

Radiactividad

Juan Carlos Rojas Velásquez* and Thomas Andrade Hernández**

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 10 de octubre de 2023)

El presente informe se expone el procedimiento y los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio de radiactividad que tenía como objetivo principal dar un estimado del tiempo de vida medio del material utilizado, este resultó ser $\tau = (3 \pm 2)$ min, siendo esta una medida bastante pequeña en comparación a los datos teóricos. Otros logros de la práctica fueron: Encontrar una medida para la radiación ambiente de $(1.4 \pm 0.2) \times 10^1$, hallar una relación entre la incertidumbre y el tiempo de exposición del contador Geiger-Müller de $\sigma_d = (-1.2541 \pm 0.0008)t + (11.269 \pm 0.003)$, se calculó una relación entre la distancia y el número de partículas contadas que sigue la forma $N(r) = (7.8 \pm 0.2) \times 10^2 / r + (-3 \pm 2)$ y, además, se estableció que la mayoría de partículas emitidas por el material es del tipo beta.

I. INTRODUCCIÓN

La desintegración radiactiva es un proceso natural debido al desequilibrio de las interacciones nucleares de los átomos, en específico las interacciones fuerte y débil. Esta consiste en la emisión de partículas como la forma que tiene el núcleo para tratar de estabilizarse a un núcleo más estable, es decir, menos pesado.[1]

Los tipos de radiación más comunes son: la desintegración tipo alfa, beta y gamma. La desintegración tipo alfa, emite núcleos de helio 4 para tratar de estabilizarse. Estas partículas no tienen mucho poder de penetración, por lo que pueden ser bloqueadas con materiales delgados, como el papel o el cartón. [1] [2]

La desintegración tipo beta, positiva o negativa, consiste en la emisión de partículas beta, positrones o electrones. Como el resultado de la descomposición de un protón en un neutrón o de un neutrón en un protón. Este tipo de radiación tiene un poder de penetración más alto que el alfa, pero puede seguir siendo detenida por materiales como el aluminio. [3]

Por último, la radiación tipo gamma, consiste en la liberación de fotones de alta energía al tratar de estabilizar el núcleo excitado. Estas partículas son altamente penetrantes y pueden atravesar materiales gruesos. [4]

El decaimiento nuclear está modelada por la ecuación

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

donde N es el número de núcleos radiactivos y λ es la probabilidad de que uno de los núcleos decaiga. [5]

El tiempo de vida medio es una cantidad que se define como el promedio de tiempo de vida de todos los núcleos. Este promedio se calcula como

$$\tau = \frac{\int_0^\infty tN(t) dt}{\int_0^\infty N(t) dt}$$

que para un caso discreto está dado por

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} t_i N_i}{\sum_{i=1}^{\infty} N_i} \quad (1)$$

Una de las formas por las que puede medirse la radiactividad son los contadores Geiger-Müller. Estos medidores consisten en un tubo de gas al que se le aplica una pequeña diferencia de potencial que cuando se ioniza al entrar en contacto con una de las partículas se amplifica. [6]

En esta práctica se tratará de dar un estimado del tiempo de vida medio a través de mediciones hechas en el laboratorio con la ayuda de un contador Geiger-Müller.

II. METODOLOGÍA

El montaje usado en para la práctica del presente documento es mostrado en la Figura 1, donde se pueden ver la base y el material de medición que se va a usar. El material radiactivo al cual se le tomarán los conteos de partículas es el camión de telurio.

* Correo institucional: jc.rojasv1@uniandes.edu.co

** Correo institucional: t.andrade@uniandes.edu.co

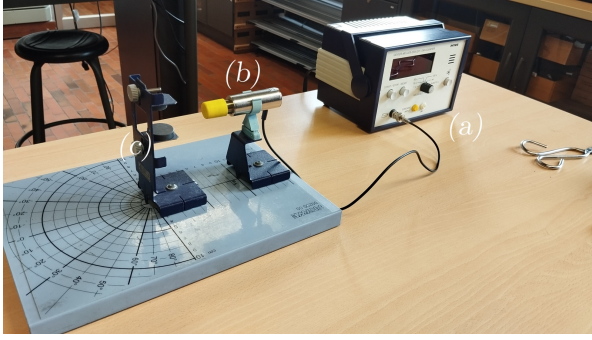


Figura 1. En la figura se pueden observar los materiales utilizados en la práctica: (a) Contador Geiger-Müller de la marca PHYWE, (b) tubo contador tipo B de marca PHYWE y (c) soporte donde debe estar la muestra radiactiva de camisión de Teluro.

Antes de tomar las muestras con el material radiactivo, se tomaron datos de la radiación del ambiente lejos de cualquier material radiactivo circundante; se tomaron 5 muestras de 1 min cada una usando el contador Geiger-Müller 1.a. Luego de ello, una vez se puso la muestra en el soporte Figura 1.c. y se aseguró que el tubo contador 1.b. no estuviese a menos de 2 centímetros de la muestra, se tomaron en la primera parte del experimento datos de la fuente radiactiva a una distancia fija de (5.0 ± 0.2) cm. Se hicieron 3 muestras de 3 tiempos diferentes de 1 min, 3 min y 5 min. Para la segunda parte del experimento, se tomaron 4 muestras de 1 min de duración para cada una de las distancias de 2, 4, 6, 8 y 10 centímetros. Por último, para la tercera fase del experimento, se tomaron 4 muestras de 5 min cada una para tres tipos de bloqueadores de emisión radiactiva: Plomo, aluminio y papel.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se tuvieron diferentes fases en la práctica experimental de los cuales se pueden distinguir tres importantes:

A. Datos de ambiente

Antes de tomar los datos con las muestras de camisión de telurio se tomaron muestras de la radiación ambiental tomadas en intervalos de 5 min. El promedio de estas muestras fue de $(1.4 \pm 0.2) \times 10^1$ partículas. No se considera que esta cantidad sea tan considerable como para restarla de las tomas siguientes. Por otro lado, esta radiación puede deberse a diferentes fuentes de emisión de partículas, como lo pueden ser isótopos radiactivos que están en el entorno humano (e.g. ^{40}K , que se encuentra en algunos alimentos) y la medición de partículas que

puedan venir del Cosmos de forma bastante energética. [7]

B. Datos de la muestra a una distancia fija a diferentes tiempos

Se calcularon las incertidumbres y se relacionaron con la duración del intervalo de conteo. La Figura 2 muestra la relación entre la duración del tiempo de exposición del instrumento y la incertidumbre asociada a dicha medición.

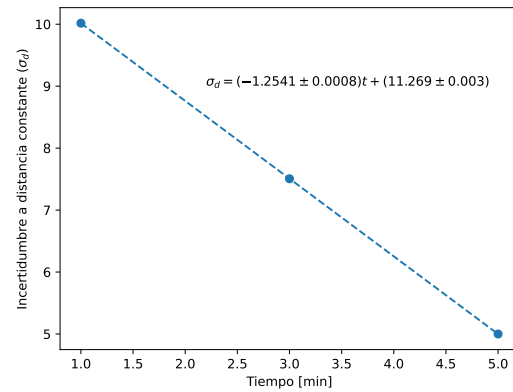


Figura 2. La gráfica muestra la relación entre la incertidumbre asociada a una medición y la duración período de muestreo de dicha medición. Se encontró que la relación que parece ser lineal, al menos con los datos obtenidos en las mediciones, que sigue la forma $\sigma_d = (-1.2541 \pm 0.0008)t + (11.269 \pm 0.003)$. Esto significaría que en algún momento va a ser igual a cero, que no debería pasar.

Nótese que la incertidumbre parece seguir una relación lineal con la duración del muestreo de la fuente radiactiva. Si se tomaran más muestras de mayor duración, el valor de la incertidumbre tendería a cero.

C. Datos a distancia variable y intervalo de tiempo de medición constante

Los datos obtenidos en la serial de muestras se presenta en la Figura 3. Nótese que estos no fueron divididos por los tiempos de duración de la toma de muestras; debido a que todos cuentan con el mismo tiempo y no debería afectar en la tendencia de los datos.

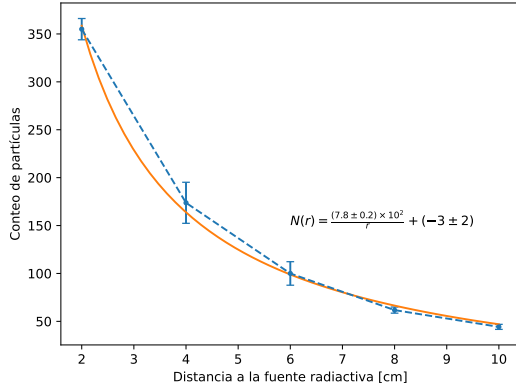


Figura 3. La gráfica presenta los datos tomados en la segunda fase del experimento. Los datos parecen seguir una relación $1/r$. El ajuste de curva indica que los datos siguen la relación $N(r) = (7.8 \pm 0.2) \times 10^2 / r + (-3 \pm 2)$. Donde $N(r)$ es el número de partículas detectadas y r la distancia a la fuente radiactiva.

Se trató de hacer una regresión de la forma

$$N(r) = \frac{A}{r^2} + B$$

Sin embargo, este tipo de ajuste no tomaba los datos de manera tan exacta como lo hace el ajuste mostrado¹ en la Figura 3.

D. Datos con los bloqueadores de partículas

Los datos obtenidos se presentan en la Figura 4.

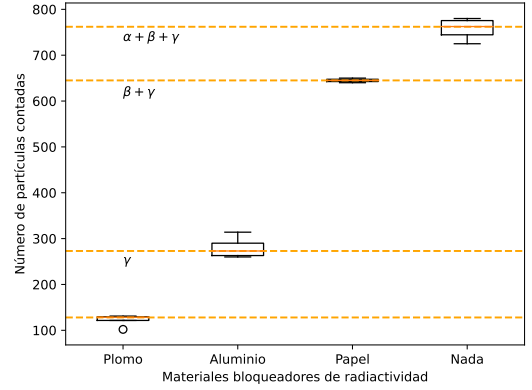


Figura 4. Diagrama de cajas con las mediciones de cada uno de los materiales bloqueadores de radiación. Para el plomo, el aluminio, el papel y sin protecciones se contaron en promedio $(1.3 \pm 0.1) \times 10^2$, $(2.8 \pm 0.2) \times 10^2$, $(6.45 \pm 0.05) \times 10^2$ y $(7.6 \pm 0.2) \times 10^2$ partículas, respectivamente.

Como se puede observar en la Figura 4, se presenta que las partículas gamma y beta pasan por el papel, mientras que las alfa no; las partículas gamma pueden atravesar el aluminio, mientras que las beta y alfa no; y por último, las partículas gamma son bloqueadas por el

De la Figura 4 se puede notar que la mayoría de partículas fueron detenidas por el papel, lo cual lleva a pensar que la mayoría de emisiones del material son del tipo beta. Por otro lado, con los otros dos materiales, se puede notar una diferencia entre el número de partículas contadas con el plomo y con el aluminio, sin embargo, esta diferencia no es tan grande como la que hay entre el papel y el aluminio. Este comportamiento, donde la mayoría de partículas emitidas son β , es consistente con las emisiones del ^{121}Te .

E. Estimación de tiempo de vida medio

Teniendo en cuenta la ecuación (1) se tiene que el tiempo de vida medio es de

$$\tau = (3 \pm 2) \text{ min}$$

que es bastante alejado del valor más pequeño encontrado para el ^{121}Te que es de 19 días. [9] El desfase tan alto entre el valor real del ^{121}Te y el obtenido en la práctica puede verse a que no se usó un material completamente puro y a que el número de muestras es reducido.

¹ Se puede ver el ajuste fallido en el repositorio de GitHub [8].

IV. CONCLUSIONES

La práctica tenía como objetivo principal dar un estimado del tiempo de vida medio de la muestra radiactiva, que se calculó en $\tau = (3 \pm 2)$ min. Que está bastante desfasado con los valores del ^{121}Te , se llegó a que esto es debido al número limitado de muestras y a que no se está utilizando un material puro. Como objetivos secundarios, se encontró una relación de incertidumbre de conteo y tiempo de $\sigma_d = (-1.2541 \pm 0.0008)t + (11.269 \pm 0.003)$ y que hay una relación de número partículas contadas y distancia de la forma $N(r) = (7.8 \pm 0.2) \times 10^2 / r + (-3 \pm 2)$. También se encontró que la principal fuente de radiación de la muestra eran partículas tipo β que coincide con la emisión principal del isótopo ^{121}Te .

Apéndice A: CÁLCULO DE ERRORES

Todos los cálculos fueron hechos con el repositorio de GitHub hecho para las prácticas de laboratorio que

puede ser consultando en línea en la carpeta "5 Radiactividad". [8]

1. Desviación estándar usada

Se utilizó la desviación estándar muestral

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

esta se usa dado que se está trabajando con muestras pequeñas y se quiere estimar la variabilidad del conjunto completo a partir de la pequeña muestra.

-
- [1] G. S. University, «Radioactivity,» (2023).
 - [2] «Información básica sobre la radiación | us epa,» (2017).
 - [3] G. S. University, «Beta radioactivity,» (2023).
 - [4] G. S. University, «Gamma radioactivity,» (2023).
 - [5] J. Mejía and N. Berrío, *Guías de laboratorio. Física Moderna* (2021).
 - [6] admin, «¿cómo funciona un contador geiger? sus 6 características,» (2020).
 - [7] Wikipedia, «Radiactividad ambiental — wikipedia, la enciclopedia libre,» (2023), [Internet; descargado 22-agosto-2023].
 - [8] J. C. Rojas Velásquez and T. Andrade Hernández, «Modern Phy Lab,» (2023).
 - [9] Wikipedia, «Anexo:isótopos de telurio — wikipedia, la enciclopedia libre,» (2022), [Internet; descargado 15-diciembre-2022].