

## CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE NIEBLA DE DIFUSIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE DIFERENTES PARTÍCULAS CÓSMICAS

### CONSTRUCTION OF A DIFFUSION CLOUD CHAMBER FOR THE IDENTIFICATION OF DIFFERENT COSMIC PARTICLES

ALEJANDRO MANZANEDA O.<sup>†</sup>, CARLA A. CALLE GARCÍA<sup>‡</sup>, & MANUEL MONASTERIOS M.<sup>\*</sup>

Instituto de investigaciones Físicas, Carrera de Física:  
Universidad Mayor de San Andrés  
c.27 Cota-Cota, Campus Universitario, Casilla de Correos 8635  
La Paz - Bolivia

#### RESUMEN

En este trabajo se presentan los fotogramas de las partículas cósmicas observadas en la cámara de niebla de difusión que construimos para la feria de Física a Puertas Abiertas de la carrera de Física en la Universidad Mayor de San Andrés. El objetivo principal del experimento fue mostrar la existencia de partículas cósmicas que constantemente llegan a la Tierra e identificarlas dependiendo del tipo de traza que dejaban en el detector. Se identificaron las trazas de muones, partículas  $\beta$  de alta y baja energía, partículas  $\alpha$  y fenómenos como la producción de pares y el decaimiento del muón.

Código(s) PACS: 95.55.Vj — 96.40.z — 01.50.My

*Descriptores:* Detectores de rayos cósmicos — rayos cósmicos — Aparatos y experimentos demostrativos

#### ABSTRACT

In this work we present the cosmic particles frames observed in the diffusion cloud chamber that we built for the outreach fair “Física a Puertas Abiertas” of the Department of Physics at “Universidad Mayor de San Andrés”. The aim of the experiment was to show the existence of cosmic particles that are constantly reaching the Earth and identify them based on their tracks left in the detector. We identified the traces of muons, high and low energy  $\beta$  particles,  $\alpha$  particles and phenomena such as pair production and muon decay.

*Subject headings:* Cosmic ray detectors — cosmic ray — demonstration experiments and apparatus

#### 1. INTRODUCCIÓN

Constantemente la Tierra es bombardeada por partículas subatómicas que llegan de diferentes fuentes del Universo, como explosiones de estrellas u otros eventos astronómicos altamente energéticos que no pueden ser percibidos por las personas.

Inicialmente, los científicos estudiaban la ionización remanente del aire y la atribuían a fuentes radiactivas presentes en la superficie terrestre. Sin embargo, en 1911 el austriaco Victor Hess envió electrómetros en globos alcanzando los 5 Km, para realizar medidas de la ionización en la atmósfera. Sus resultados mostraron que a partir de una cierta altura la ionización aumentaba, entonces concluyó que existía una fuente de radiación ionizante extraterrestre (Grupen (2005)). Posteriormente, recibió el premio Nobel de Física en 1936, “por el descubrim-

iento de la radiación cósmica”, (Nobel-Foundation (1936)).

La radiación de origen extraterrestre denominada rayos cósmicos (RC) está compuesta por partículas muy energéticas, sobretodo protones y núcleos de Helio que viajan a velocidades relativistas. Cuando estas partículas colisionan con los núcleos de la atmósfera terrestre generan una cascada de partículas secundarias mediante diferentes interacciones y estas a su vez generan nuevas partículas, lo cual se conoce como un chubasco atmosférico de partículas, (Grupen (2005)).

El estudio de los RC siempre ha llamado la atención de los científicos, razón por la cual se desarrollaron una gran cantidad y variedad de detectores usando diferentes técnicas y con distintos propósitos. Por ejemplo, aquellos para medir la velocidad de las partículas (detectores Cherenkov), otros para medir su energía (calorímetros), los que muestran sus trayectorias (detectores de traza), entre otros, (Grupen & Shwartz (2008)).

<sup>†</sup>lmanzaneda@fiums.a.edu.bo.

<sup>‡</sup>ccalle@fiums.a.edu.bo.

<sup>\*</sup>mmonasterios@fiums.a.edu.bo.

El primer detector capaz de mostrar las trazas de las partículas fue la cámara de niebla desarrollada por el físico escocés Charles Thomson Rees Wilson. Por éste trabajo, Wilson junto con Arthur Compton recibieron el premio Nobel de Física en 1927, (Nobel-Foundation (1927)). Este dispositivo fue denominado “Cámara de Niebla de Expansión”, estaba compuesto por un recipiente lleno de una mezcla de vapor y gas a la presión de saturación del vapor.

Cuando una partícula cargada atraviesa la cámara ioniza los átomos que se encuentran en su camino. Se incluyeron detectores de centelleo para crear un sistema de coincidencias de manera que cuando se registraba una señal en todos los detectores, se enviaba una señal de disparo que iniciaba una expansión adiabática, la temperatura de la mezcla de gases disminuye y el vapor entra en un estado de sobresaturación. Posteriormente se condensa en los núcleos de condensación (que son los iones) que dejó la partícula cargada en su camino (Grupe & Shwartz (2008)).

Por otro lado, una “Cámara de Niebla de Difusión” es sensible permanentemente y no necesita de un sistema de disparo para que se observen las trazas de las partículas. En este caso el recipiente es llenado con una mezcla de gas y vapor. Se crea un gradiente de temperatura que permite obtener una región inestable donde el vapor está permanentemente sobresaturado. Cuando las partículas pasan por la cámara, se observan sus trazas por el mismo proceso descrito anteriormente (Grupe & Shwartz (2008)).

Carl Anderson en 1932, empleando el invento de Wilson y añadiendo un campo magnético externo de 2.5 T, descubrió el positrón (antipartícula del electrón), examinando la trayectoria seguida. Cuatro años más tarde, en 1936 Anderson recibió el premio Nobel de Física por su descubrimiento, (Nobel-Foundation (1936)). Ese mismo año Anderson y Seth Neddermeyer descubrieron el muón ( $\approx 207$  veces más masivo que el electrón) en la cámara de Wilson.

En este trabajo presentamos la construcción de la cámara de niebla de difusión expuesta en la feria *Física a puertas abiertas* (F.A.P.A.) 2018 con el objetivo de demostrar la existencia de partículas subatómicas que bombardean constantemente la Tierra y a partir de la observación de sus trazas lograr identificarlas. Con todo ello esperamos incentivar a estudiantes y público en general a involucrarse en esta área tan apasionante de la Física.

## 2. DESCRIPCIÓN Y ELABORACIÓN DE LA CÁMARA DE NIEBLA

La construcción de la cámara de niebla que describiremos a continuación tiene como antecedente el trabajo original realizado por Alexander Langsdorf (Langsdorf 1939), sin embargo el diseño empleado es mucho más simple.

Utilizamos un recipiente de vidrio de base cuadrada de lado 30 [cm] y altura 20 [cm] como cámara del detector, además de una lámina metálica (buen conductor térmico) de color negro para sellar

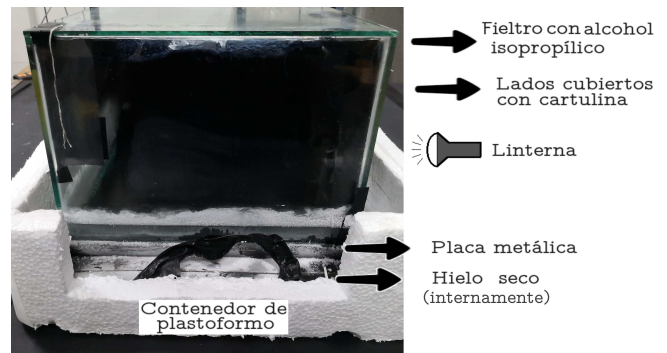


FIG. 1.— Arreglo experimental de la cámara de niebla de difusión. Es importante conseguir un fondo oscuro dentro de la cámara para poder observar las trazas fácilmente.

la base, la cual es expuesta a  $\text{CO}_2$  en estado sólido (hielo seco aprox.  $-78^\circ\text{C}$  a 1 atm). Fue preciso emplear un contenedor de plastoformo como aislante del hielo seco, con dimensiones ligeramente mayores a la base del detector. En el arreglo experimental también fue necesario emplear cinta aislante, silicona para vidrio, cartulina negra, fieltro y una linterna.

Para el ensamble de la cámara, el fieltro se fijó en la base del recipiente con silicona y fue empacado completamente con alcohol isopropílico. Los lados laterales se forraron internamente con cartulina negra (para evitar reflejos y para obtener una mejor visualización), dejando dos lados adyacentes semi cubiertos, ya que por un lado se debe iluminar con linterna y por el otro se visualiza el interior de la cámara. La parte superior fue sellada con la placa metálica lo mejor posible para evitar fugas, como se muestra en la Fig. (1).

El recipiente se volteó y fue depositado sobre el contenedor de plastoformo que almacena el  $\text{CO}_2$ , que debe ser manipulado con mucha precaución evitando el contacto con la piel debido a la baja temperatura a la que se encuentra.

Deben transcurrir unos minutos para que el vapor de alcohol alcance el estado de sobresaturación al descender y entrar en contacto térmico con la base metálica a muy baja temperatura, como se observa en la Fig. 2. Iluminando por un lado con la linterna se observaron las estelas generadas por el paso de distintas partículas.

## 3. IDENTIFICACIÓN DE PARTÍCULAS EN LA CÁMARA DE NIEBLA

Las estelas generadas por el paso de partículas son relativamente fugaces lo cual dificulta la observación directa del tipo de traza y más aún la toma fotográfica. Para evitar tal inconveniente se realizó una grabación en video y posteriormente se extrajeron los fotogramas con el reproductor *VLC media player* de libre acceso y multiplataforma, (videoLAN 2001). La identificación de las partículas se realizó a través de un análisis cualitativo observando la forma de las estelas como se describe a continuación.

- Estelas cortas y gruesas, Fig. 3.



FIG. 2.— Vista del interior de la cámara de niebla cuando el vapor de alcohol ha llegado al estado de sobresaturación.



FIG. 3.— Trazas cortas y gruesas dejadas por una partícula  $\alpha$ , ya que interactúa con facilidad en el medio.

Las estelas corresponden a partículas  $\alpha$  (núcleos de He-4) provenientes del gas Rn-222 presente en el ambiente. Estas partículas se atenúan fácilmente en el medio debido a que son muy masivas.

En consecuencia las estelas que generan son cortas, gruesas y más brillantes.

- Estelas largas y delgadas, Fig. 4.

Este tipo de estela corresponde a electrones o positrones muy energéticos que ionizan las moléculas del medio dejando una traza recta y delgada sin sufrir dispersión.

- Estelas largas y gruesas, Fig. 5.

Las trazas son muy parecidas a las producidas por electrones, sin embargo son más gruesas debido a que son aproximadamente 207 veces más masivas que los electrones. De la misma manera, al ser muy energéticas no se dispersan.

- Estelas zig-zag, Fig. 6.



FIG. 4.— Se observa una trayectoria recta y delgada, este tipo de estela es producida por electrones  $e^-$  ó positrones  $e^+$  muy energéticos.



FIG. 5.— Estela producida por un muón  $\mu^-$  ó su antipartícula  $\mu^+$ .

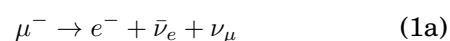


FIG. 6.— Tipos de trazas producidas por electrones o positrones de baja energía cinética.

Partículas  $\beta$  con baja energía cinética generan este tipo de trayectorias erráticas, ya que son propensos a dispersarse por repulsión electromagnética con otros electrones presentes en el medio. Estas trayectorias también pueden deberse a múltiples colisiones que sufren en el medio.

- Decaimiento del muón, Fig. 7.

Las Ecs. (1a) y (1b) describen la desintegración del muón y de su anti-partícula respectivamente.



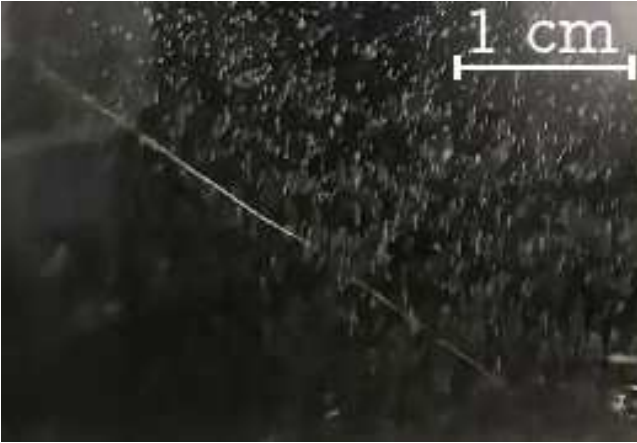
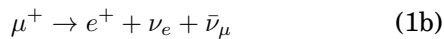


FIG. 7.— La parte superior de la estela es más gruesa respecto a la parte inferior, esto puede indicar la desintegración de un muón o de su anti-partícula.



FIG. 8.— Se observa el paso de una partícula que repentinamente produce dos trazas en diferentes direcciones, lo cual puede corresponder a una “creación de pares”.



Sin embargo, también puede deberse a la dispersión de la partícula debido a una colisión con otro tipo de partículas en el medio.

- Bifurcación, Fig. 8.

Si una partícula tiene suficiente energía ( $> 1.022$  [MeV]) puede crear un electrón y un positrón. Fenómeno conocido como *creación de pares*, Ec. (2).

En la Fig. 8 se observa este fenómeno, donde la traza principal se bifurca en dos más tenues.



En las Figs. 3-8, la escala añadida de aproximadamente 1 [cm] muestra el tamaño relativo de las diferentes trazas dejadas por las partículas.

#### 4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La identificación de las partículas realizada en la sección 3 no es completamente certera, ya que se basa en un análisis meramente cualitativo, e.g., el tipo de estela *larga y delgada* puede corresponder a un electrón o a su antipartícula. Si se desea conocer el tipo de partícula hace falta un campo magnético muy intenso (en el orden de los *Teslas*) que producirá una deflexión particular que dependerá de la carga de la partícula y se podrá determinar si corresponde a un electrón o positrón. Por otro lado, si el propósito consiste en la determinación exacta del tipo de partícula, la cámara de niebla de difusión no es la adecuada debido a su carácter cualitativo.

La escala de longitud añadida en la parte superior izquierda de las Figs. 3-8, de 1 [cm] (medida aproximada), permitió la clasificación de las partículas, e.g. en la Fig. 3 la longitud de la traza es más corta respecto a las Figs. 4 y 5, esto sugiere que es debido a una partícula  $\alpha$ , y a su vez la traza de la Fig. 4 es más delgada que la traza de la Fig. 5, lo cual permite diferenciar partículas beta de muones.

En el experimento se observaron las primeras trazas después de aproximadamente 20 minutos, lo cual puede deberse a la lentitud del proceso de evaporación del alcohol isopropílico. Para reducir el tiempo de espera, se podría acelerar la evaporación calentando la parte superior de la cámara donde se encuentra el fieltro empapado con el alcohol.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Investigaciones Físicas (IIF) y a su director Ing. Pedro Miranda por el apoyo económico brindado, al Laboratorio de Rayos Cósmicos y Física de Altas Energías de la carrera de Física de la Universidad Mayor de San Andrés por brindarnos sus instalaciones para realizar el experimento. Al estudiante Reynaldo Mamani por colaborar en el desarrollo de este proyecto.

#### REFERENCIAS

- Gruppen, C. 2005, *Astroparticle Physics* (Springer)  
 Gruppen, C. & Schwartz, B. 2008, *Particle detectors* (Cambridge)  
 Langsdorf, A. 1939, *Review of Scientific Instruments*, 10, 91  
 Nobel-Foundation. 1927, *The nobel prize in Physics 1927*, url-  
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1927/summary/>,  
 accedido 26-03-2019  
 —. 1936, *The nobel prize in Physics 1936*, url-  
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1936/summary/>,  
 accedido 26-03-2019

- videoLAN. 2001, VLC media player, url-  
<https://www.videolan.org/vlc/>, accedido 03-04-2019