

CONSTRUCCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIONES CIENTÍFICAS DE UN MINI ESPECTRÓMETRO DE RAYOS CÓSMICOS.

Moreno Palacios Oscar Eduardo (1), Granados Vázquez Everardo (2), Félix Valdez Julián (3)

1 [Licenciatura en ingeniería física, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico:
[morenopo2012@licifug.ugto.mx]

2 [Licenciatura en ingeniería física, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico:
[granadosve2012@licifug.ugto.mx]

3 [Departamento de física, División de ciencias e ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [felix@fisica.ugto.mx]

Resumen

En el presente trabajo reportamos el diseño, la construcción y los resultados de la caracterización de un mini detector de rayos cósmicos de tres canales desarrollado en el laboratorio de partículas elementales, del Departamento de Física, de la División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, tanto para estudiar los rayos cósmicos, como para caracterizar distintos materiales. Los resultados son positivos, indican que los rayos cósmicos pueden ser usados para identificar materiales (agua, aire, gel de cloro, gel cosmético, cantera, aluminio, hierro, aceite, y mármol). Aunque los resultados son muy preliminares, a partir de las señales obtenidas es posible distinguir materiales.

Abstract

In this paper we report the design, construction and characterization of a mini cosmic ray detector of three channels developed in the laboratory of elementary particles, the Department of Physics, Division de ciencias e ingenierías, Campus León, Universidad de Guanajuato, to the study of cosmic rays and characterize different materials. The results are positive, indicate that cosmic rays can be used to identify materials (water, air, chlorine gel, cosmetic gel, quarry, aluminum, iron, oil, and marble). Although the results are very preliminary, based on the signals obtained it is possible to distinguish materials.

Palabras Clave

Fotodiodo; plástico centellador; partículas; física; radiación Cherenkov.

INTRODUCCIÓN

Aunque aún no se tiene certeza de las propiedades y orígenes de los rayos cósmicos [3], se ha avanzado mucho en su estudio y se han podido medir algunas características de éstos: carga, masa, composición, distribuciones angulares, flujos, distribución de energías, etc.

Se sabe que algunas fuentes de rayos cósmicos son las estrellas, los núcleos de galaxias, las supernovas, etc. Algunos de los componentes de los rayos cósmicos son los neutrinos, positrones, electrones, protones, muones, núcleos atómicos, rayos gamma (fotones) entre otras partículas.

Actualmente, en base a las investigaciones realizadas por más de 100 años, contamos con una clasificación primera de los rayos cósmicos que da idea de la producción y origen de éstos.

Los rayos cósmicos que llegan a las capas altas de la atmósfera terrestre se llaman primarios; los que se generan a partir de éstos en choques con las moléculas de la atmósfera terrestre, secundarios. Estos últimos son básicamente muones, hasta donde se ha detectado. La energía de estos rayos varía de unos cuantos eV, para los neutrinos provenientes del fondo cósmico, o hasta diez a la veintiún eV para partículas cuyo origen e identidad se desconocen. Es un campo en completo desarrollo. La aplicación de los rayos cósmicos recién inicia en estos años. Pocos laboratorios a nivel mundial los estudian con fines de aplicación. En el Laboratorio de Partículas Elementales de la Universidad de Guanajuato somos pioneros en el desarrollo de aplicaciones y usos de los rayos cósmicos. Los rayos cósmicos tienen varias aplicaciones como las siguientes: para monitoreo de la atmósfera terrestre, estudio de la corteza terrestre, monitoreo de la actividad de volcanes, monitoreo de la actividad solar, monitoreo de la actividad del núcleo de la galaxia, identificación de materiales diversos,

Espectroscopia de rayos cósmicos, aplicaciones médicas. Y muchos otros todavía por explorar. Todos estos campos son novísimos y de aplicaciones potenciales muy profundas e importantes. Las técnicas básicas de detección de rayos cósmicos se fundamentan en detectar la ionización, o la radiación, o el centelleo que producen en los materiales. Estas dos últimas son las empleadas en el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El mini espectrómetro es desarrollado en el laboratorio de partículas elementales de la Universidad de Guanajuato. Los pasos para elaborar el prototipo fueron los siguientes:

- Plan de trabajo inicial. Consiste en la discusión de ideas para el prototipo, definir qué materiales se utilizarán, el diseño de bocetos a mano alzada y computadora.
- Ensamble de las piezas. Cortes, uniones y perforaciones necesarias.
- Conexiones electrónicas. Fototubos analógicos conectados a un osciloscopio, fototubo digital conectado a una computadora, fuentes de alimentación eléctrica.
- Adquisición de datos. Captura de “número de cuentas” por periodo y voltaje que se desee.
- Elaboración de un programa en lenguaje “C”. Análisis estadístico datos (media, desviación estándar, varianza) necesarios para presentar la información mediante gráficas elaboradas en GNUPLOT; resultados obtenidos con diferentes materiales: agua, aire, gel de cloro, gel

cosmético, cantera, aluminio, fierro, aceite y mármol.

- Modificaciones recientes del sistema.
- Estudio de diversos materiales.
- Análisis, discusión y proposición de cambio de material de la cubierta.

El mini espectrómetro consta de tres módulos colocados verticalmente. Ver Fig.1. y 2. En los extremos, arriba y abajo, consta de un cubo de plástico centellador (SGC BC-404) de 10 cm de lado, recubiertos con espejo de 3 mm de grosor, acrílico transparente de 3 mm y acrílico negro de 6 mm de espesor para aislar ópticamente, tres fotomultiplicadores marca “Hamamatsu” que se insertan en la cara posterior del módulo,. Ver Figura 3 y Figura 4.

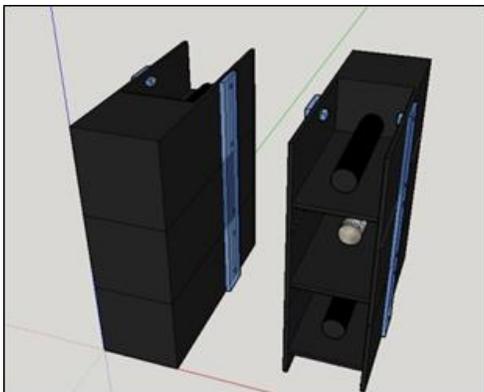


Fig.1: Vista frontal y posterior del espectrómetro de Rayos Cósmicos.

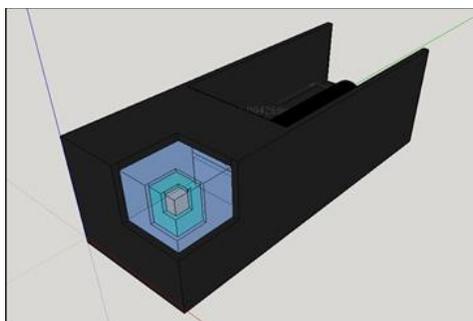


Fig.4: Foto sensor H10493-012, Contador de Fotones H9319-02.



Fig.3: Plástico centellador y módulo de plástico centellador.



Fig.4: Foto sensor H10493-012, Contador de Fotones H9319-02.

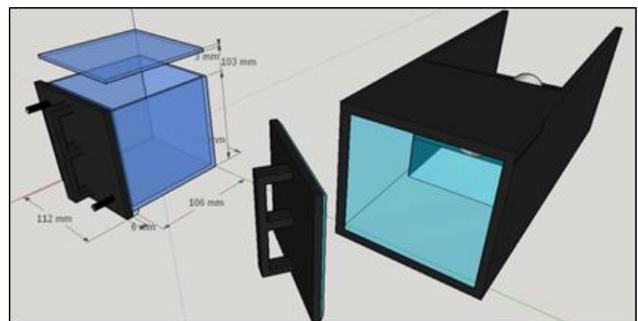


Fig.5: Elementos del módulo contenedor de muestras.

Un módulo “contenedor de muestras” de 1 decímetro cúbico de volumen de acrílico transparente cubierto con espejo (3 mm), en dos esquinas cuenta con un tubo que permite llenar o vaciar el contenedor de algún líquido o gas. Ver Figura 5.

Los fototubos se ubican detrás de los módulos con la parte óptica adherida a la parte interna del módulo, sellado para evitar el filtrado de luz, ver Fig.6. Los analógicos utilizan una fuente dual con $\pm 15V$, referencia de 1V. Para el digital se conecta a 5 V y a una computadora para captura de datos (número de cuentas que capta el fototubo). En éste se puede modificar el periodo de captura desde 10 milisegundos hasta 1 segundo.



Fig.6: Fotomultiplicadores en los módulos y espectrómetro ya armado.

Los fotomultiplicadores analógicos tienen salida hacia un osciloscopio para observar los pulsos de cuentas. Al fotomultiplicador digital la salida se conecta a una computadora el cual recibe la señal ya digitalizada (Fig.7).

Para el muestreo se introducían los diferentes materiales a analizar en el módulo contenedor de muestras y por medio de una computadora se tomaron los datos, las variables directas medidas eran la cantidad de pulsos, relacionados con pulsos de fotones que incidían en el fotomultiplicador, por periodo de 100 ms, escritos en un archivo de texto, para posterior análisis.

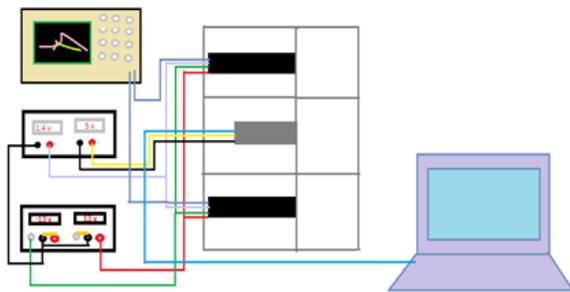


Fig.2: Detalle composición del módulo centellador.



Imagen 1: Sistema experimental en funcionamiento.

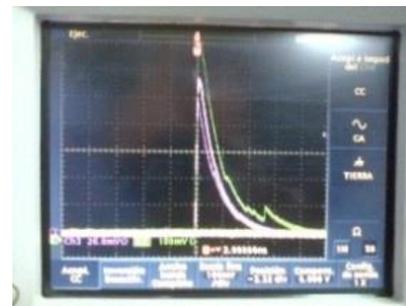


Imagen 2: Señales en osciloscopio

Se observó que el prototipo no estaba completamente blindado de la luz exterior, investigando se encontró a Aluminio como material apto para blindar. Después de obtener los primeros resultados, se modificó el prototipo cambiando la cubierta de acrílico por una de aluminio. Fig. 8

La construcción de la nueva cubierta está en proceso, además se implementarán tarjetas electrónicas para poder discriminar datos.

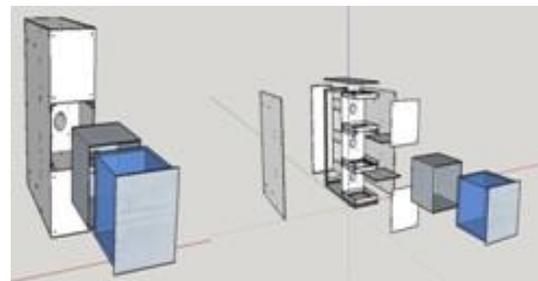


Fig. 8: Diseño de la nueva cubierta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las gráficas de la columna izquierda se muestra el número de cuentas por intervalos de tiempo en 10 000 intervalos de 100ms y en la columna de la derecha se muestra la distribución de la frecuencia.

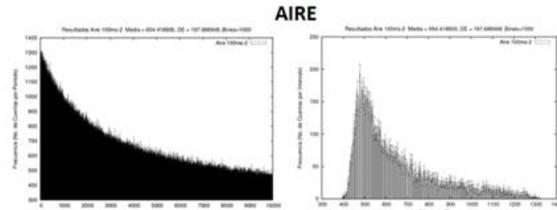
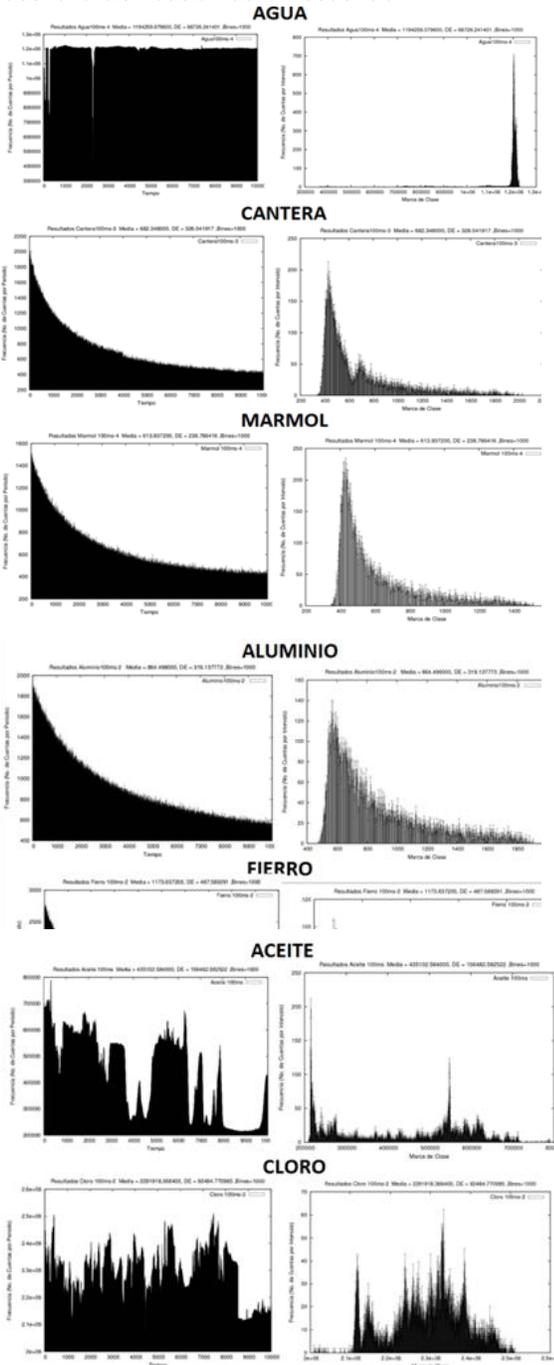


Fig. 6: Distribución de datos. Resultados CONCLUSIONES

De las gráficas de la primera columna de resultados se concluye que la cantidad de rayos cósmicos incidentes por unidad de área no es constante.

De las gráficas de la segunda columna concluimos que la razón de captación de rayos cósmicos es dependiente de la densidad del material, resultando una distribución diferente para cada material. Una técnica para caracterizar los materiales usando rayos cósmicos es posible.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen a nuestros familiares por apoyarnos en todo momento a cumplir nuestros objetivos, con tolerancia por la ausencia en casa y opiniones importantes.

REFERENCIAS

Libros

[1] J. Félix y otros. (2014) "Análisis Estadístico y Numérico". Notas del Curso Laboratorio de Partículas. Comunicación privada (2014). Universidad de Guanajuato.

[2] Plot in Action. Understanding Data with Graphs. PHILIPP K. JANERT. MANNING Greenwich (74° w. long.).

Artículos en línea

[3] J.J. Beatty, J. Matthews, and S.P. Wakely (2013), "Cosmic Rays", Ohio State Univ. Louisiana State Univ., Univ. of Chicago.

pdg.lbl.gov/2013/reviews/rpp2013-rev-cosmic-rays.pdf. fecha de consulta (09-2014)