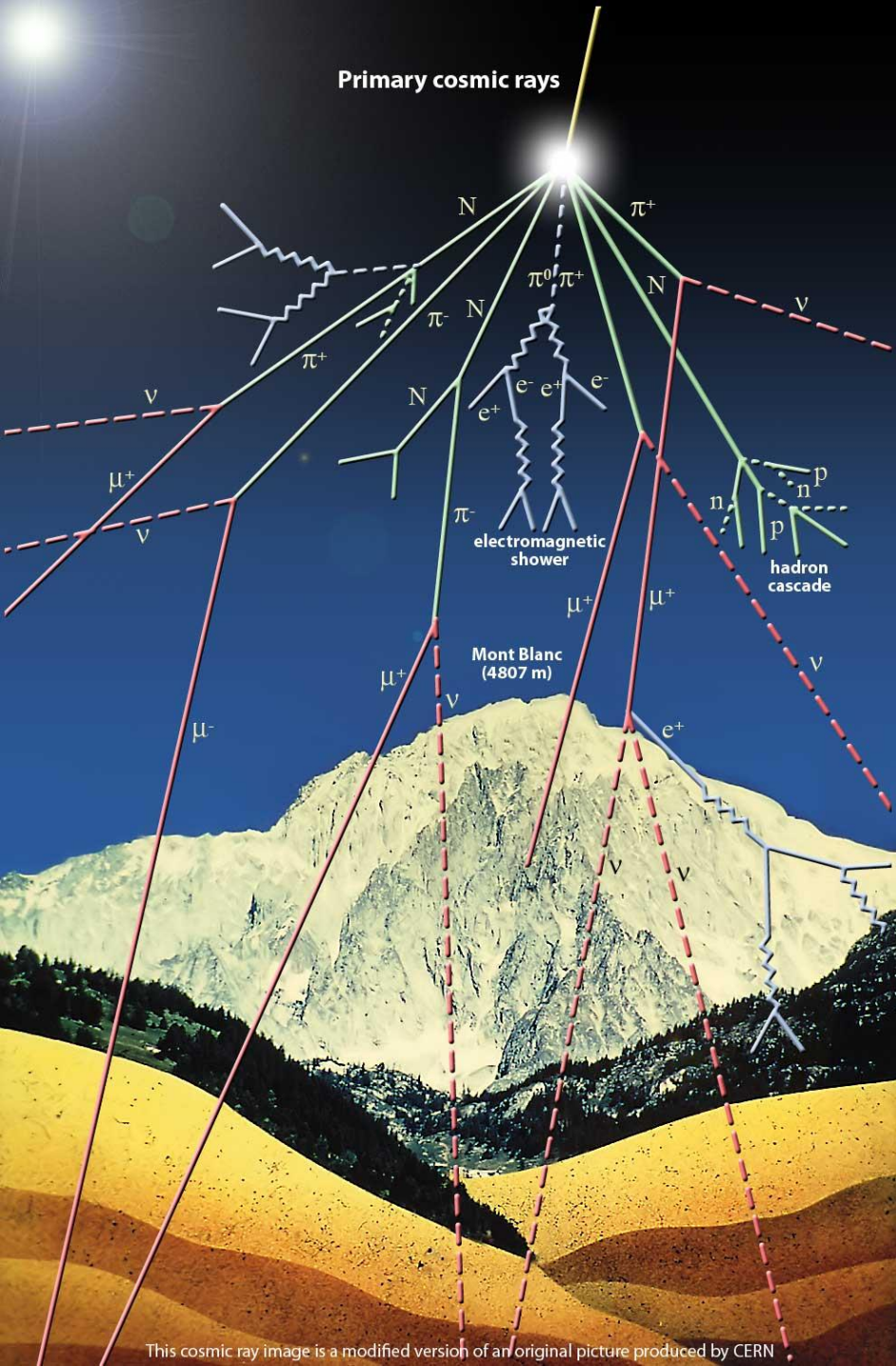


45° proton primary
H. Drescher, Universität Frankfurt

Si no quitamos las partículas
esto es lo que queda ...





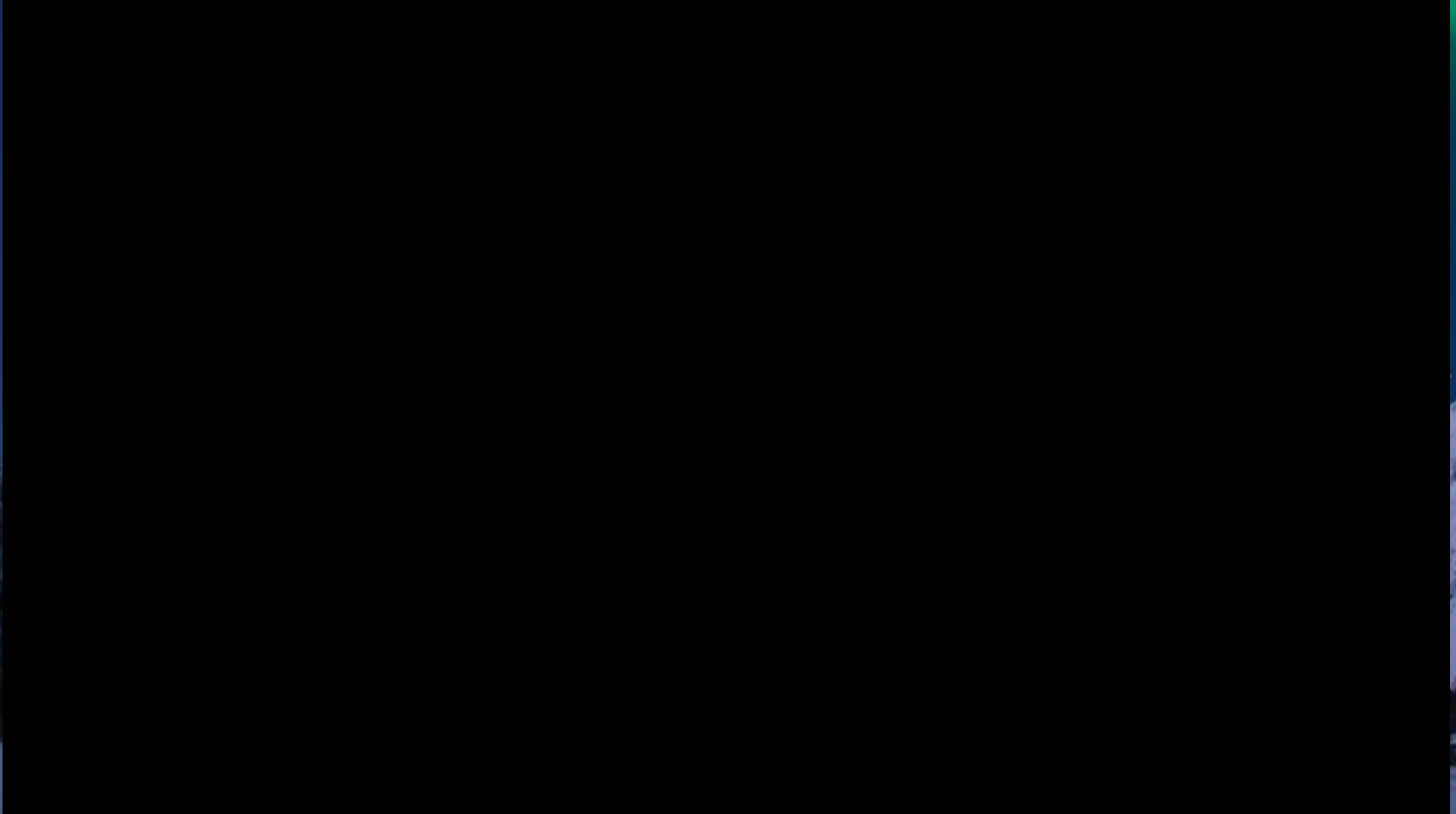




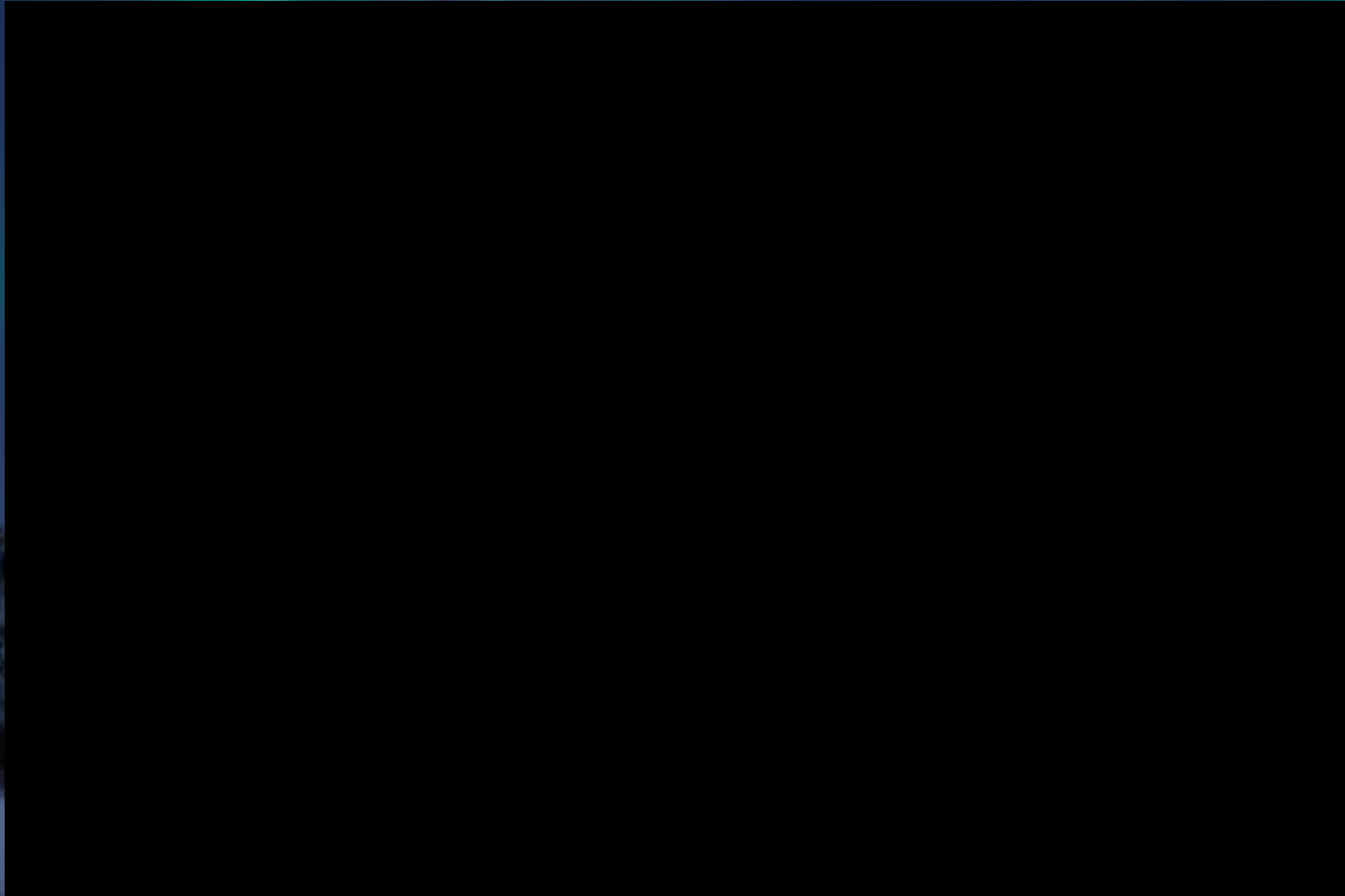




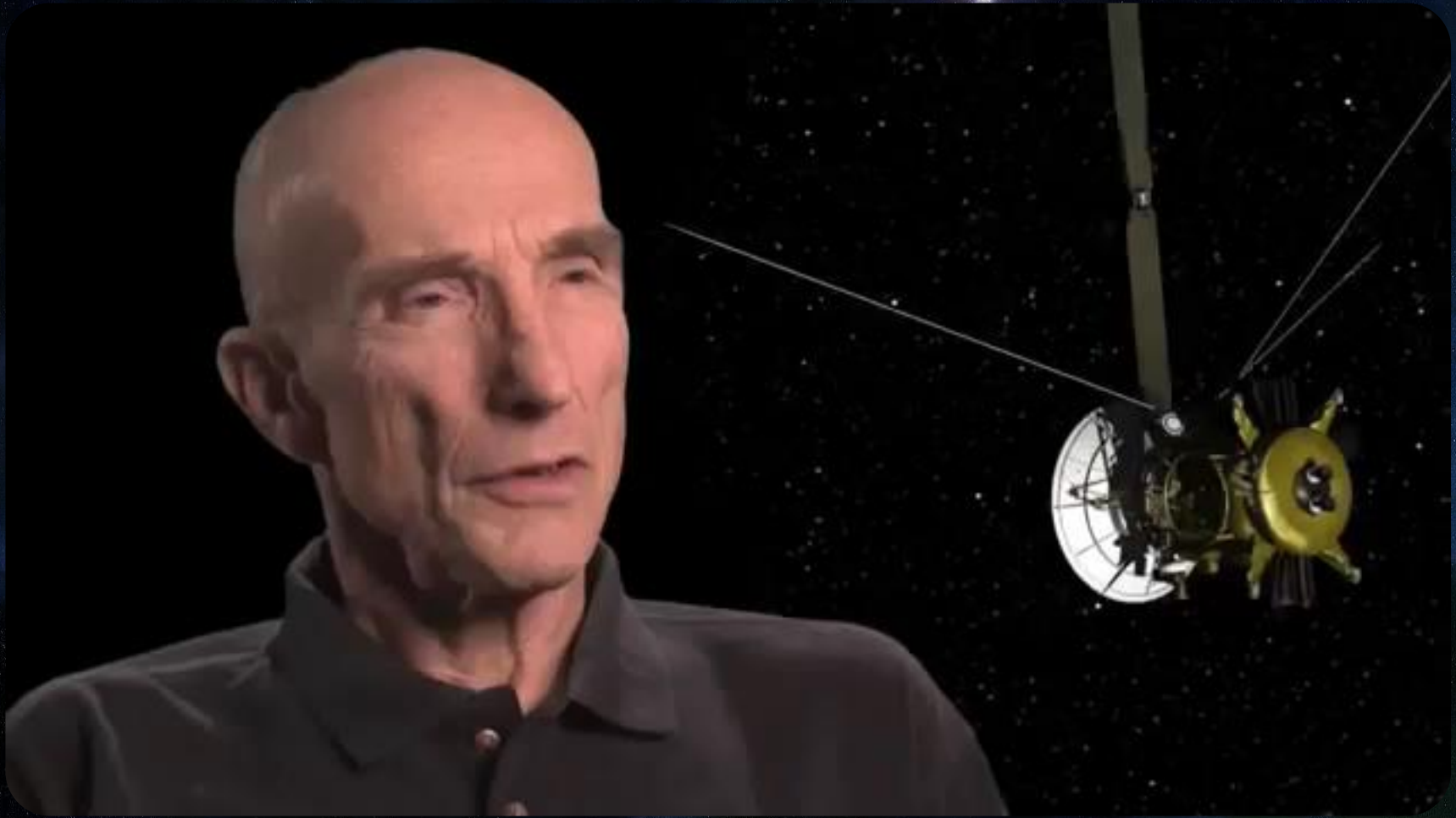
Auroras Boreales (Rayos C3smicos del Sol)



Auroras Boreales desde el Espacio



Auroras Boreales en el Sistema Solar



Origen de Rayos C3smicos

Los mismo de Walt Disney



Hace un poco más de cien años ...

DESCUBRIMIENTO DE LOS RAYOS CÓSMICOS



Victor Hess

<http://visitantes.auger.org.ar/index.php/historia.html>

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.

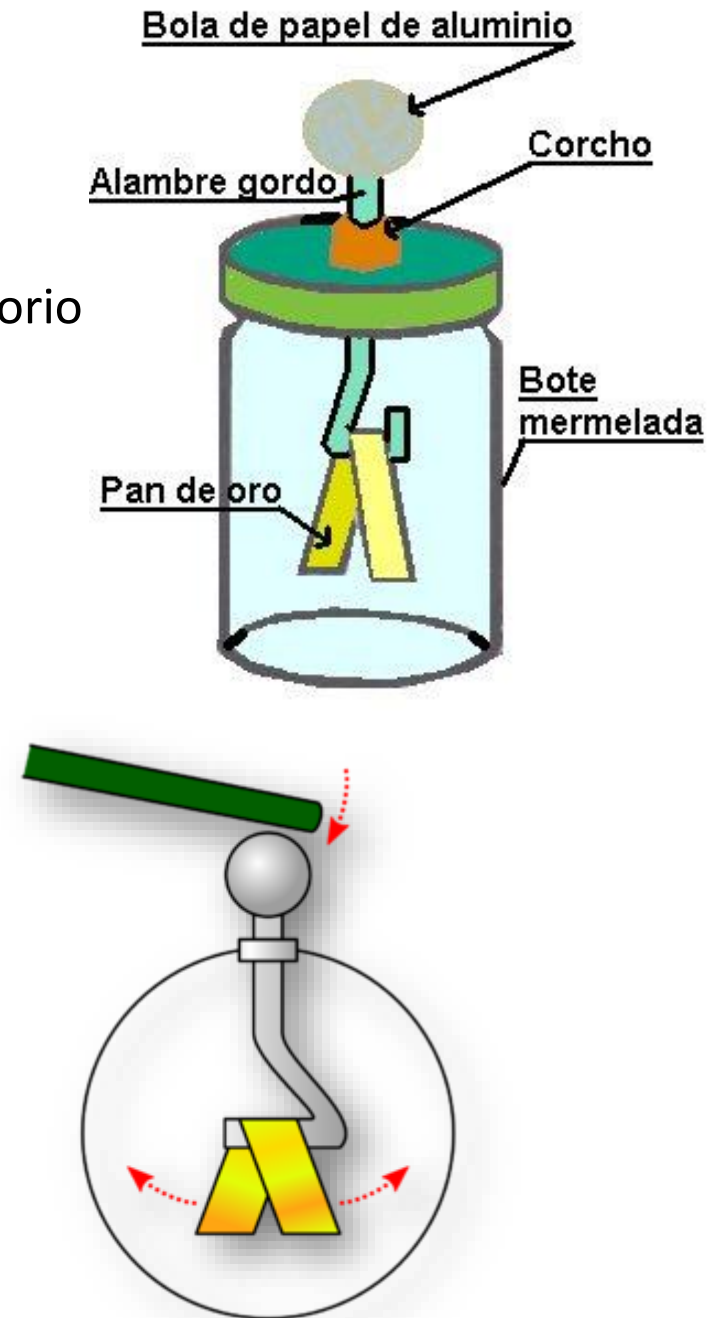
1912. Victor Hess, el padre de la investigación de los rayos cósmicos y un intrépido científico austriaco, comenzó una serie de arriesgados vuelos en globos aerostáticos, llegando a 5000 metros de altura. A medida que ascendía, registraba a través de electros copios un aumento significativo de cargas libres en la atmósfera; las moléculas de aire perdían electrones haciéndose conductores de electricidad. Estas mediciones demostraron la existencia de lo que Hess llamó “radiación penetrante proveniente del espacio”, pero no aportaron claves definitivas sobre su naturaleza. El suyo fue el primero de muchos viajes audaces realizados por los físicos para estudiar los rayos cósmicos.



Electroscopio

Una forma sencilla de ver su evidencia en un laboratorio

Un electroscopio pierde gradualmente su carga debido a la conductividad eléctrica del aire producida por su contenido en iones. Por ello la velocidad con la que se carga un electroscopio en presencia de un campo eléctrico o se descarga puede ser utilizada para medir la densidad de iones en el aire ambiente. Por este motivo, el electroscopio se puede utilizar para medir la radiación de fondo en presencia de materiales radiactivos. El electroscopio de hojuelas de oro fue inventado por William Gilbert en 1600.2

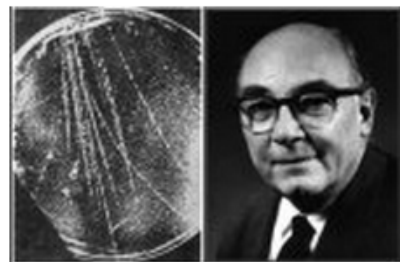


1929. Usando la recién inventada cámara de niebla, Dimitri Skobelzyn observó las primeras huellas fantasmales dejadas por los rayos cósmicos.

1932. Robert Millikan, conocido por su ingeniosa medición de la carga del electrón, los bautizó "rayos cósmicos". Cósmicos por su evidente origen en el espacio exterior al sistema solar, y rayos porque sospechaba que se trataba de rayos gamma, la radiación electromagnética más penetrante conocida en esa época. Pero fue creciendo la evidencia de que los rayos cósmicos eran, en realidad, en su mayoría partículas energéticas con masa.



1932. Mientras observaba las trazas de rayos cósmicos que pasaban a través de su cámara de niebla, Carl Anderson descubrió la antimateria bajo forma del anti-electrón, llamado más tarde positrón. Un positrón es una partícula exactamente igual al electrón pero con carga opuesta, positiva.



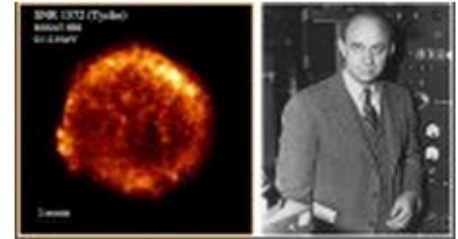
1937. Seth Neddermayer y Carl Anderson descubrieron la partícula subatómica llamada muón en los rayos cósmicos. El positrón y el muón fueron los primeros de una serie de partículas subatómicas descubiertas usando a los rayos cósmicos descubrimientos que dieron lugar a la ciencia de la física de partículas elementales. Los físicos de partículas usaron los rayos cósmicos para su investigación hasta el surgimiento de los aceleradores de partículas en los años cincuenta.

1938. Pierre Auger, quien había ubicado detectores de partículas en las alturas de los Alpes, notó que dos detectores colocados a muchos metros de separación indicaron ambos la llegada de partículas exactamente al mismo tiempo. Auger había descubierto los "chubascos aéreos extendidos", lluvias de partículas subatómicas secundarias causadas por la colisión de partículas primarias de alta energía con moléculas de aire. Sobre la base de sus mediciones, Auger concluyó que había observado chubascos con energías de 10^{15} eV, diez millones de veces más altas que cualquier conocida antes.



Los Rayos Cósmicos de alta energía

1949. Enrico Fermi propuso una explicación para la aceleración de los rayos cósmicos. En el acelerador de "choque" para los rayos cósmicos imaginado por Fermi, los protones aumentan su velocidad al rebotar sobre nubes magnéticas que se mueven en el espacio. Se cree que estrellas que explotan (supernovas) actúan como tales aceleradores cósmicos, pero ellas solas no pueden dar cuenta de los rayos cósmicos de la más alta energía.



1962. El evento de Volcano Ranch. El primer rayo cósmico con energía alrededor de 10^{20} eV fue detectado por John Linsley en el arreglo de superficie del Instituto Tecnológico de Massachusetts ubicado en Volcano Ranch (Nuevo México, EEUU), en febrero de 1962. Este singular evento aumento en un factor 50 el extremo del espectro energético de los rayos cósmicos conocido hasta ese momento, y fue el primer evento registrado con energía mayor o igual a 10^{20} eV. El arreglo de Volcano Ranch consistía en 19 detectores de centelleo cubriendo un área de aproximadamente 7 km^2 , y operó entre los años 1958 a 1972.



Para más información ver: J. Linsley, Phys. Rev. Lett., 10 (1963) 146.

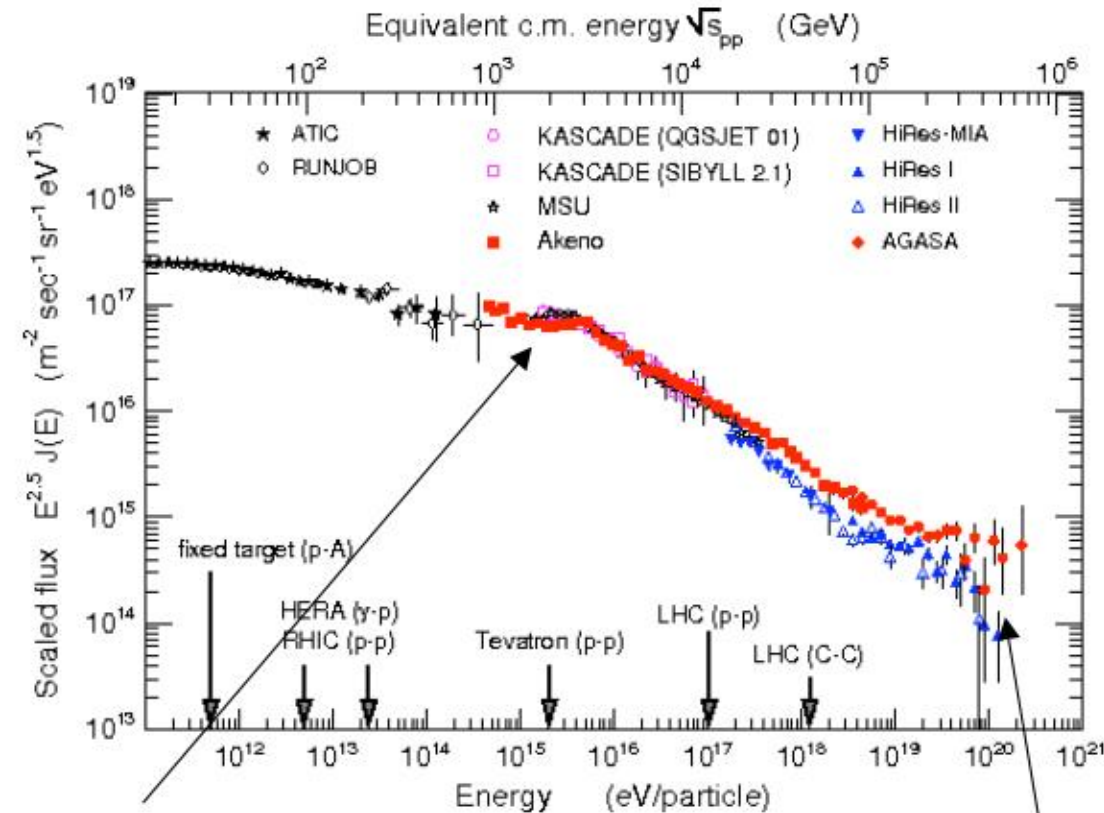
¿De dónde vienen los rayos cósmicos?

ORIGEN Y CLASIFICACIÓN

Clasificación por su origen

- Solares (Solar Energetic Particle SEP)
- Anómalos (Anomalous Cosmic Rays)
- Galácticos (GCRs)
- Extra-Galácticos (Ultra High Energy CR.)

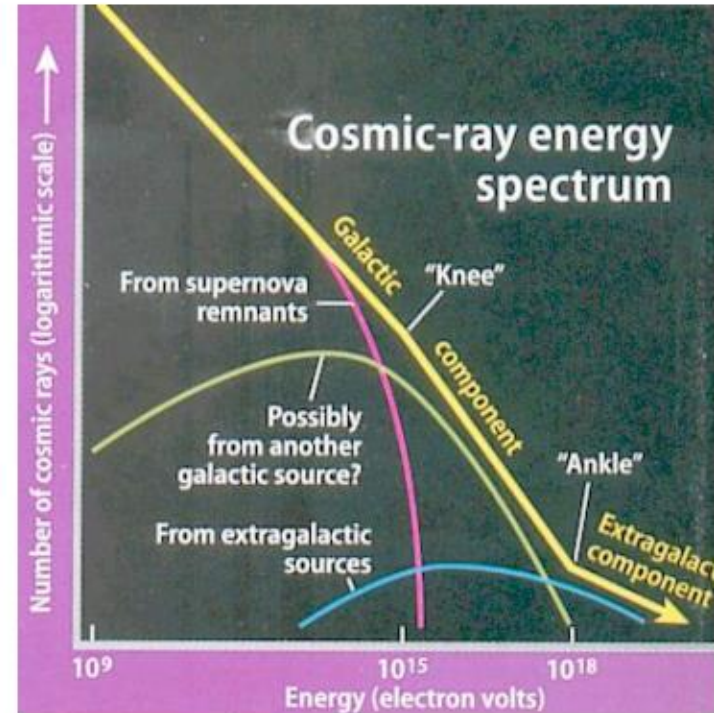
Espectro de energía



knee

<http://www.astro.psu.edu/users/nnp/cr.html>

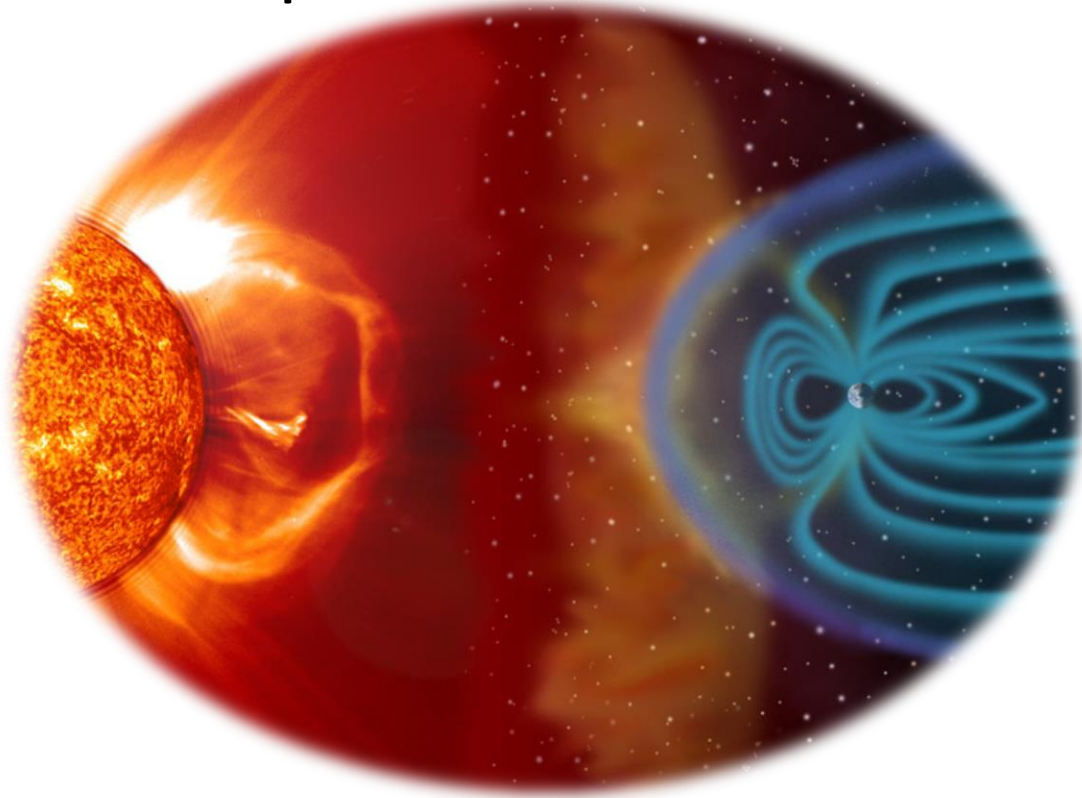
ankle

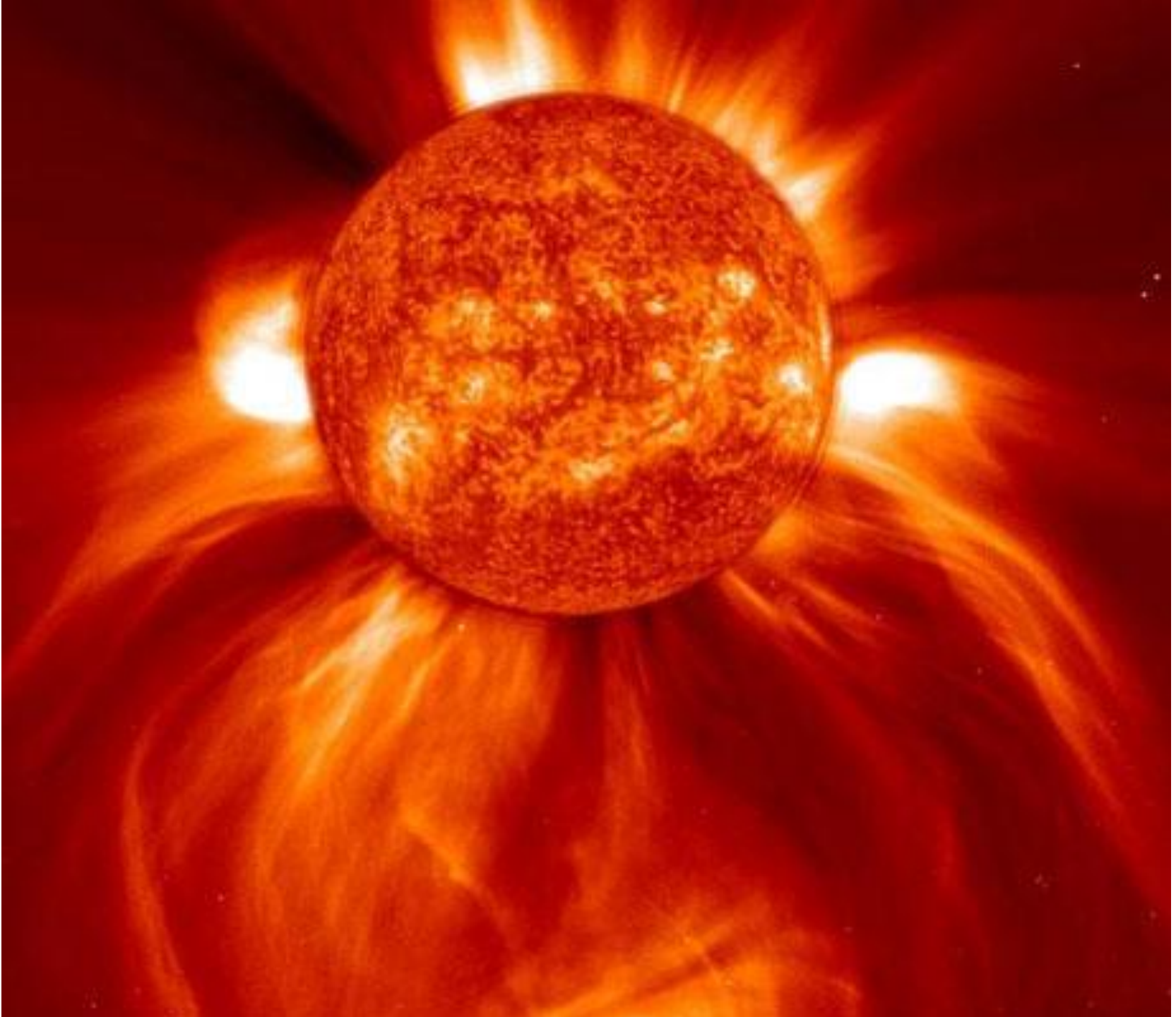


<http://universe-review.ca>

Solares (SEP)

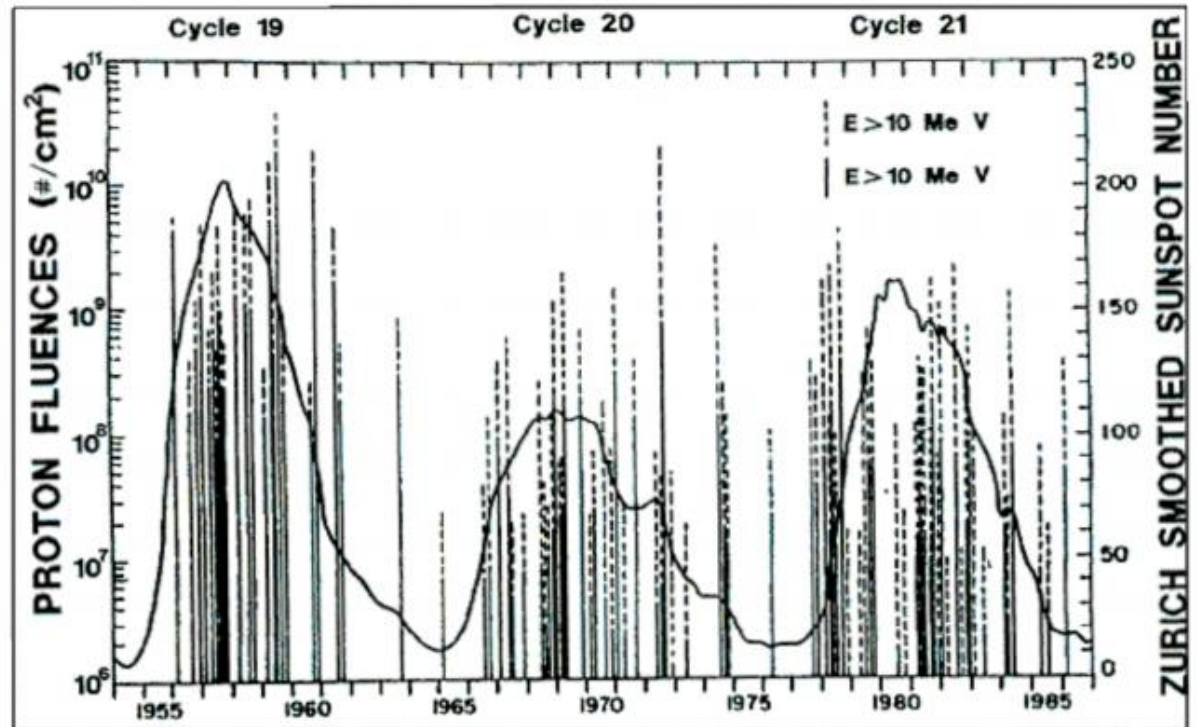
- Origen: Sol (keV < Energía < GeV)
- Peligro para aeronaves espaciales humanas, inclusive en exposición corta de tiempo.
- No llegan a la superficie de la Tierra





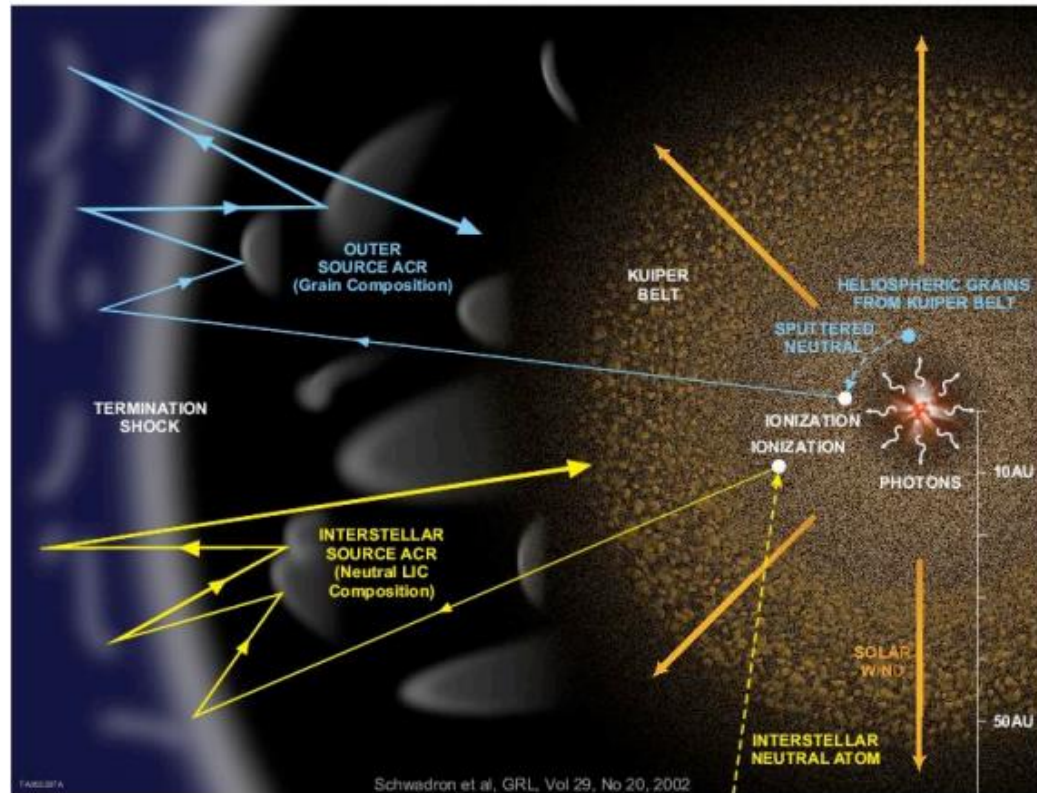
Solares

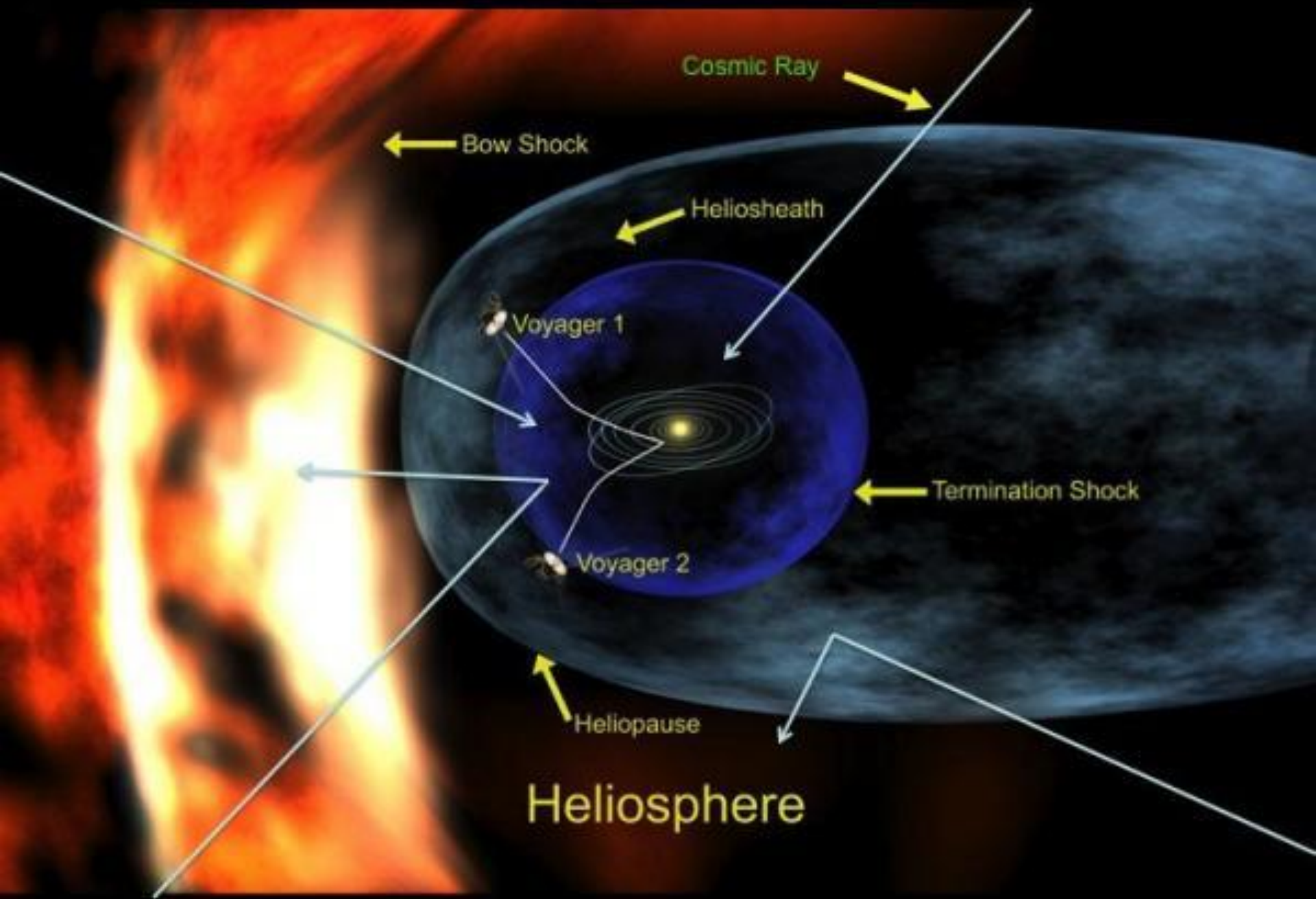
- Varían con cada ciclo solar.



Anómalos

- Energías $\text{MeV} < E < \text{GeV}$
- Origen Heliósfera (?)
- El Voyager 1 no encontró evidencia de estructuras que los generaran.





Cosmic Ray

Bow Shock

Heliosheath

Voyager 1

Termination Shock

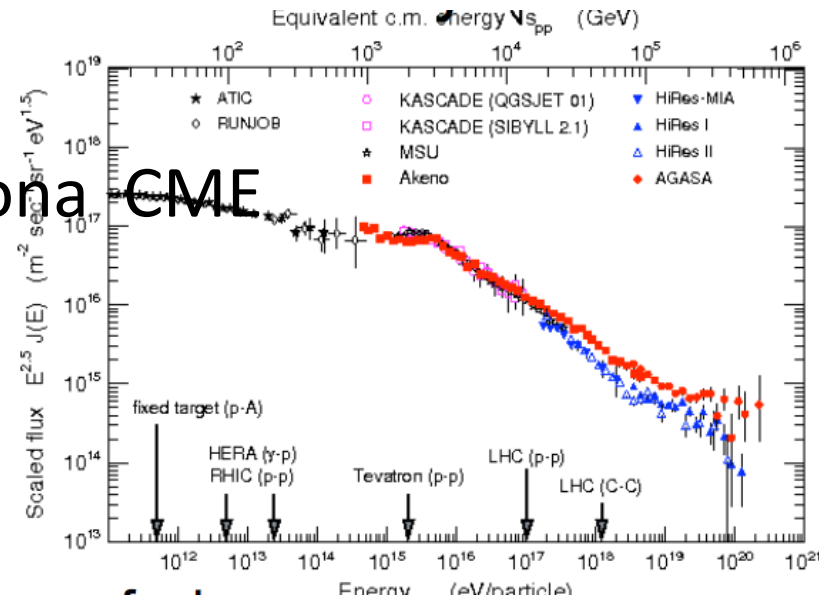
Voyager 2

Helopause

Heliosphere

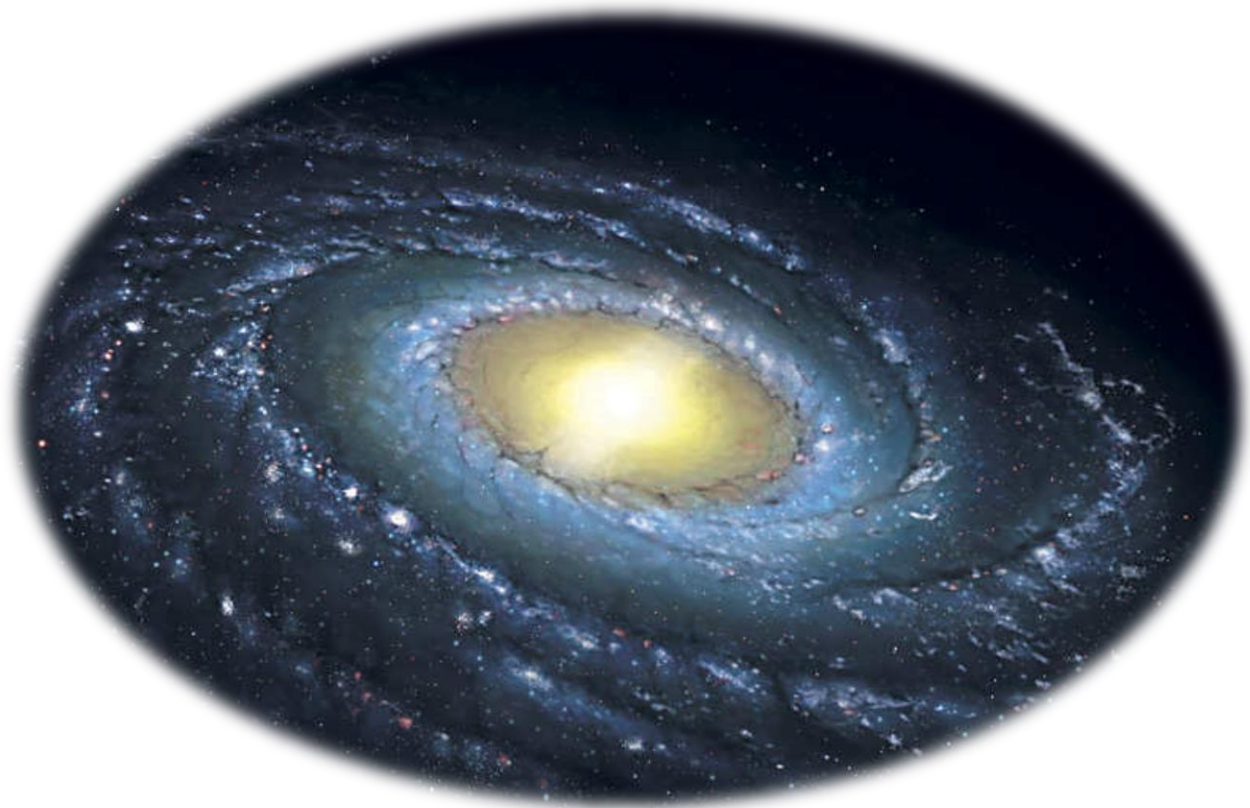
Galácticos

- $\text{GeV} < E < \text{PeV}$ (Rodilla)
- Origen: Ondas de choque en supernovas.
- Peligro para exposición en misiones de largo tiempo a los seres humanos.
- Llegan a bajas altitudes en la Tierra
 - ($E > 100 \text{TeV}$ para llegar a superficie)
- Efecto Forbush:
 - Decrece en emisión de la corona (CME)
 - Corona Mass Ejection)

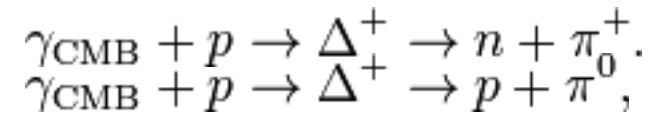


Galácticos

- Origen desconocido
 - Estrellas de Wolf-Rayet (estrellas de 20-30 masas solares) que sufren grandes pérdidas de masas debido a los intensos vientos estelares.



Extra-galácticos / Ultra energéticos



- Límite de Greisen-Zatsepin
- No representan un peligro debido a su bajo flujo. $5 \times 10 \text{ E } 19$
- El Límite es impuesto por su interacción con la Radiación Cósmica de Fondo a lo largo de más de 163 millones de años luz.
- Energía de una pelota de beisbol de 100 km/hr.

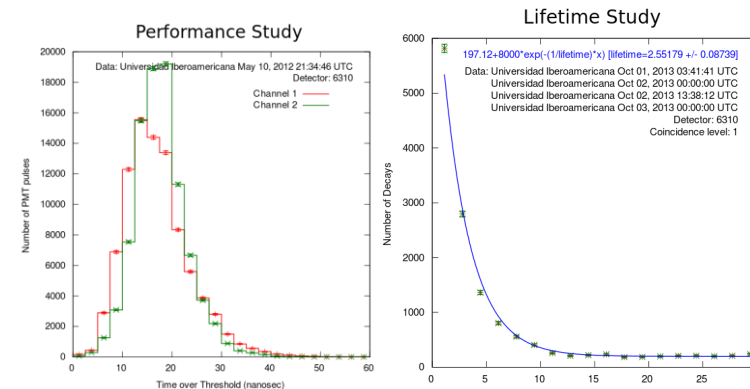
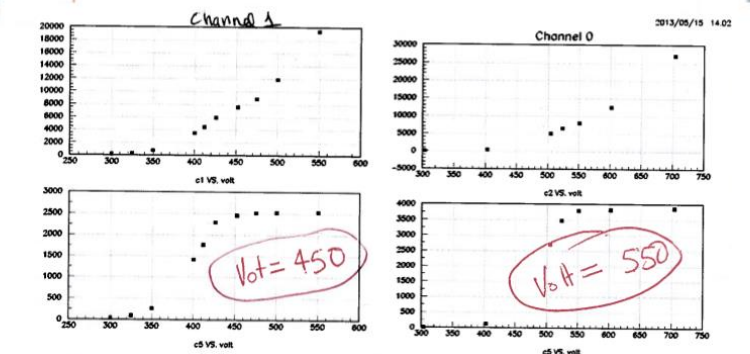
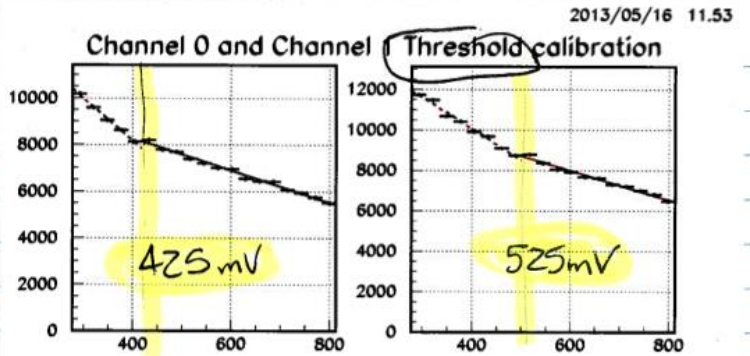
**Y ¿QUÉ PODEMOS VER/MEDIR EN
NUESTROS LABORATORIOS**

¿Qué podemos medir de los rayos cósmicos en nuestros laboratorios?

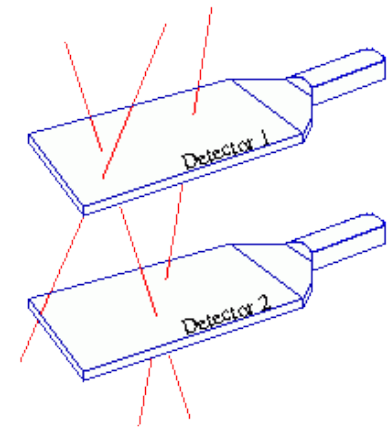
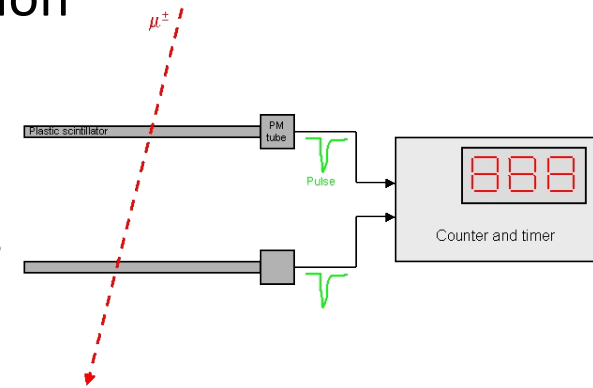
- **Primero calibración**
 - Respuesta del detector
 - Nivel de ruido
- **Flujo de muones**
 - Medir a varias alturas
 - Medir penetración
- **Medir qué tan grande es la cascada**
- **Vida media del muón**



¿Qué podemos medir de los rayos cósmicos en nuestros laboratorios?



- Primero calibración
 - Respuesta del detector
 - Nivel de ruido
- Flujo de muones
 - Medir a varias alturas
 - Medir penetración
- Medir qué tan grande es la cascada
- Vida media del muón



Un poco de relatividad especial

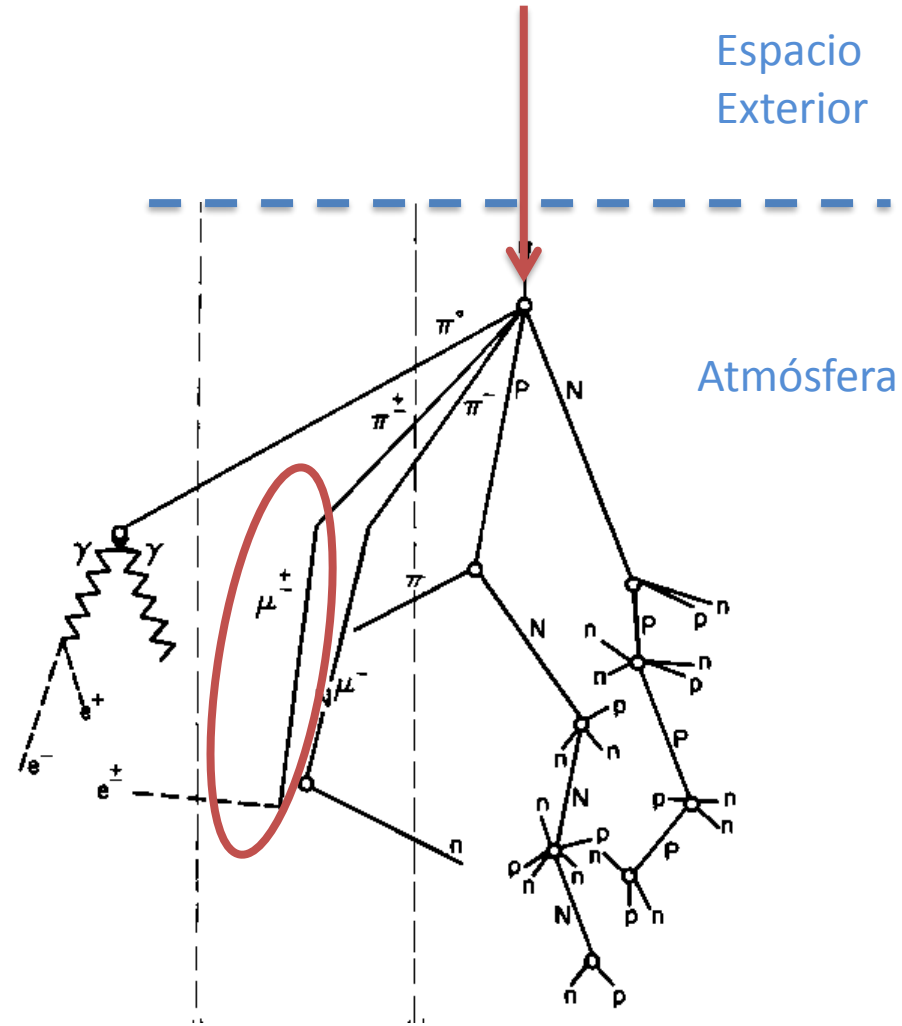
VIDA MEDIA DEL MUON

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

MODELO ESTANDAR DE PARTÍCULAS ELEMENTALES

	I	II	III	
mass →	3 MeV	1.24 GeV	172.5 GeV	0
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
name →	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	6 MeV	95 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	d down	s strange	b bottom	g gluon
Leptons	<2 eV	<0.19 MeV	<18.2 MeV	90.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z^0 weak force
	0.511 MeV	106 MeV	1.78 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e electron	μ muon	τ tau	W^{\pm} weak force

Bosons (Forces)



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

Se distinguen en dos

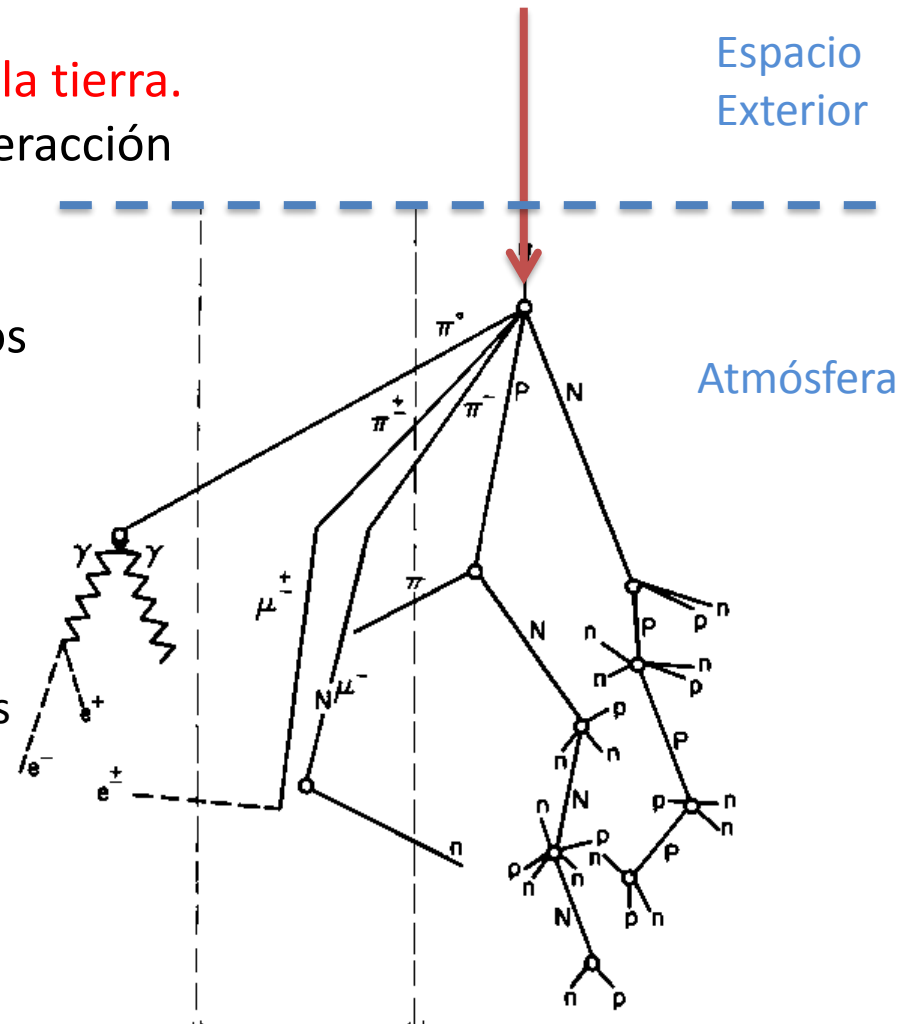
- **Primarios.-** Los que provienen externos a la tierra.
- Secundarios.- los que se originan de la interacción con la atmósfera.

La mayoría de los secundarios se crean a unos 15,000 metros sobre el nivel del mar.

En cierta forma la atmósfera nos protege de los rayos cósmicos primarios, que pueden ser muy energéticos.

Los rayos cósmicos secundarios vuelven a interactuar con la atmósfera y crean más partículas secundarias ...

... así continúa hasta que las nuevas partículas creadas ya no tiene suficiente energía para interactuar y crear nuevas partículas.

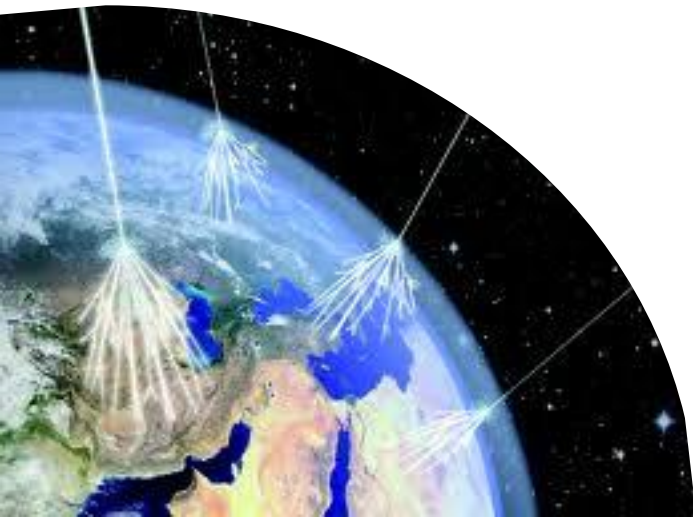
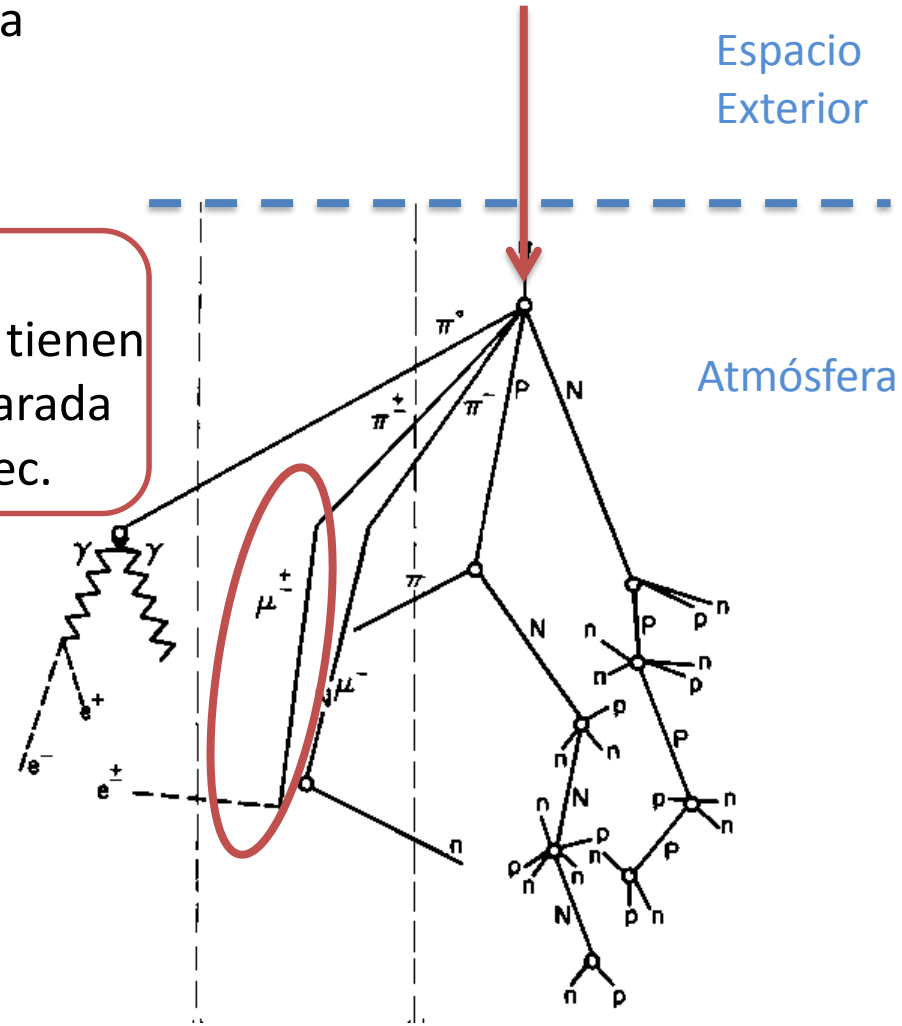


¿Qué son los Rayos Cósmicos?

No todos los rayos cósmicos secundarios nos llegan a la superficie. La gran mayoría pierde mucha energía y son desviados o absorbidos por la atmósfera o decaen en otros productos.

Flujo de muones:

A diferencia de todos los demás, los muones tienen una vida media relativamente grande (comparada con las otras partículas) alrededor de $2.2 \mu \text{ sec}$.



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html

Veamos el problema sin Relatividad Especial:

Si se crean un millón de muones a 10 km de altura ¿qué distancia recorren en una vida media?

$$d = v \cdot t = (3 \times 10^8 \text{ m/s})(2.2 \times 10^{-6} \text{ s}) \ln(2) = 460 \text{ m}$$

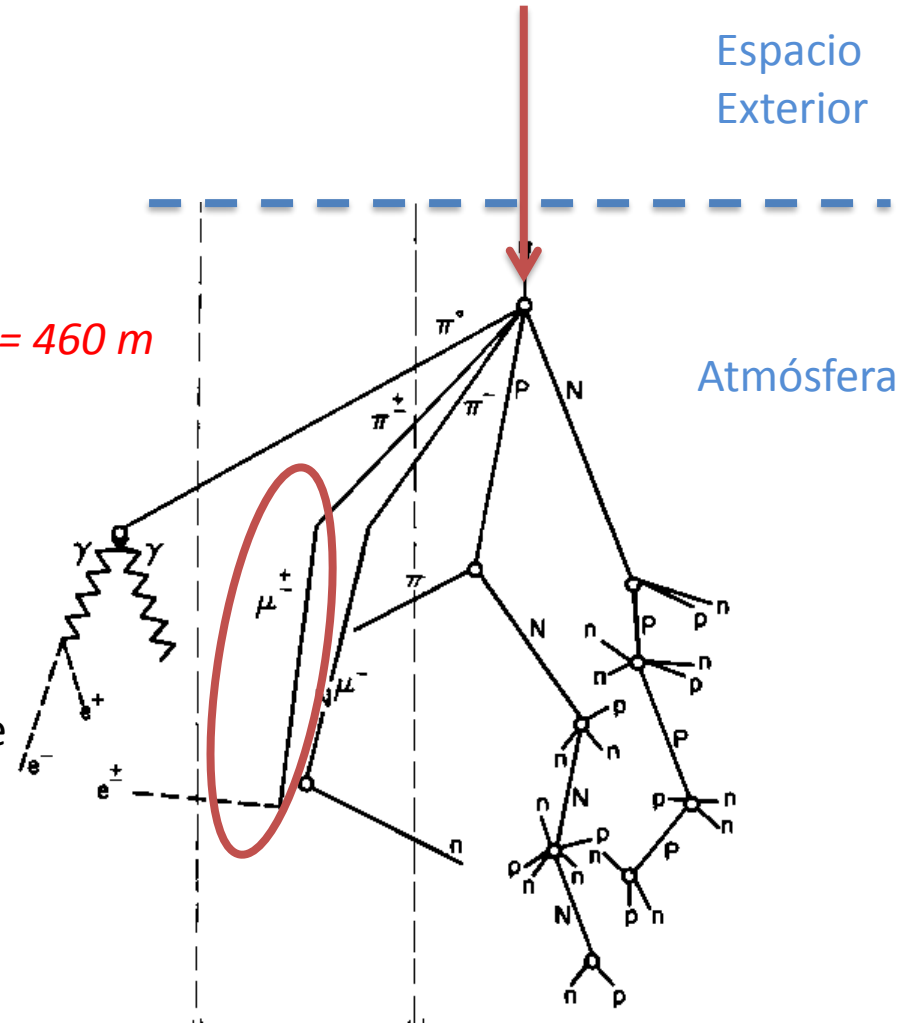
¿Cuántas vidas medias deben viajar los muones?

$$\frac{10,000}{460} = 22 \text{ semividas}$$

¿Cuántos muones han quedado después de este tiempo? ¿después de 22 semividas?

1. Quedan 1/2 después de una semivida
2. Quedan 1/4 después de dos semividas
3. Quedan 1/8 después de tres semividas
4. ...

... y estimamos que se producen a mayor altura (unos 15km)



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

Veamos el problema sin Relatividad Especial:

Si se crean un millón de muones a 10 km de altura ¿qué distancia recorren en una vida media?

$$d = v \cdot t = (3 \times 10^8 \text{ m/s})(2.2 \times 10^{-6} \text{ s}) \ln(2) = 460 \text{ m}$$

¿Cuántas vidas medias deben viajar los muones?

$$\frac{10,000}{460} = 22 \text{ semividas}$$

¿Cuántos muones han quedado después de este tiempo? ¿después de 22 semividas?

1. Quedan 1/2 después de una semivida
2. Quedan 1/4 después de dos semividas
3. Quedan 1/8 después de tres semividas
4. ...

Vida media vs. Semivida

La vida media está definida:

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$$

La semivida está definida:

$$N(t) = N_0 2^{-t/t_{1/2}}$$

La relación entre ambas:

$$t_{1/2} = \tau \ln(2)$$

PREGUNTA:

¿Por qué necesitamos la Relatividad Especial?

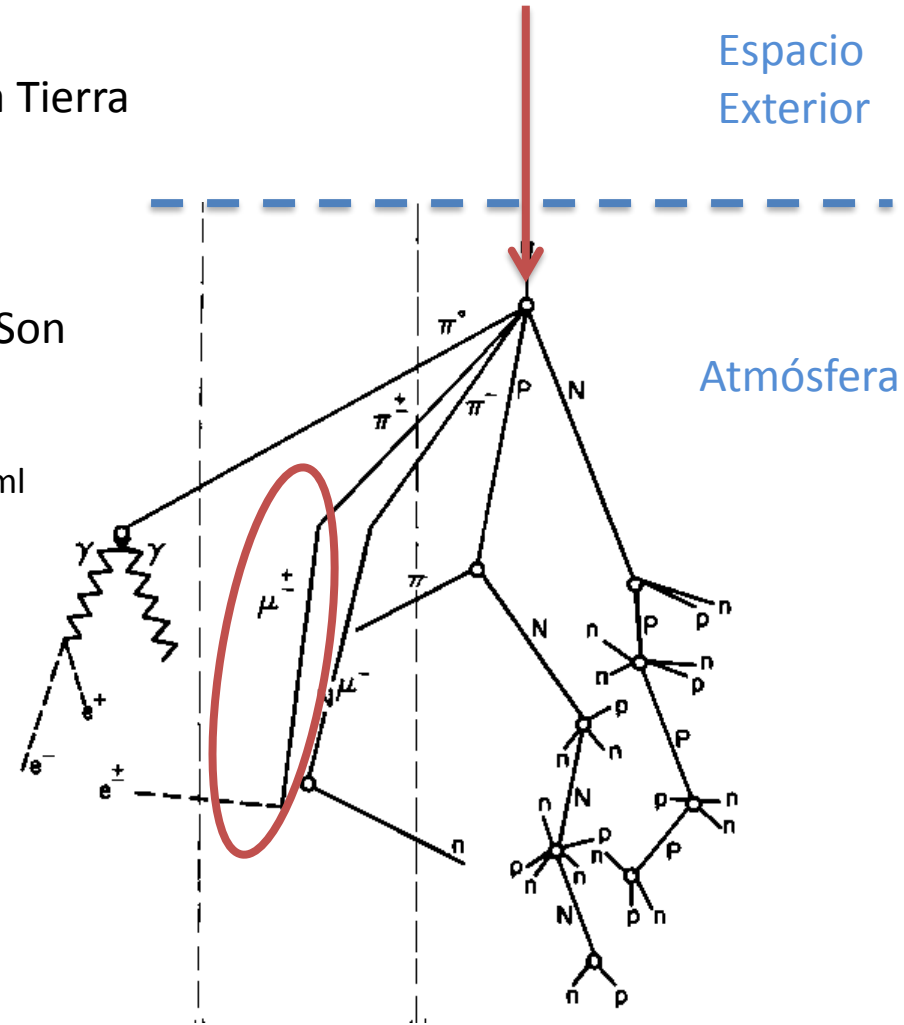
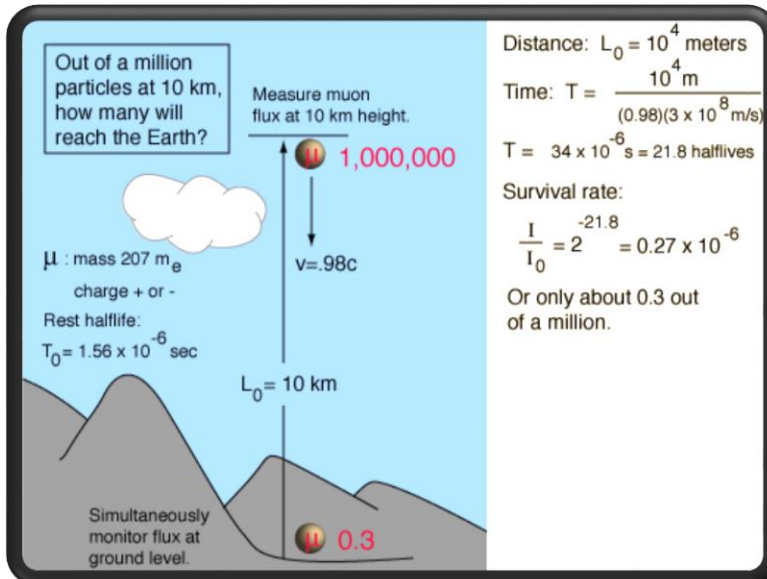
¿Qué son los Rayos Cósmicos?

MUONES

Los muones inciden en la superficie de la Tierra con una energía en promedio de 2 GeV.

1. ¿Cuál es su momento?
2. ¿Cuál es su velocidad respecto a c ? ¿Son relativistas?

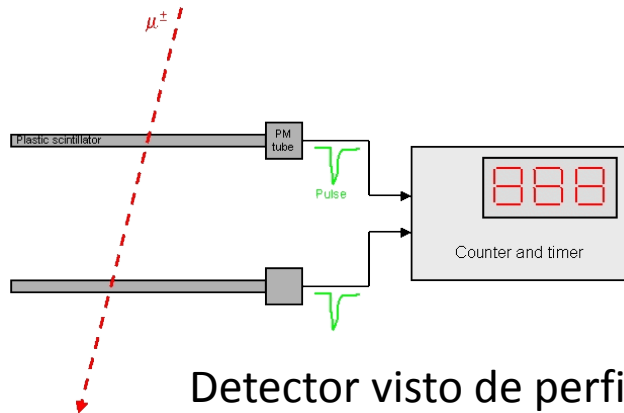
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/relativ/muon.html>



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

¿Cómo los detectamos?

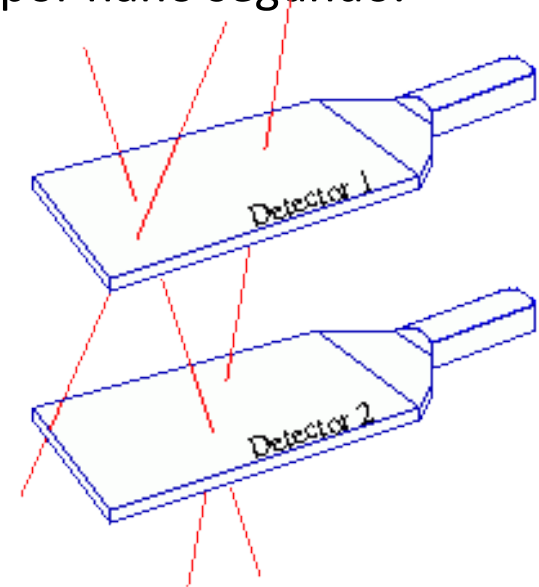
- Nosotros no distinguimos muones negativos (partículas) de muones positivos (antipartículas)
- Nuestro detector:



Detector visto de perfil:

¿Qué puede pasar en el detector?

- Una partícula que viaja a la velocidad de la luz avanza unos 30 cm por nano segundo.



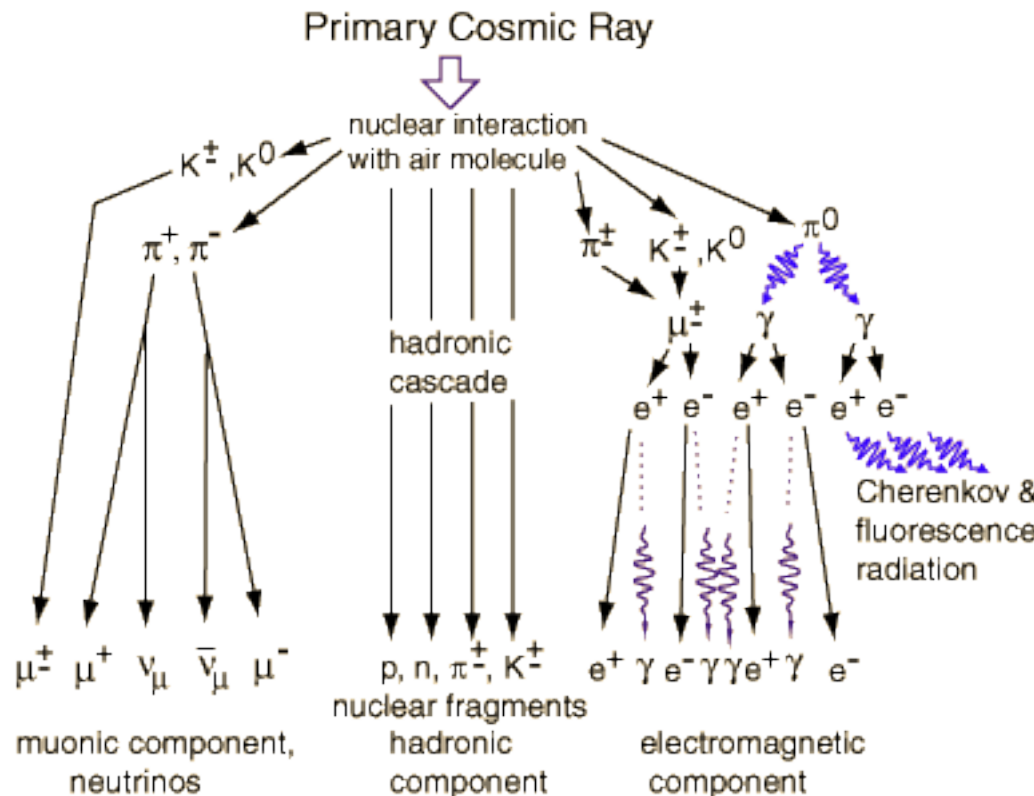
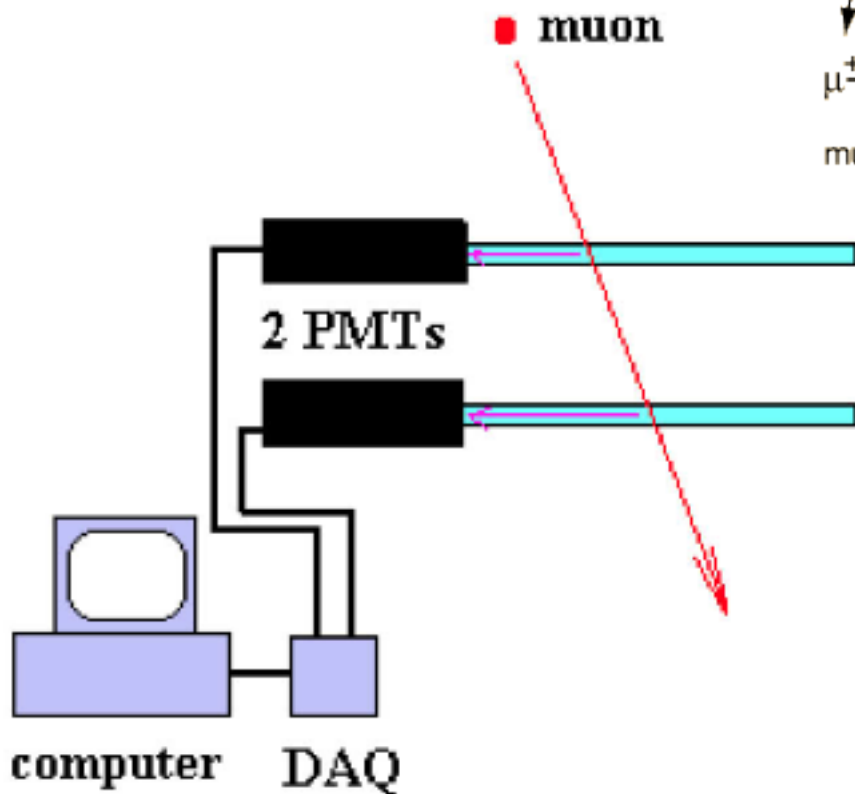
Tiene dos “paletas” que detectan cuando una partícula cargada pasa por ellos.

Nuestra condición es que pase por las dos “paletas” para considerarlo un muón.

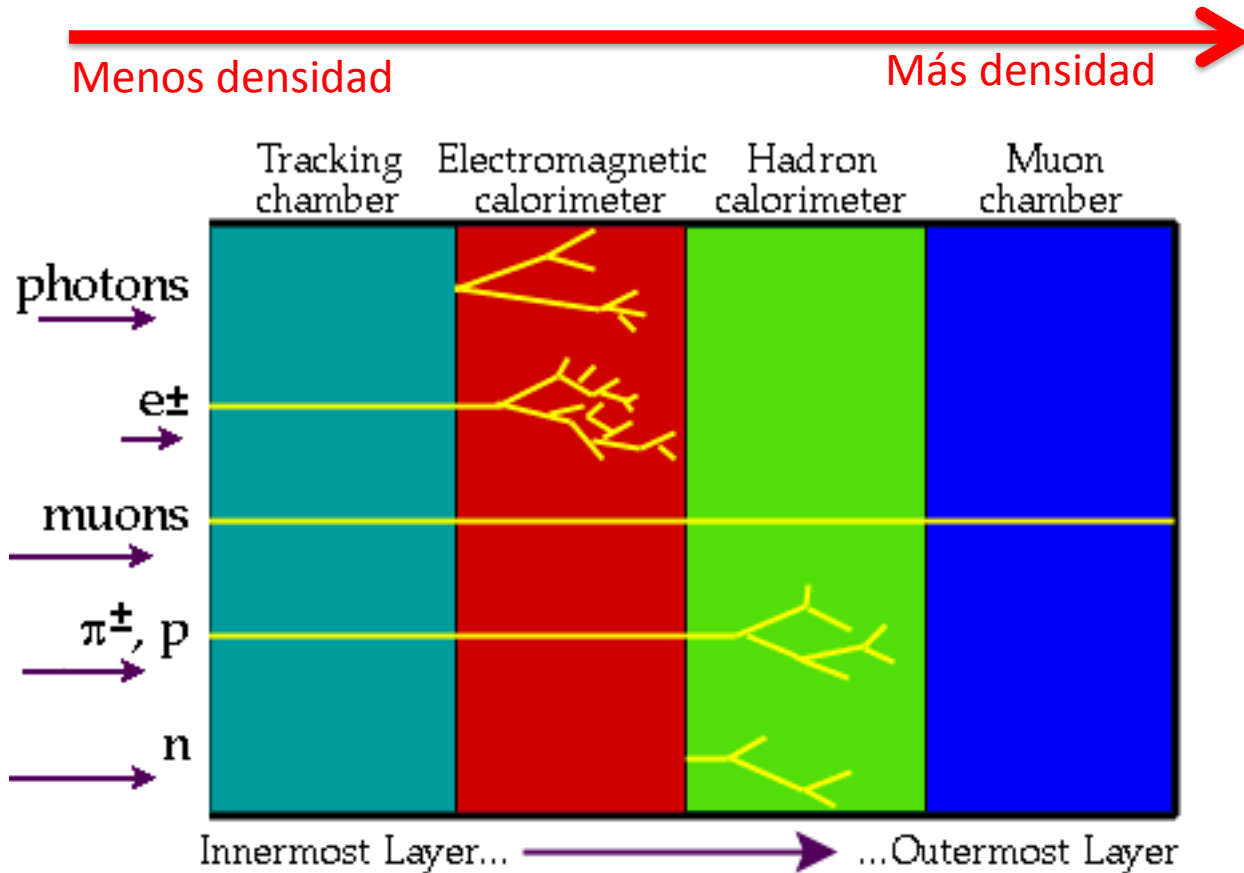
Simplificando

Nuestro detector simplificado

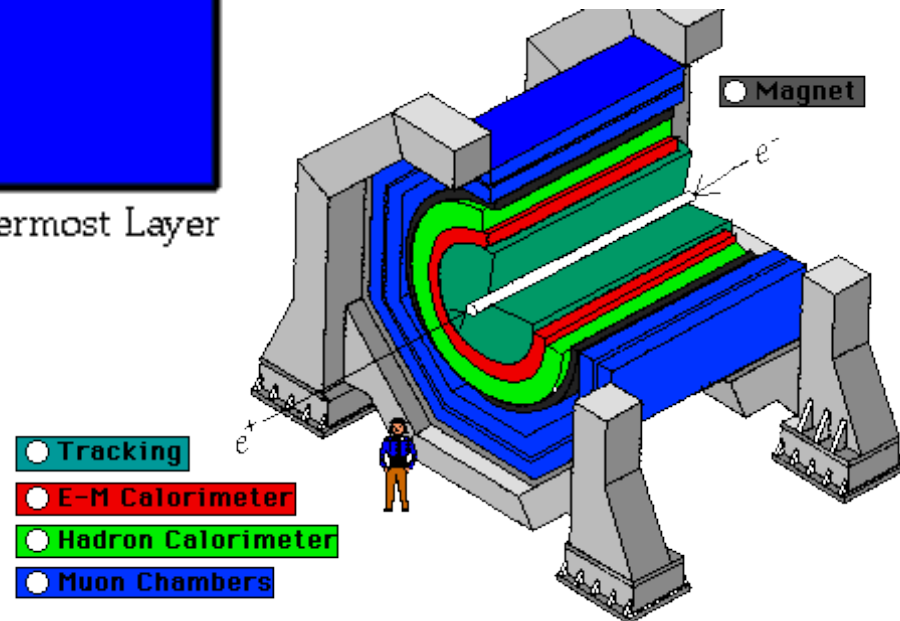
1. Plásticos centelladores
2. Guías de onda (no se muestran)
3. Fotomultiplicadores (PMT's)
4. Sistema de Adquisición de datos



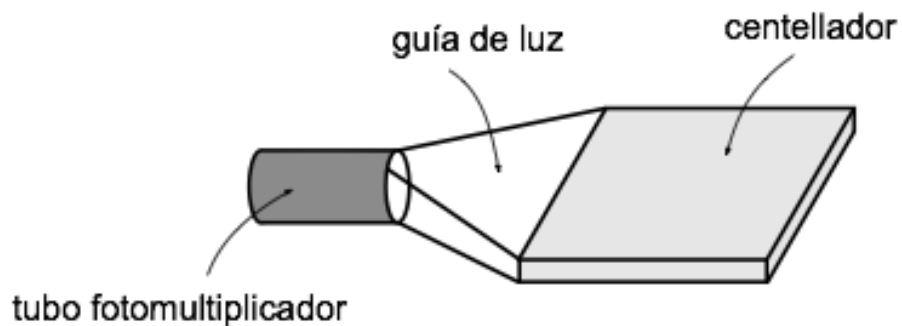
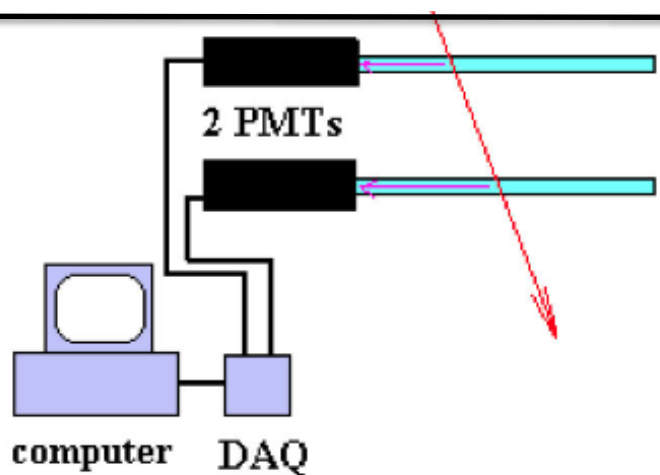
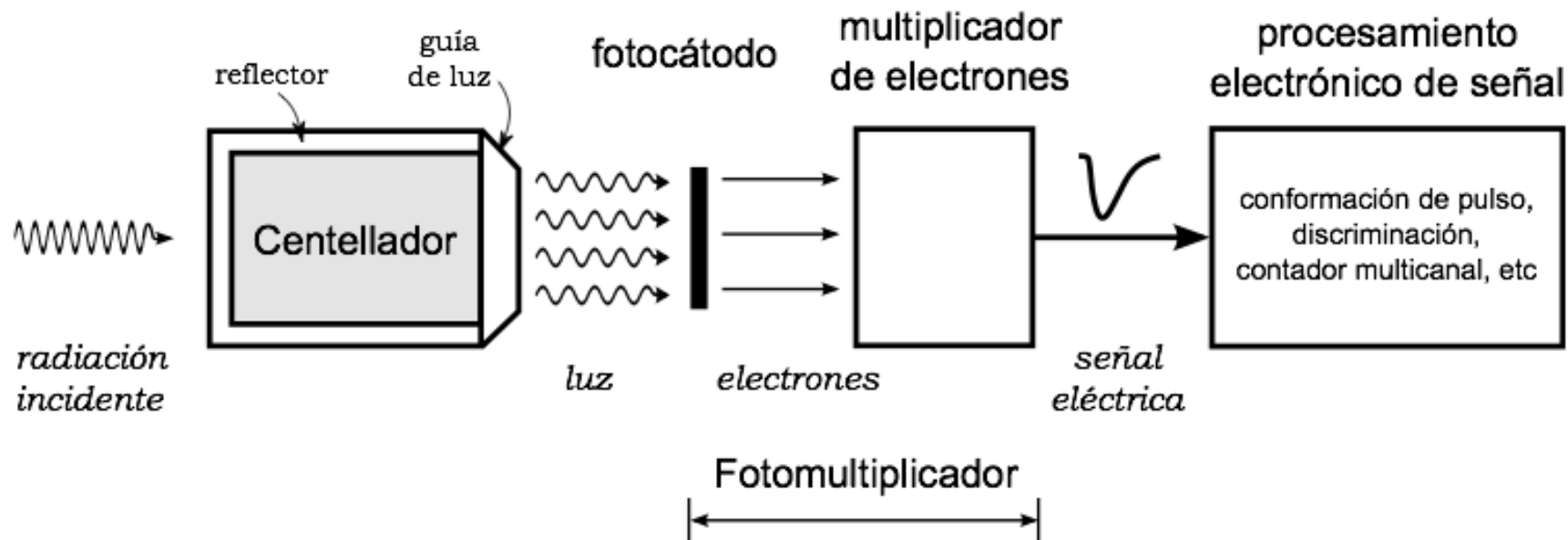
Componentes principales de todo detector



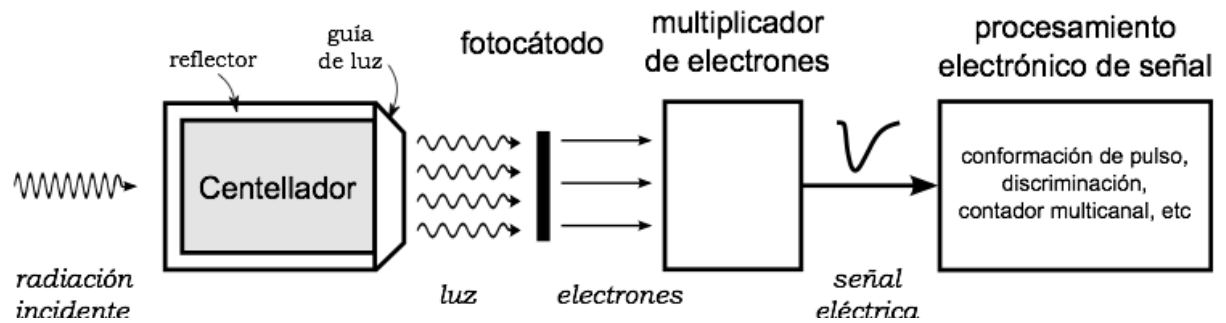
Como ven los muones no se detienen en el material y es su característica principal, puesto que una vez que son relativista "ionizan un mínimo".
MIP (minimum ionizing particle)



Esquema simplificado del Detector



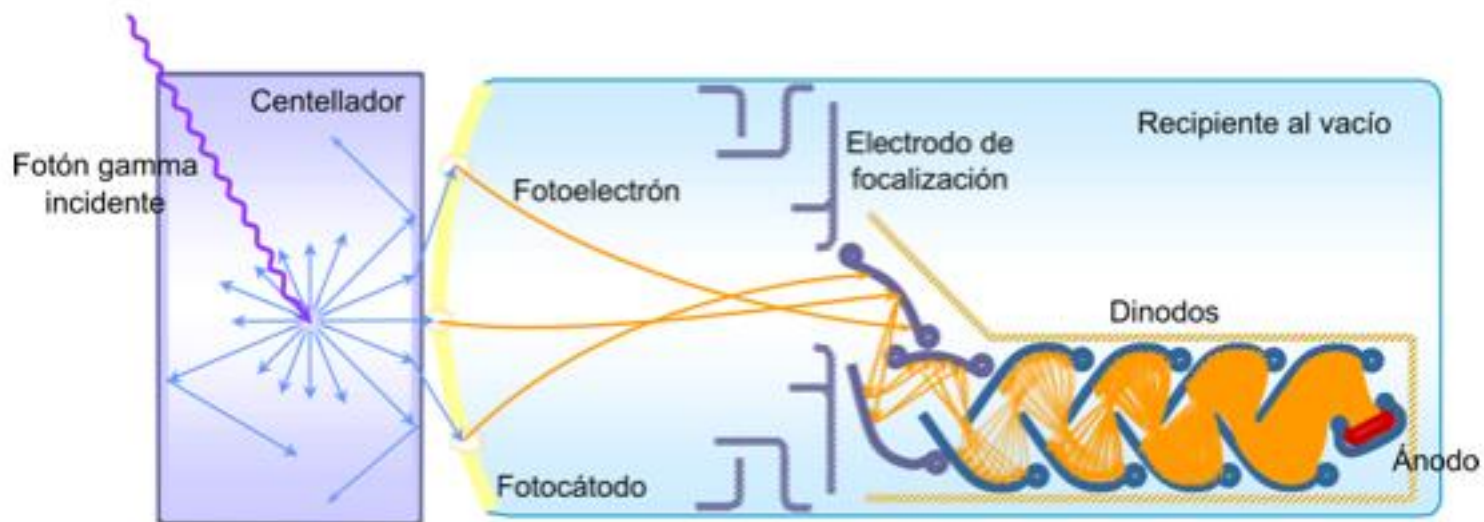
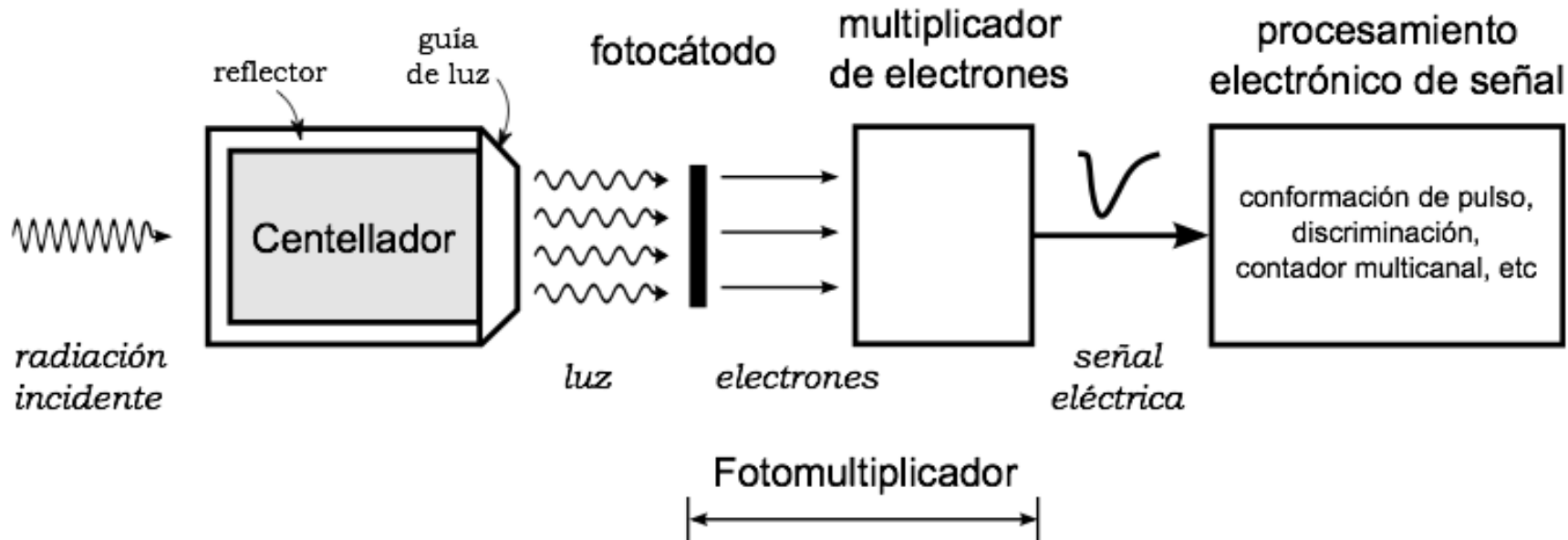
Simplificado



Para fijar ideas, podemos resumir el funcionamiento de un detector sucintamente en los siguientes eventos:

- La radiación ionizante interactúa con el material centellador, transfiriendo parte de su energía (o toda) como ionización y excitación.
- Parte de la energía absorbida es liberada en forma de luz visible, a través de los mecanismos de centelleo.
- Mediante reflectores, guías de luz y/o fibras ópticas, la luz emitida se la encauza hacia el fotodetector.
- El fotocátodo del fotomultiplicador absorbe los fotones y emite fotoelectrones.
- El arreglo multiplicador de electrones magnifica los electrones incidentes en el orden de 10^6 .
- La corriente eléctrica de salida del fotomultiplicador es procesada electrónicamente, primero en una etapa analógica, y luego en otra digital.

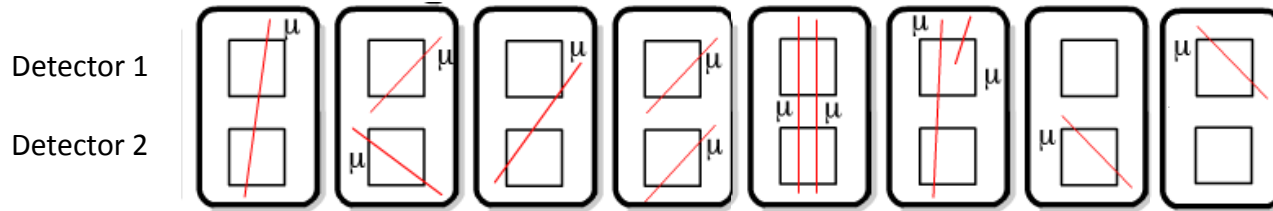
Esquema simplificado del Detector



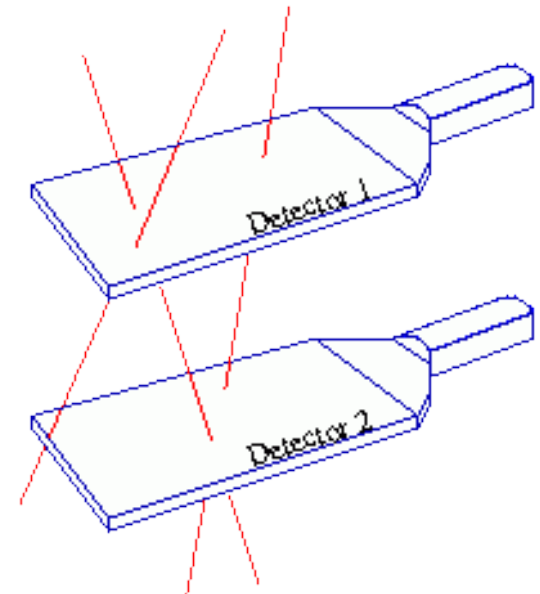
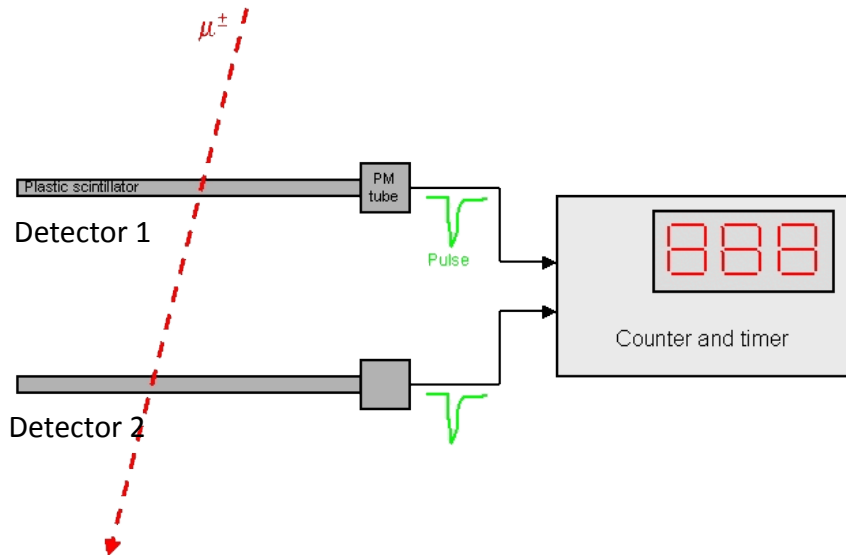
¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

Simplificando estás son algunas de las posibilidades que tenemos



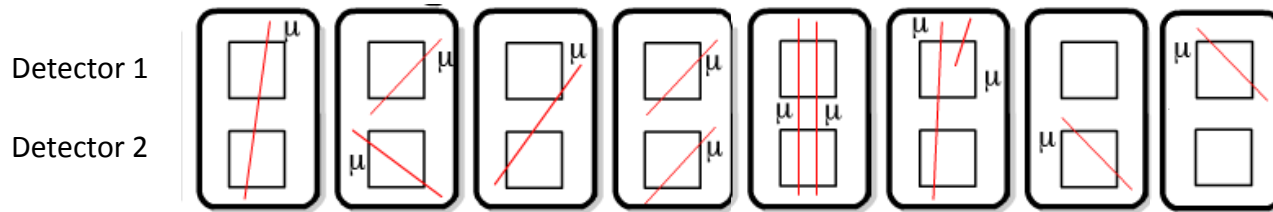
➤ NOSOTROS PODEMOS SOLICITAR QUE PASE POR LOS DOS DETECTORES, ES DECIR, DECIMOS QUE HAYA DOS COINCIDENCIAS



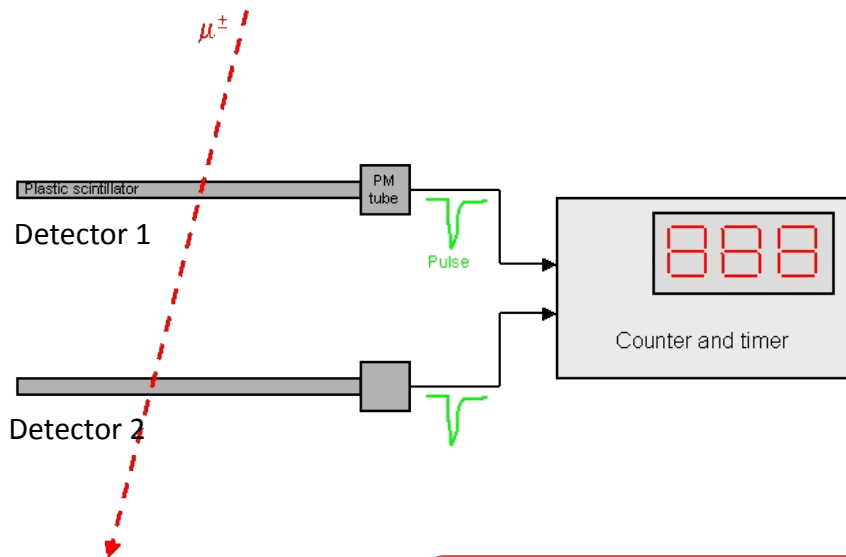
¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

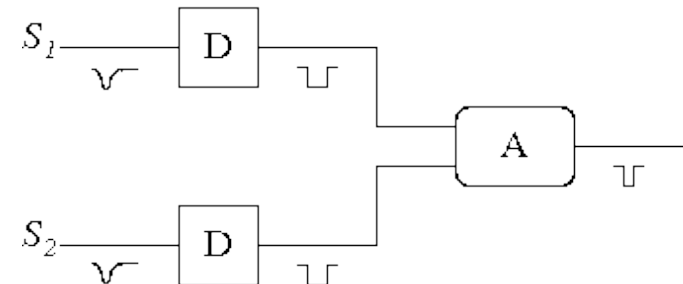
Simplificando estás son algunas de las posibilidades que tenemos



➤ **NOSOTROS PODEMOS SOLICITAR QUE PASE POR LOS DOS DETECTORES, ES DECIR, DECIMOS QUE HAYA DOS COINCIDENCIAS**



Gracias al DAQ podemos establecer condiciones (AND, OR) con las señales:



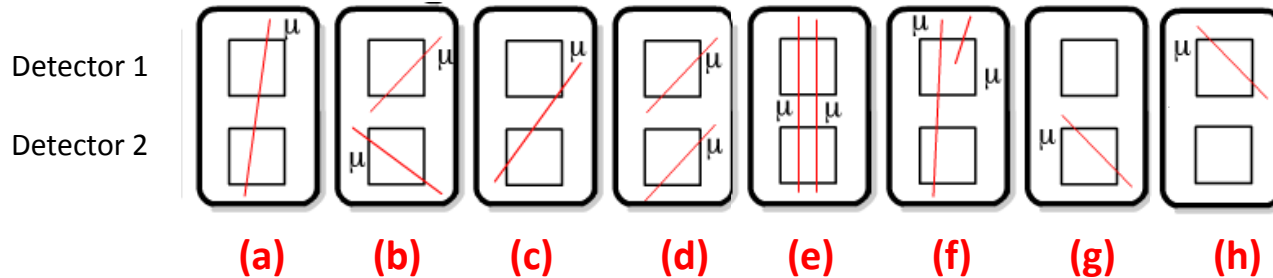
En este ejemplo estamos solicitando un AND

Para solicitar coincidencias debemos utilizar un AND con la señal proveniente de cada detector

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

Simplificando estás son algunas de las posibilidades que tenemos



Si pedimos coincidencias en ambos detectores (AND) sólo nos quitamos los dos últimos casos (g) y (h). ¿Entonces cómo evitamos los demás? Puesto que sólo nos interesa el caso (a).

Para contestar esto debemos pensar en qué tan seguido pasan los muones (flujo de muones), es decir, si los muones pasan muy seguido (flujo muy alto) inclusive pueden coincidir no solo dos como en (e) sino hasta tres o más, dependiendo del flujo... Pero si el flujo es muy bajo, entonces los muones pasan muy separados entre sí y los casos (b), (d), (e), y (f) ocurrirán con muy poca probabilidad.

¿Cuál se nuestro caso?, bueno conocemos que:

- El flujo de muones al nivel del mar es de 1 muon por cm^2 cada segundo

Entonces ¿cuántos muones inciden en nuestro detector cada segundo?

área de nuestro detector $25\text{cm} \times 30\text{cm} = 750\text{cm}^2$, lo que nos da 750 muones por segundo.

¿Qué tiempo hay entre un muon y otro (en promedio)? Los muones pasan $1/750$ segundos, en promedio cada uno, es decir, 1.33 micro segundos. Y esto ¿cómo se compara con lo que tarda en pasar un muon en el detector?

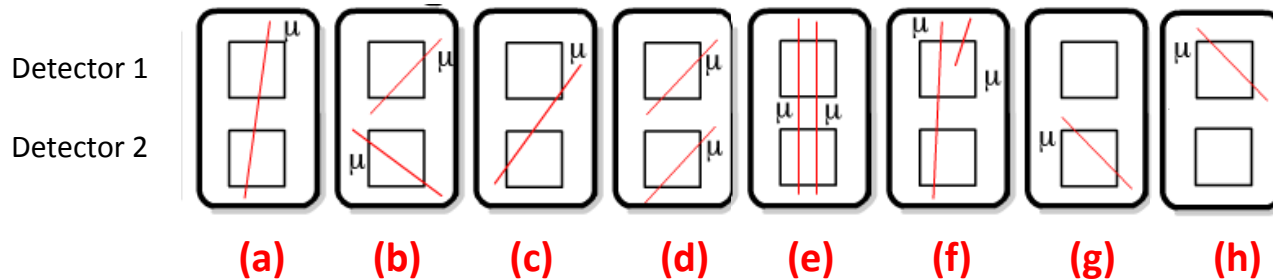
- Un muon (viajando casi a la velocidad de la luz recorre 30 cm en un nano segundo).

Entonces tenemos un flujo muy muy bajo comparado con lo que pasa un muon (1 nseg vs 1 μ seg)

¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

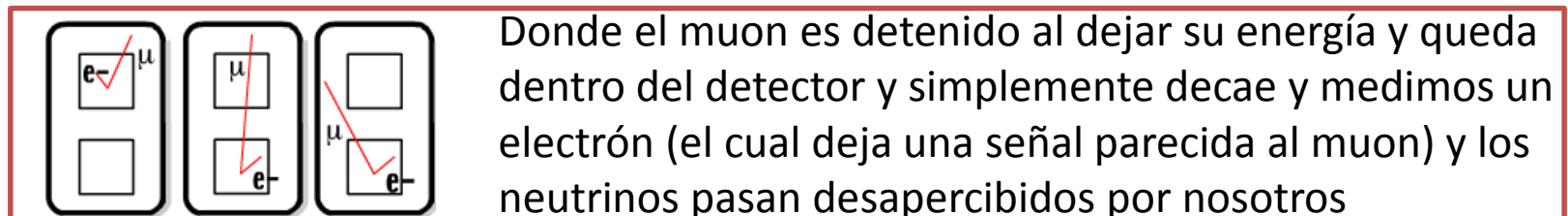
Simplificando estás son algunas de las posibilidades que tenemos



Entonces si pedimos coincidencias (AND) y debido a que el flujo es muy muy bajo, podemos asegurar que casi en todos los casos tenemos (a), que es el que que nos interesa

Con esto medimos el flujo de muones en nuestro detector, pero ¿cómo medimos la vida media del muón? El muon decae en un electrón y dos neutrinos: $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$

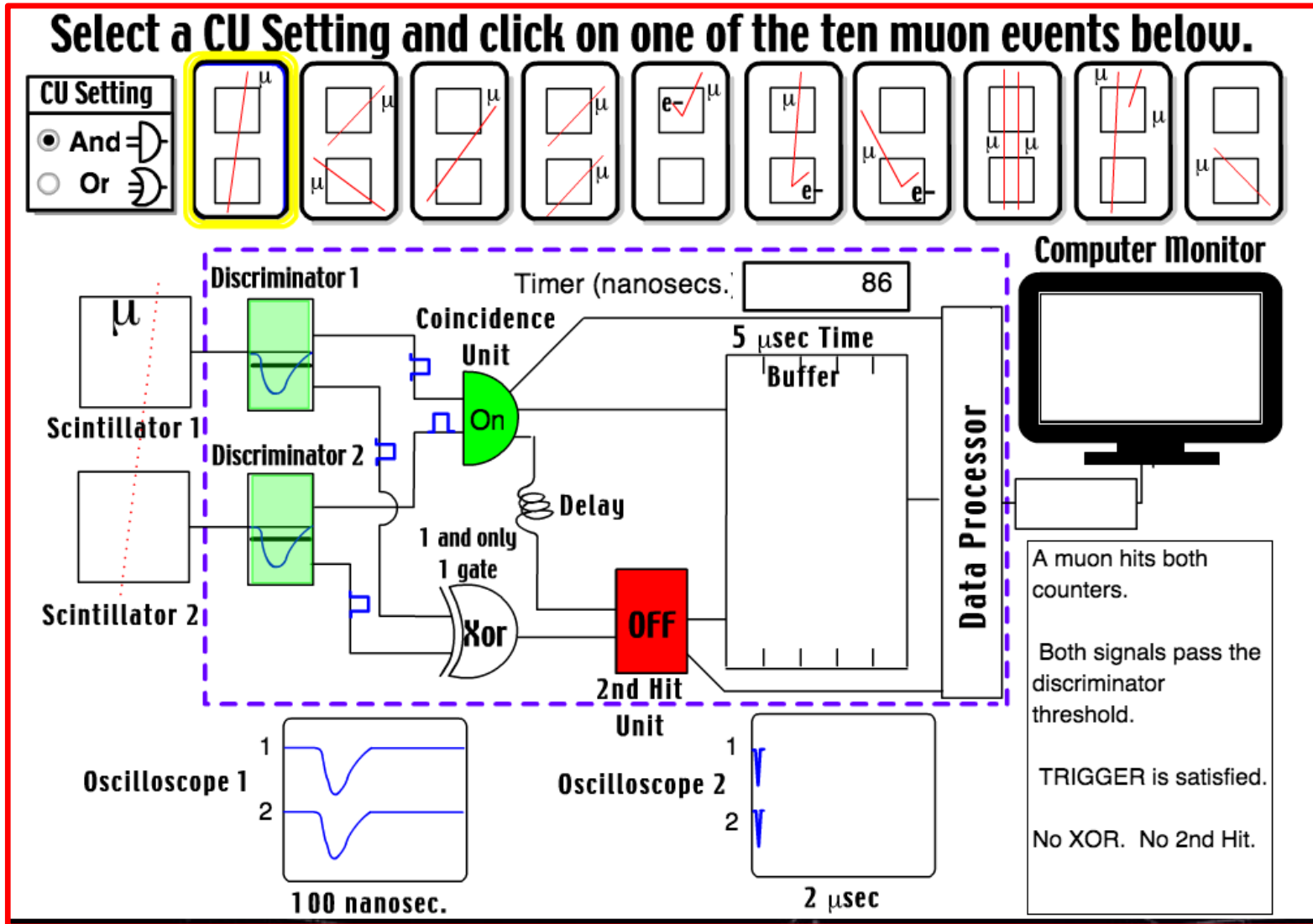
Los muones pierden energía al interactuar con la materia del detector (por ser partículas cargadas interactúan principalmente por fuerza electromagnética), sin embargo mientras son relativistas pierden muy poca energía, es cuando el muón pierde ya mucha energía y no es relativista que pierde mucha energía al interactuar con el medio y se detiene dentro del detector. Ahí es cuando podemos medir su vida media, es decir tenemos los casos:



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

Utiliza el siguiente simulador de las señales para que entiendas cómo medir flujo y vida media

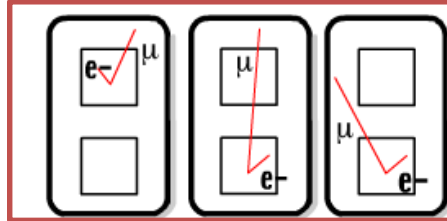


Flujo en función del ángulo azimutal

2009 BCCP Cosmology Workshop

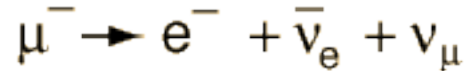
¿Qué son los Rayos Cósmicos?

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos)

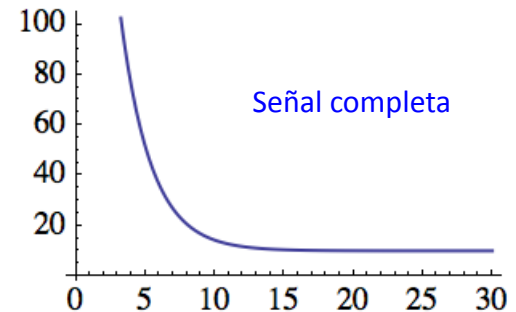
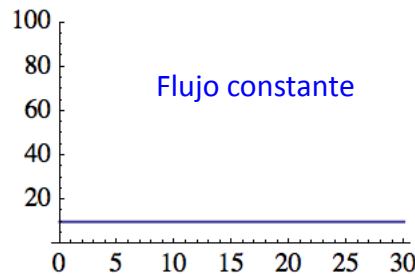
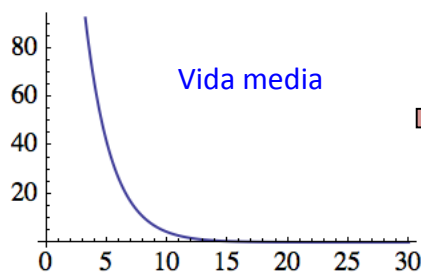


Donde el muon es detenido al dejar su energía y queda dentro del detector y simplemente decae y medimos un electrón (el cual deja una señal parecida al muon) y los neutrinos pasan desapercibidos por nosotros

¿Cómo medimos la vida media?



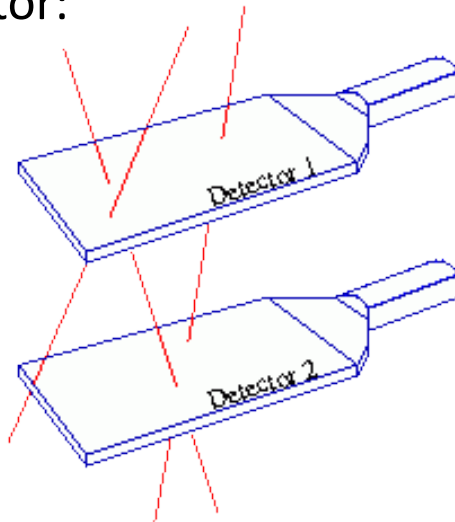
El muon al estar detenido dentro del detector, pasará algún tiempo en lo que decae en un electrón y entonces obtenemos otra señal del orden de un par de vidas medias del valor del muón: desde fracciones de nanosegundo hasta unos 10 o un poco más de nanosegundos. No sabemos cuánto va a tardar cada muón en decaer, pero sabemos que en promedio tarda unos 2.2 μ seg. La curva típica exponencial es la que podemos medir si graficamos la diferencia entre el tiempo del muon al llegar al detector y el tiempo en que el electrón sale y emite otra señal. Sin embargo algunos muones, adicionales al flujo estarán incidiendo en el detector y esto nos dará un contribución de ruido (constante aprox.) a lo largo del tiempo.



¿Qué son los Rayos Cósmicos?

¿Cómo los detectamos?

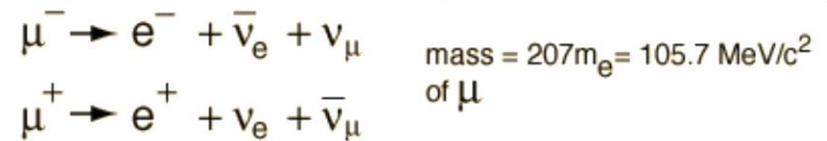
- Nosotros no distinguimos muones negativos (partículas) de muones positivos (antipartículas)
- Nuestro detector:



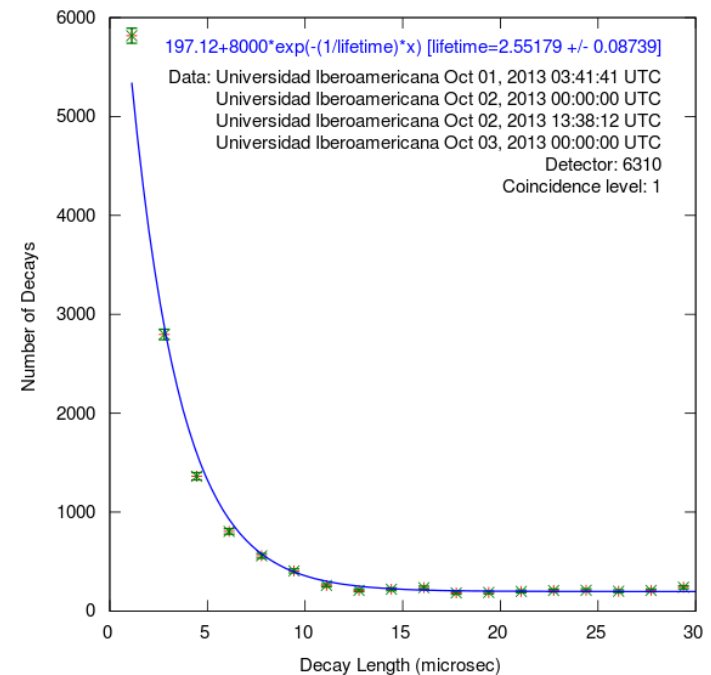
¿Ahora qué condición es la adecuada para medir la vida media?

¿En qué decaen?

- Los canales de decaimiento:



Lifetime Study



¿Cuántos investigadores/experimentos estudian los rayos cósmicos?

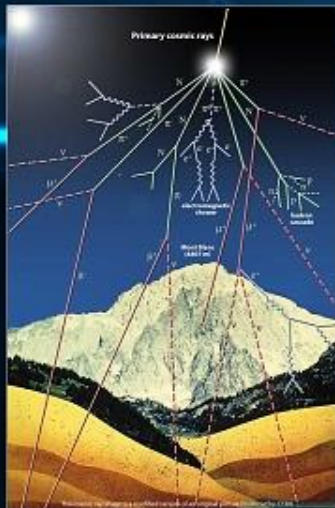
DETECTORES EN EL MUNDO QUE ESTUDIAN RAYOS CÓSMICOS

**ALGUNAS LIGAS/PÁGINAS PARA
VER MAS ...**



Cosmic Rays

- > Charged particles constantly strike the Earth's atmosphere
- > 90% are protons, 9% are alpha particles, and 1% are electrons
- > Penetrate and collide with other particles creating a particle shower
- > Currently known to originate from solar flares, neutron stars, radio galaxies, quasars, supernovae, and black holes
- > Strike the surface of the Earth at a rate of 100 per square meter per second



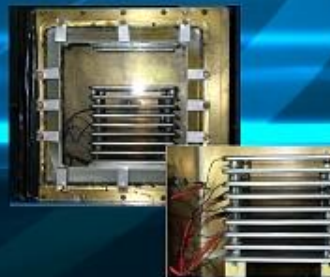
Acknowledgements:

I would like to thank: Doug Higinbotham, Bill Gunning, Jeff, and the electronics group, Bryan Moffit, Bill Vulcan, David Meekins, Samuel, Albert, Dave Abbott, Lisa Surles-Law, Gordon Lott, Emily Sykes, Ida Rodriguez, Jack Segal, John Hansknecht, and Xin Qian for all their time, help, guidance, instruction, and patience.

Abstract:

Utilizing a spark chamber and scintillator trigger system, one can show proof of the immense number of cosmic rays bombarding the Earth every second. The spark chamber and its related electronics serve as a scientific instrument to detect and identify charged particles. Additionally, a spark chamber is a fascinating demonstration that can be used to increase general awareness and interest in particle physics. For this exhibition, a spark chamber, six thousand volt high voltage power supply, and high voltage pulser were refurbished. These were then used in conjunction with a scintillator trigger system to initiate the high voltage pulser which would cause sparks to form along the path the cosmic ray took.

Spark Chamber



- ◊ Used to detect electrically charged particles
- ◊ Particles pass through the plates and ionize the gas in between
- ◊ The high voltage pulser sends an electric pulse from the power supply to the plates and sparks form between the plates along the trail of particles ionized by the charged particle

6KV HV Power Supply



- ◊ Brass plate, sample type chamber
- ◊ Filled to atmospheric pressure with 80% neon and 20% helium
- ◊ Contains a tower, supported by plastic spacers, of alternating, oppositely charged plates
- ◊ The plates are either grounded or charged by a six kilovolt pulse from a HV power supply
- ◊ The pulse is initiated by a high voltage pulser upon being activated by the trigger system

Trigger System

- Scintillator trigger system transmits signal to high voltage pulser when coinciding signals are received from the photomultiplier tubes
- A coinciding signal is generated when a charged particle passes through both scintillator plates



1 inch scintillator light guides and PMTs



HV

Discriminator

Logic Module

Fan In/Fan Out



High Voltage Pulser

- Entire assembly contained in portable shelf lower
- Spark chamber and power sources are grounded
- Chamber leak tested and trigger system tested and recalibrated

Consists of:

- o Two scintillators, light guides, and photomultiplier tubes
- o High voltage power supply to PMTs
- o Fan In/Fan Out (amplifies signal)
- o Discriminator (converts analog signal to logic)
- o Logic Module (combines signal)
- o High Voltage Pulser Unit
- o Oscilloscope (for checking signals) and a signal counter

The Demonstration



Scintillators

Spark Chamber

Trigger Electronics

HV Power Supply



Spark During Testing of Chamber

- Initial trials failed, so the interior of the chamber was disassembled and rebuilt
- HV pulser was found to be ineffective so it had to be corrected
- Spark plug was found to have a short and was replaced with a Reynolds HV plug
- Should everything work correctly, a spark, such as shown in the chamber testing photo, will appear between each plate along path of cosmic ray



New Reynolds Plug