

INFORME: RADIACIÓN

Javier Alejandro Acevedo Barroso,* Boris Nicolás Saenz Rodríguez,** and David Leonardo Paipa León***
Departamento de Física, Universidad de los Andes

(Dated: 8 de septiembre de 2017)

Valiéndonos de un contador Geiger, muestras radioactivas, imanes y materiales para bloquear la radiación, se midió la radiación del ambiente con éxito. Así mismo se midió el porcentaje de radiación α , β , y γ de una muestra radioactiva de Columbia, Co-57 y Cd-109 fallidamente, pues faltó más tiempo de exposición en las medidas. También se estudió la atenuación de la intensidad de radiación con respecto a la distancia y se modeló exitosamente mediante un ajuste donde intensidad depende del inverso al cuadrado de la distancia. Se estudió la radiación de una muestra de Ra-226 bajo campos magnéticos y se encontró que el campo curva algunas partículas, por lo tanto se concluye que la radiación tiene partículas cargadas. Por último, se estudió la atenuación en la intensidad de radiación con respecto a la densidad de un material entre la muestra y el detector. Se encontró que decae exponencialmente al aumentar la densidad del material, sin embargo, no tiende a cero sino a la cantidad de radiación γ pues esta es muy penetrativa.

I. INTRODUCCIÓN:

La radiación es un fenómeno natural en el cual el núcleo atómico de elementos pesados libera energía emitiendo partículas cargadas o incluso ondas electromagnéticas de alta energía. Existen tres tipos de radiación:

a. Alfa. Consta de núcleos de Helio (dos protones y dos neutrones). Al ser tan masivas las partículas alfa, son fácilmente detenidas por barreras delgadas.

b. Beta. Esta compuesta de electrones (o bien positrones) emitidos a altas velocidades desde el núcleo. Se pueden detener con barreras de plomo delgadas.

c. Gamma. es radiación electromagnética de alta energía con frecuencias superiores a los 10^{19} Hz.

La detección de partículas radioactivas se efectuará con un contador Geiger, que consta de un tubo lleno de gas no conductor con un filamento a un voltaje muy superior al del tubo donde está confinado. Cuando una partícula ionizante incide en el gas, esta desprende electrones que debido al gran potencial se van hacia el filamento, generando una corriente que el contador detecta.

La radiación del ambiente proviene naturalmente de muchas fuentes: el espacio exterior debido a eventos astronómicos masivos, eventos del subsuelo terrestre o isotopos libres en el ambiente.

II. MONTAJE EXPERIMENTAL

A. Actividad 1: Variabilidad en el contador de GM y radiación de fondo

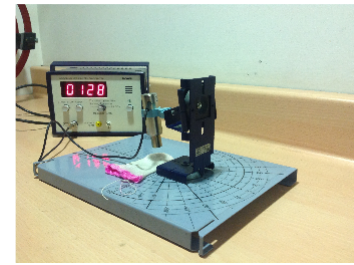


Figura 1. Montaje experimental para medida de radiación de fondo. [1]

Para determinar la radiación de fondo se tomaron 3 conteos, cada uno con 5 datos para tiempos de 60 s y en distinta dirección. También se tomaron 5 medidas para un tiempo de 1 s y 3 conteos de 10 medidas para un tiempo de 10 s, todos ellos sin ninguna muestra en el medio. Una vez se coloca la muestra incandescente a 4 cm del detector se realizan 100 mediciones con la opción de auto/10s que tiene el contador.

B. Actividad 2: Diferenciar los tipos de radiación

Se sitúa la muestra de Columbia a 8,66 cm del detector y se procede a realizar 5 mediciones sin ningún recubrimiento, 5 con una hoja de papel y por último 5 mediciones con una lámina de plomo entre la muestra y el detector. Hechas estas mediciones, se cambia la muestra por una de Cd-109 y se procede a realizar las mismas mediciones ya mencionadas, luego se repite el proceso para una muestra de Co-57.

* ja.acevedo12@uniandes.edu.co

** bn.saenz10@uniandes.edu.co

*** dl.paipa10@uniandes.edu.co

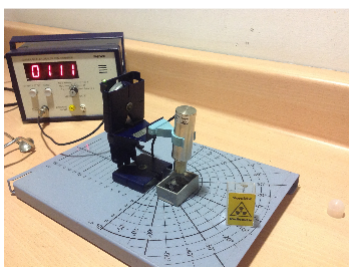


Figura 2. Montaje experimental para muestra de Columbita. [1]

C. Actividad 3: Atenuación de la radiación con la distancia

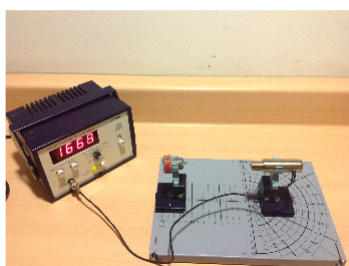


Figura 3. Montaje experimental para medir atenuación de radiación con la distancia para distintos materiales. [1]

Se usa una muestra de Ra-226 y se ubica el detector en el semicírculo como se muestra en la figura 3 a una distancia de 3 cm del contador con un tiempo de menos de 10 s, en este tiempo se presenta saturación. Se varia la distancia de 1cm en 1 cm hasta 11cm y se hacen 5 mediciones para cada una de ellas en el mismo intervalo de tiempo en el cual la muestra presento saturación a 3 cm. Para medir la atenuación de cada una de las radiaciones se coloca el detector a una distancia de 10cm y en medio se pone una hoja de papel tomando 5 mediciones, despues se usa una lamina de plomo de 0.9cm de grosor y se repite el procedimiento que se uso para la hoja de papel.

D. Actividad 4: Interacción de la radiación con un campo magnético

Se coloca una muestra de Ra-226 y se ponen dos imanes como se muestra en la figura 4, estos deben estar en el centro del semicírculo y el detector ubicado en una línea de radio constante de 5cm. Se rota el detector desde un ángulo de -90 a un ángulo de 90 de 30 en 30, en donde para cada ángulo se toman 5 mediciones en un tiempo de 10 s. una vez tomados los datos, se invierte la polaridad de los imanes y se repite el procedimiento ya mencionado. Por ultimo se pone una lámina de plomo frente a la fuente de radiación a un ángulo de 0° para solo detectar



Figura 4. Montaje experimental con campo magnético estático. [1]

la radiación gamma, se toman 2 conteos, cada uno de 5 medidas para cuando hay imanes y para cuando no.

E. Actividad 5: Atenuación debido a la interacción con un material

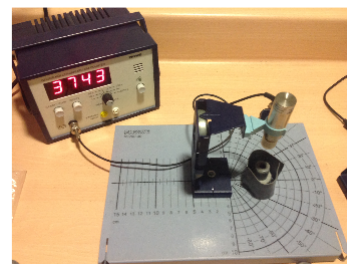


Figura 5. Montaje experimental para varios materiales con distinto grosor. [1]

Se ubica la fuente de Ra-226 como se muestra en la figura 5 se deja un espacio entre la muestra y el detector de 5cm, adicionalmente se colocaron placas de plomo alrededor de la muestra en forma de cilindro para así colocar los diferentes materiales entre la fuente y detector de una forma mas facil. Se procede a realizar 5 mediciones con un tiempo de 10 s para cada uno de los siguientes materiales: A-thin Al foil, S-Plomo, C-Poly, P-Al, E-Plastico, donde la primera letra indica la casilla en donde estaba la muestra. Una vez hechas dichas mediciones, se repite el procedimiento para 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 hojas de papel.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Actividad 1: Variabilidad en el contador de GM y radiación de fondo

Para la radiación de fondo se midió durante 60 segundos sin fuente radioactiva, se obtuvo $22,60 \pm 3,38$ conteos/60s.

Al rotar el detector 45 grados se obtuvo $20,60 \pm 5,89$ conteos/60s.

Al rotar el detector -45 grados se obtuvo $20,40 \pm 6,25$ conteos/60s.

Se tomaron medidas de radiación de fondo con el detector sin rotar para 1s. Se obtuvo $0,6 \pm 0,8$ conteos/s. Finalmente, se realizaron 10 medidas para radiación de fondo con 10s. Se obtuvo $4,167 \pm 1,59$ conteos/10s. La radiación de fondo que se usó durante el resto del análisis fue $0,4167$ conteos/s.

Se realizaron 104 conteos para la camisa incandescente con 10 segundos. Se esperaba que la desviación estandar estuviera dada por $\sqrt{\text{Promedio}}$. Se obtuvo $32,01 \pm 5,53$ conteos/10s. La desviación estandar esperada de acuerdo al modelo era de $5,66$ conteos/10s. La diferencia porcentual entre el valor esperado para la desviación estandar y la desviación estándar fue del $2,21\%$.

De los 104 conteos, el 69.23% estaba en el intervalo promedio $\pm\sigma$. La diferencia con el valor esperado fue de 0.93% . Igualmente, el 96.15% de los conteos se encontraban entre el intervalo promedio $\pm 2\sigma$. La diferencia con el valor esperado fue de 0.70% . Se observa que los conteos obedecen la distribución de Poisson. El histograma de los datos forma una gaussiana 6.

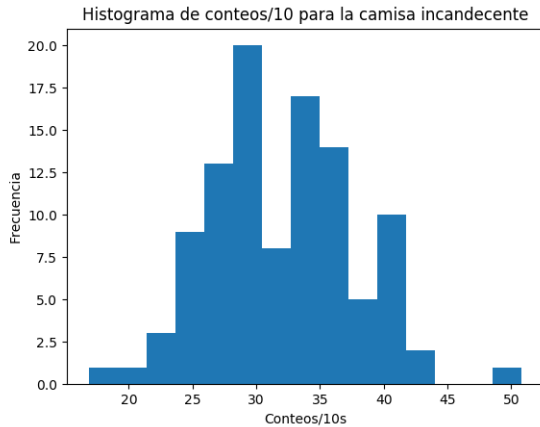


Figura 6. El porcentaje de conteos con valor entre promedio $\pm\sigma$ es de 69.23% , y entre promedio $\pm 2\sigma$ es de 96.15% .

B. Actividad 2: Diferenciar los tipos de radiación

En principio, se espera que al colocar la placa de plomo entre la muestra y el detector se detecte principalmente radiación γ . Así mismo, con la hoja de papel se espera que pase tanto la radiación γ como la radiación β . Sin embargo, a la hora de realizar el análisis, se observa que 5 mediciones con un tiempo de 10 segundos cada una no es suficiente para poder clasificar la radiación proveniente de la muestra.

Para calcular los porcentajes respectivos de radiación α , β , γ y de fondo, se calculó primero el porcentaje de radia-

ción de fondo. Luego, tras restar la radiación de fondo, los diferentes porcentajes estarán dados por:

$$P_{\gamma} = 100(C_{\text{plomo}}/C_{\text{sin}})(1 - P_{\text{fondo}}) \quad (1)$$

$$P_{\beta} = 100\left(\frac{C_{\text{papel}} - C_{\text{plomo}}}{C_{\text{sin}}}\right)(1 - P_{\text{fondo}}) \quad (2)$$

$$P_{\alpha} = 100\left(\frac{C_{\text{sin}} - C_{\text{papel}}}{C_{\text{sin}}}\right)(1 - P_{\text{fondo}}) \quad (3)$$

Donde P_j representa el porcentaje de j , y C_k representa el promedio de k . Donde j son los tipos de radiación y k son los materiales entre la muestra y el detector. La tabla a continuación tiene los porcentajes de radiación para cada muestra

Muestra	P_{α}	P_{β}	P_{γ}	P_{fondo}
Columbita	-41.36	-4.35	18.26	90.43
Cd-109	26.81	-21.43	80.32	16.51
Co-57	68.40	-16.45	39.05	9.00

El poco tiempo de exposición a la radiación de esta actividad fue un factor determinante debido a la aleatoriedad de los eventos. Los datos obtenidos son confusos y esto resulta ser un inconveniente a la hora de arrojar conclusiones.

C. Atenuación de la radiación con la distancia

Tras realizar mediciones de conteos contra distancia para una muestra de Radio-226, se hizo una regresión lineal entre el número de conteos y $\frac{1}{r^2}$. De la regresión se obtuvo:

$$\text{Conteo} = 63696,47(1/r^2) - 3003,99 \quad (4)$$

Ahora, notando que $1/r^2$ tiende a cero en el infinito, el modelo implicaría que al aumentar la distancia el conteo tendería a un número negativo. Sin embargo, al comparar el tamaño de la pendiente con el corte con x se observa que la pendiente es mucho mayor, por lo tanto, el modelo describe un decaimiento del inverso al cuadrado.

La rata entre la pendiente y el corte es de 0.05 , el valor esperado para la rata era cero, implicando que el modelo es un buen ajuste.

Utilizando el modelo, se concluye que para tener un conteo del 50% del valor más alto la muestra debe estar a 8.00cm del detector. Así mismo, para tener un conteo del 10% del valor más alto, la muestra debe estar a 15.95cm del detector. Ahora, para estudiar la atenuación de los diferentes tipos de radiación de acuerdo a la distancia, se

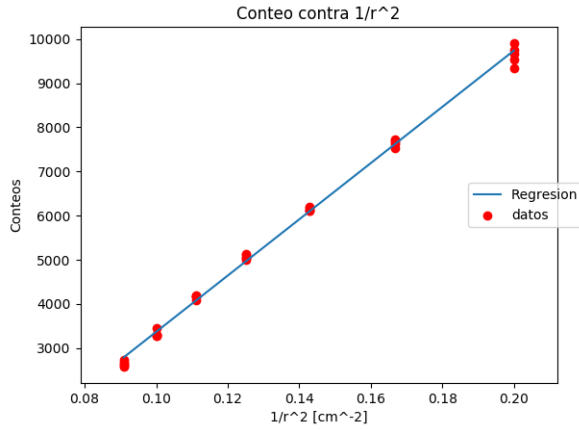


Figura 7. Gráfica de conteo/10s contra $1/r^2$. Conteo = $63696,47(1/r^2) - 3003,99$ para una muestra de Ra-226

tomaron datos del conteo a 10cm y a 5cm por 10 segundos con plomo y con papel entre la muestra y el detector. Tras realizar el ajuste se obtiene:

$$Conteo_{\alpha} = 4335,85(1/r^2) + 443,61 \quad (5)$$

$$Conteo_{\beta} = 58237,20(1/r^2) - 3425,52 \quad (6)$$

$$Conteo_{\gamma} = 1539,97(1/r^2) - 105,40 \quad (7)$$

Se observa que la radiación inicial medida era principalmente de tipo β , sin embargo, al aumentar la distancia los valores medidos son más cercanos a los de los otros tipos de radiación. El ajuste de puede observar más cómodamente en la gráfica8.

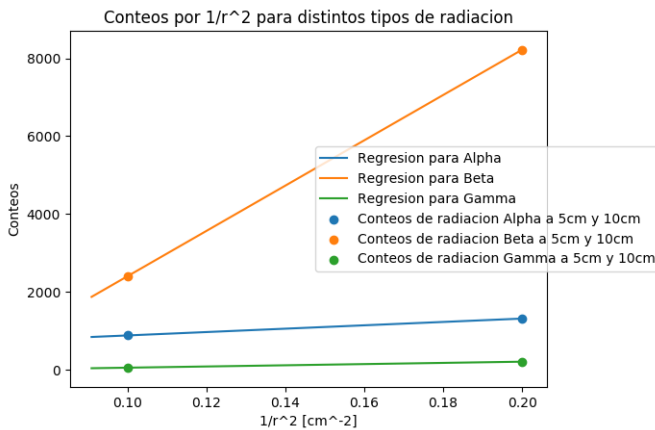


Figura 8. Gráfica de conteo contra $1/r^2$ para los diferentes tipos de radiación. Conteo $\alpha = 4335,85(1/r^2) + 443,61$. Conteo $\beta = 58237,20(1/r^2) - 3425,52$. Conteo $\gamma = 1539,97(1/r^2) - 105,40$. Se observa un alto porcentaje de radiación inicial β

D. Interacción de la radiación con un campo magnético

Al estudiar la cantidad de radiación medida de acuerdo al ángulo entre el detector y la muestra, se ve que la radiación emitida incluye partículas cargadas pues hay una cantidad alta de partículas desviadas por el campo magnético9.

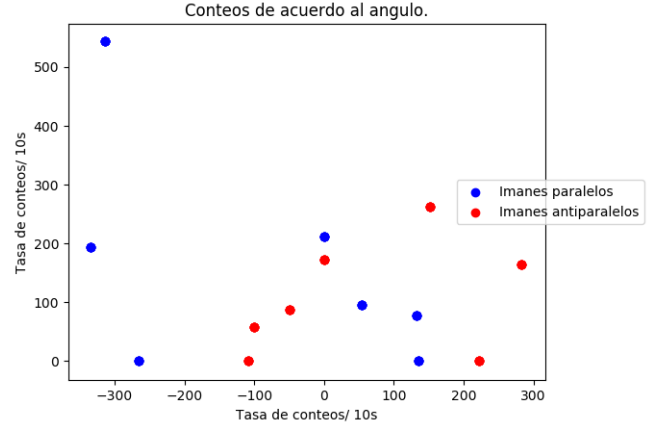


Figura 9. Scatter polar de conteos contra ángulo de la medición. La distancia al origen representa el conteo. Se observa una simetría entre los campos. Hay una cantidad alta de conteos de partículas de carga negativa, pues la radiación Beta es abundante en la muestra de Ra 226.

Con el radio de curvatura y la longitud de la sagitta se puede calcular la proporción carga masa de las partículas, sin embargo, la medida sería inexacta ya que las partículas pudieron haber tenido algún tipo de deflexión azimutal debida a variaciones en la orientación de los imanes. Además haría falta calcular con precisión la magnitud del campo magnético.

Al colocar una lámina de plomo entre la muestra y el detector, con el fin de garantizar que solo la radiación γ es detectada. Se obtuvo:

	Promedio	σ
Con imanes	18.44	6.61
Sin imanes	49.44	5.46

Se observa que hay un mayor número de conteos cuando sin campo magnético. Esto puede deberse a la presencia de partículas cargadas que a pesar de todo logran penetrar el plomo, o a fluctuaciones aleatorias.

E. Atenuación debido a la interacción con un material

Se realizaron conteos con 5cm de distancia y 10 segundos de tiempo para diferentes materiales entre la muestra y el detector. Se obtuvo:

Se observa que el Aluminio (P) y el Plomo (S) son los

Material	Grosor [cm]	Promedio	σ	Atenuación
A- Papel Aluminio	0.07	2169.28	25.47	14.87 %
S- Plomo	0.125	44.88	7.52	98.24 %
C- Poliestireno	0.05	1817.88	16.77	28.66 %
P- Aluminio	0.1	69.08	10.98	97.29 %
C- Poliestireno	0.05	1817.88	16.77	28.66 %

mejores materiales a la hora de atenuar la radiación proveniente de Ra-226.

Con el fin de estudiar la atenuación en función de la densidad del material, se propone el siguiente modelo:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (8)$$

Donde I es la intensidad medida, I_0 es la intensidad sin material, μ es un coeficiente a determinar y x es la densidad del material entre el detector y la muestra. Tomando la densidad como el número de hojas entre el detector y la muestra, se obtiene el siguiente ajuste:

$$I = (2387,01)e^{-0,14x} \quad (9)$$

Al observar la gráfica 10 se ve que para números altos de hojas el ajuste deja de ser efectivo. Lo anterior se debe a que el papel no detiene la radiación γ y el conteo converge a el conteo de la radiación γ únicamente.

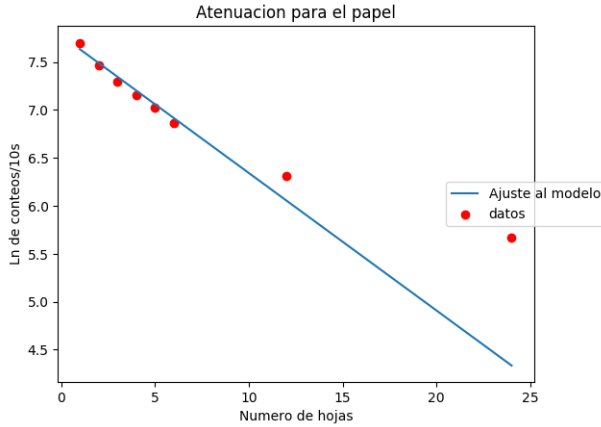


Figura 10. Gráfica del logaritmo de los conteos contra número de hojas de papel intermedias. $\text{Conteo}(h) = 2381e^{-0,14h}$. Se observa que los datos se desvían del modelo para alto número de hojas.

A partir del ajuste, se concluye que el número de hojas necesarias para reducir la radiación al 50 % es de 5,37.

IV. CONCLUSIONES

Actividad 1. Se concluye con base en los datos que el detector recibe aproximadamente 22.6 impactos por minuto. Esta medida, que además es usada para calibrar el ruido del ambiente, corrobora la existencia de radiación en el ambiente y la cuantifica.

Actividad 2. Los datos de esta actividad arrojan porcentajes inconsistentes (negativos) lo que lleva a considerar que el tiempo de exposición para este experimento no fue el suficiente. Puesto que los datos son inciertos, no se puede hacer conclusiones verídicas respecto a esta actividad. Se propone usar al menos un minuto de tiempo de exposición.

Actividad 3. La regresión lineal de la atenuación con el cuadrado de la distancia da a muestra que efectivamente la intensidad de la radiación decrece con el inverso al cuadrado de la distancia. Se observa que la radiación de Ra-226 medida es principalmente radiación β .

Actividad 4. Al exponer las partículas radioactivas emitidas por la muestra del isótopo de radio 226 a campos magnéticos, se observa que gran parte de las partículas se curvan en un sentido, y otro porcentaje en el otro contrario, y última parte no se curva. Se concluye que la mayoría que se curva en un sentido son partículas Beta pues son más abundantes en la muestra de Radio que las alfa, que son aquellas que se curvan en el otro sentido. Las partículas que siguen recto son radiación Gamma. Un experimento en donde se controle la intensidad y dirección del campo magnético permitiría determinar la proporción carga-masa de las partículas.

Actividad 5. Se pudo observar que la atenuación viene dada por una expresión exponencial en función de la densidad de material entre el detector y la muestra. Se espera que la curva de incidencias con papel de por medio tienda a un valor diferente de cero que sería la radiación γ que irradia de la muestra. La curva exponencial obtenida nos brinda información sobre la densidad de barreras que se deben poner entre las muestras y el detector para atenuar la radiación incidente a un valor deseado.

Error. en la actividad 2 se observó cierta dificultad al segregar los tipos de radiación incidentes en el detector. Las posibles fuentes de error (No solo para la actividad 2) incluyen: La ineficacia del detector Geiger para detectar ciertos tipos de radiación, exceso de ruido proveniente del ambiente y experimentos en otras salas, baja radiación de las muestras , entre otras.

carga. La deflexión que presentaban algunas partículas radioactivas al someterse a campo magnético es propia de partículas cargadas. Aquellas que no se curvaban ante la presencia de dichos campos es porque no poseían carga, es decir, era radiación electromagnética.

Barreras. El uso de barreras de diferente grosor y densidad es una buena forma de filtrar los tipos de radiación. Se comprobó así que la radiación electromagnética es altamente penetrante y que la radiación alfa se puede detener con algunas capas de papel.

Ambiente. Se midió radiación en el ambiente sin muestra radioactiva, lo cual indica que el entorno no está libre de radiación. Esta puede provenir de impactos de

partículas cargadas con la alta atmósfera, isótopos radioactivos en el suelo o incluso partículas provenientes de la sala de al lado.

-
- [1] U. d. I. A. Departamento de Física, “Radioactividad,” (2017).