

Detectores de Centelleo. Absorción de Radiación Gamma

1. Objetivos de la práctica

1. Demostrar la absorción de la radiación gamma por los distintos materiales
2. Determinar las curvas de absorción en función del material interpuesto
3. Calcular los espesores de semirreducción de materiales para un determinado radionucleido.
4. Determinar los coeficientes de absorción lineal y másico.
5. Verificar la ley exponencial de absorción.
6. Determinar la eficiencia del contador.

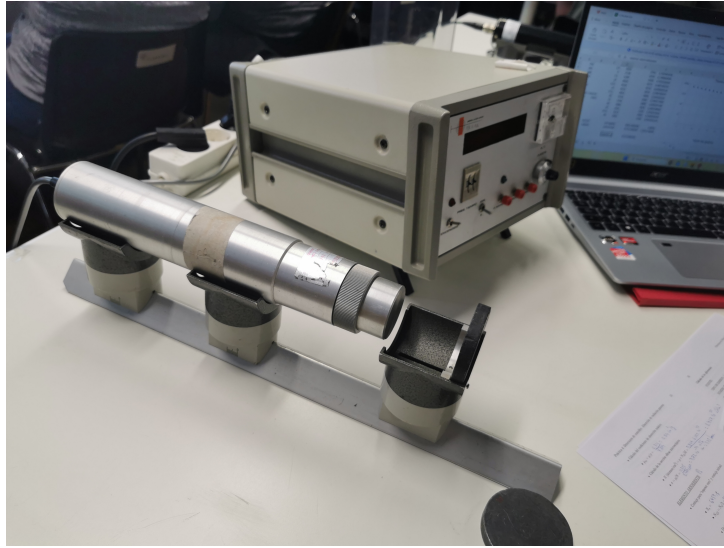


Figura 1: Detector de centelleo utilizado

2. Fondo

Mediremos la radiación de fondo durante 90s, que luego sustraeremos para el tratamiento de las posteriores medidas de radiación (realizadas con el mismo tiempo).

	Cuentas
Medida 1	250
Medida 2	261
Medida 3	260
Medida 4	237
Media	252

Tabla 1: Radiación de fondo para 90s

Para reducir las fluctuaciones estadísticas, tomamos una medida sin ningún material entre el emisor y el detector, que nos da:

Medida sin espesor: 6613

Medida sin espesor menos fondo: $N = 6613 - 252 = 6361$

3. Aluminio

Interponiendo placas de absorbente (en este caso de aluminio), tomamos las medidas de radiación que llega al detector. Los resultados, restando el fondo calculado previamente, están recogidos en la Tabla 2 y representados en la Figura 3



Figura 2: Piezas de absorbente (plomo)

Espesor (mm)	Cuentas
2,2	5809
4,4	5623
6,6	5618
8,8	5492
11	5455
13,2	5297
15,4	4995
17,6	4882
19,8	4828
24,2	4772
28,6	4358
33	4230
38,3	4065

Tabla 2: Radiación según espesor de Aluminio

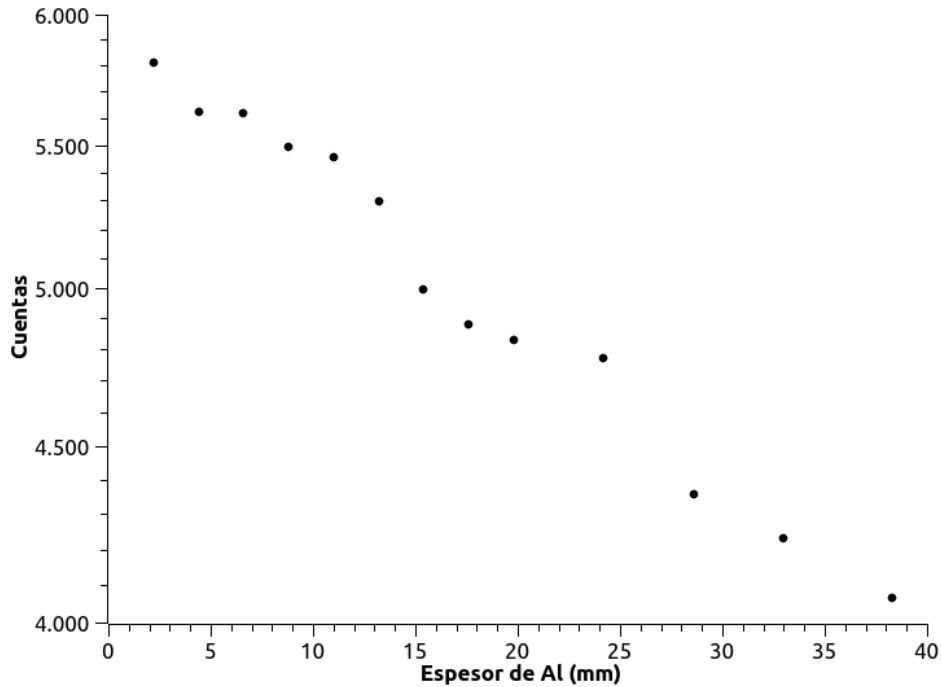


Figura 3: Radiación según espesor de Aluminio

La Figura 3, que representa la radiación medida en función del espesor de Aluminio, se ha presentado en escala semilogarítmica, pero su comportamiento exponencial no es tan evidente. Para que la radiación gamma siga la ley exponencial de atenuación, se asume que el material es homogéneo, no hay dispersión ni absorción múltiple y no hay influencias externas significativas. En nuestro caso el sistema puede presentar irregularidades debido a la dispersión en el aire, y la presencia de aire entre nuestras placas de material absorbente.

De los materiales que vamos a utilizar, el Aluminio es el menos denso y, al atenuar peor la radiación, presenta una menor diferencia entre el valor máximo y mínimo medido, lo que hace menos evidente el carácter exponencial de la curva, y lo hace más sensible a imperfecciones y errores.

Podemos representar el logaritmo de las cuentas frente al espesor para ajustar linealmente a una recta

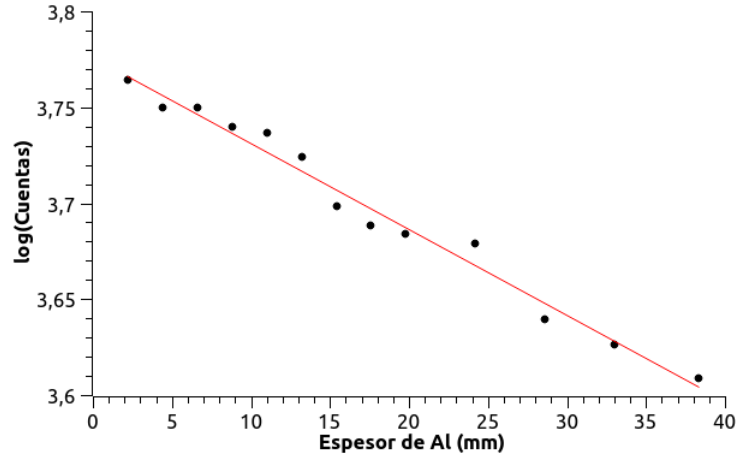


Figura 4: Ajuste del logaritmo de la radiación frente al espesor para el Aluminio

$$\log(N) = -0,0045X + 3,7759$$

$$N = 10^{-0,0045X+3,7759}$$

Por tanto, para un espesor nulo,

$$X = 0$$

$$N_{0,Al} = 10^{3,7759} = 5968,97$$

Este valor de N extrapolado difiere con el valor que medimos previamente en un 6 %, tanto por las causas anteriormente mencionadas como por los errores arrastrados al calcular el logaritmo y realizar la recta de ajuste.

El contaje a mitad:

$$N_{1/2} = N_0/2 = 2984,49$$

Interpolando, obtenemos el espesor de semirreducción:

$$X_{1/2} = 66,9\text{mm}$$

El coeficiente de absorción lineal:

$$\mu = \frac{\ln 2}{X_{1/2}} = 0,01\text{mm}^{-1} = 0,1\text{cm}^{-1}$$

El coeficiente de absorción másico, teniendo en cuenta que $\rho_{Al} = 2,7\text{g/cm}^3$:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,1\text{cm}^{-1}}{2,7\text{g/cm}^3} = 0,037\text{cm}^2/\text{g}$$

Según las figuras del guión, el coeficiente de absorción lineal y másico son, aproximadamente:

$$\begin{aligned}\mu &= 0,1\text{cm}^{-1} \\ \mu_m &= 0,02\text{cm}^2/\text{g}\end{aligned}$$

Dadas las dificultades para comprobarlo con exactitud visualmente, pues se trata de escalas logarítmicas, tienen un parecido bastante razonable con las obtenidas experimentalmente.

Calculamos la sección eficaz microscópica, teniendo en cuenta $M_{Al} = 27\text{g/mol}$:

$$\begin{aligned}N(\text{átomos/cm}^3) &= \rho \times \frac{N_A}{M} = 0,1N_A = 6,022 \times 10^{22} \\ \sigma &= \frac{\mu}{N} = \frac{0,1\text{cm}^{-1}}{6,022 \times 10^{22}(\text{átomos/cm}^3)} = 1,66 \times 10^{-24}\text{cm}^2\end{aligned}$$

4. Hierro

Medimos y representamos de la misma forma para el Hierro,

Espesor (mm)	Cuentas
2,5	5793
5	5476
7,5	5038
10	4572
12,5	4274
15	3970
17,5	3600
20	3464
25	2888
30	2428
35	2159
37,5	1959
39	1799

Tabla 3: Radiación según espesor de Hierro

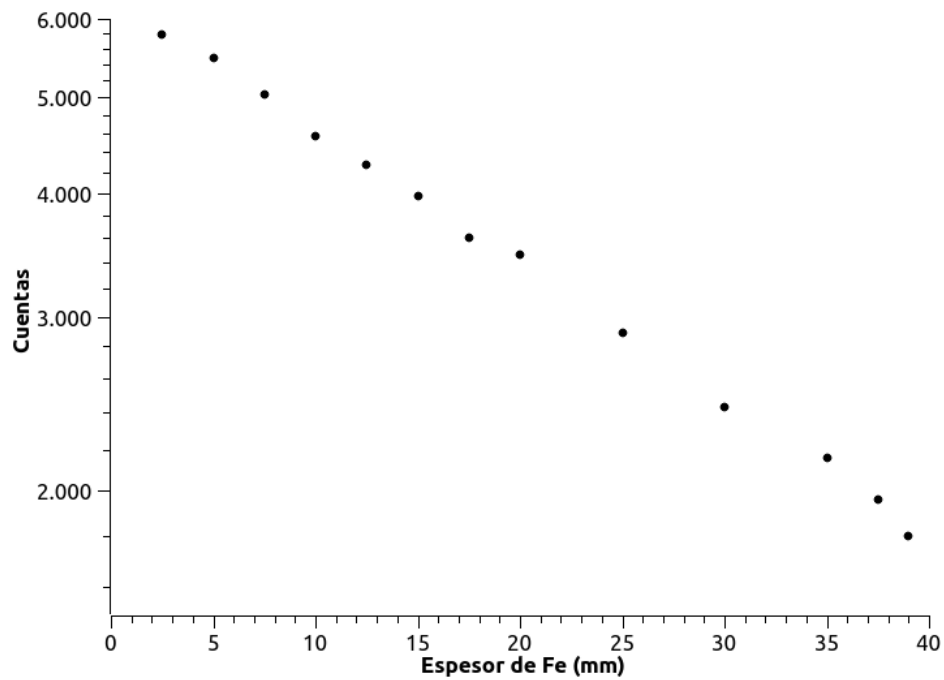


Figura 5: Radiación según espesor de Hierro

Hemos representado en la Figura 5, la radiación medida en función del espesor de Hierro. Para esta gráfica, vemos que se percibe mucho mejor el carácter exponencial que con el Aluminio.

Calculamos ahora su expresión:

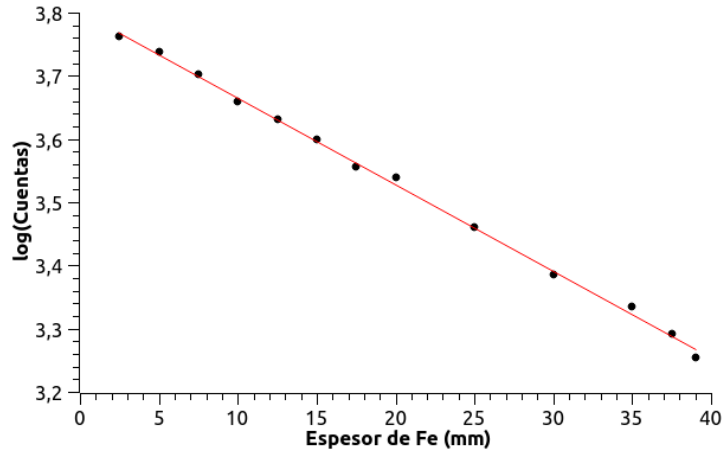


Figura 6: Ajuste del logaritmo de la radiación frente al espesor para el Hierro

$$\log(N) = -0,0137X + 3,8026$$

$$N = 10^{-0,0137X+3,8026}$$

Por tanto, para un espesor nulo,

$$X = 0$$

$$N_{0,Fe} = 10^{3,8026} = 6347,46$$

Comparando este valor extrapolado frente al medido, apenas difieren en un 2 %, que se deberá a los efectos del aire entre placas y errores experimentales.

El conteaje a mitad:

$$N_{1/2} = N_0/2 = 3173,73$$

Interpolando, obtenemos el espesor de semirreducción:

$$X_{1/2} = 22,0\text{mm}$$

El coeficiente de absorción lineal:

$$\mu = \frac{\ln 2}{X_{1/2}} = 0,032\text{mm}^{-1} = 0,32\text{cm}^{-1}$$

El coeficiente de absorción másico, teniendo en cuenta que $\rho_{Fe} = 7,87\text{g/cm}^3$:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = 0,040\text{cm}^2/\text{g}$$

Calculamos la sección eficaz microscópica, $M_{Fe} = 55,845\text{g/mol}$:

$$N(\text{átomos/cm}^3) = \rho \times \frac{N_A}{M} = 8,491 \times 10^{22}$$

$$\sigma = \frac{\mu}{N} = 3,769 \times 10^{-24}\text{cm}^2$$

5. Plomo

Realizamos el mismo proceso para absorbentes de Plomo

Espesor (mm)	Cuentas
0,9	6075
1,8	5799
2,7	5586
3,6	5320
4,5	5078
5,4	4786
7,2	4362
9	3902
10,8	3694
12,6	3146
16,2	2662
19,8	2221
25,2	1707
30,6	1184
36,7	849

Tabla 4: Radiación según espesor de Plomo

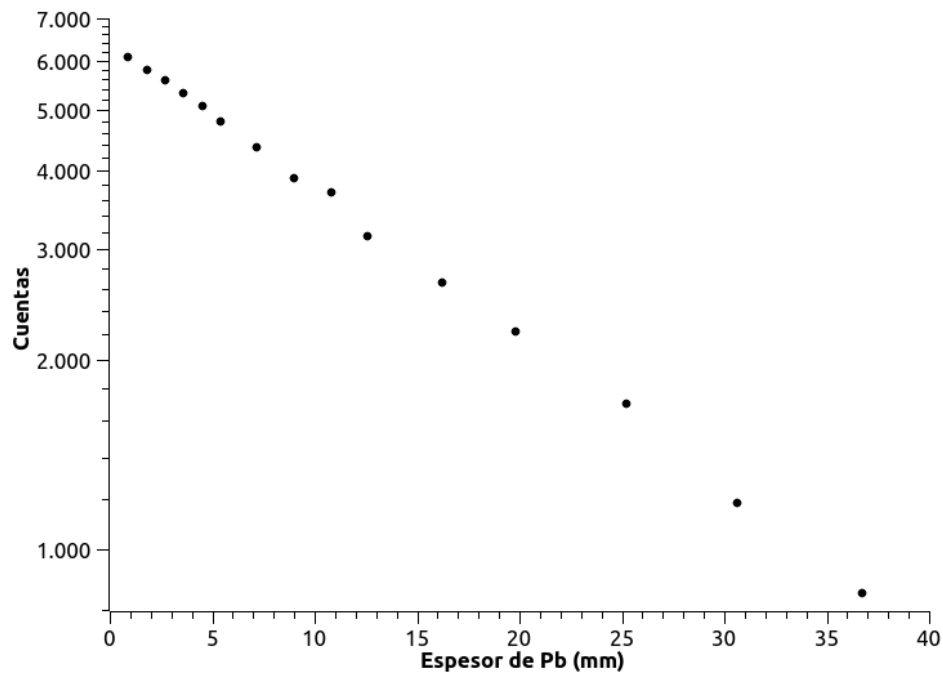


Figura 7: Radiación según espesor de Plomo

Representadas las cuentas medidas en función del espesor de Plomo en la Figura 7, podemos ver claramente su carácter exponencial. El Plomo es el mejor absorbente de los tres, y el amplio rango de mediciones minimiza la influencia de errores.

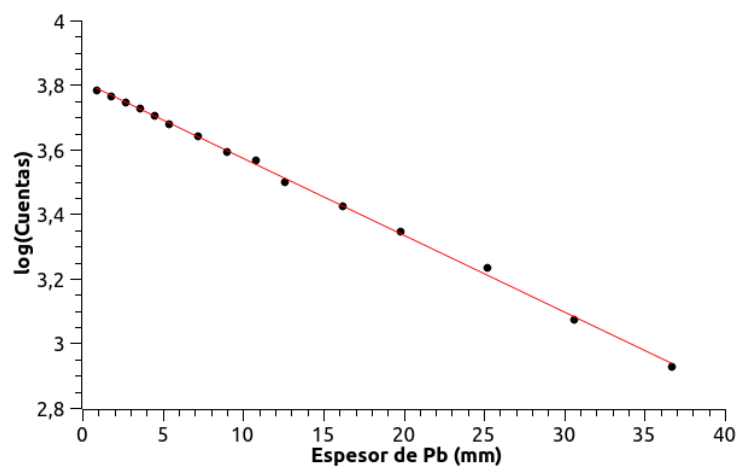


Figura 8: Ajuste del logaritmo de la radiación frente al espesor para el Plomo

$$\log(N) = -0,0238X + 3,8102$$

$$N = 10^{-0,0238X+3,8102}$$

Por tanto, para un espesor nulo,

$$X = 0$$

$$N_{0,Pb} = 10^{3,8102} = 6459,52$$

En este caso, la diferencia entre el valor extrapolado y el medido es de un 1,5 %, que es la menor de las tres, pero no se aleja demasiado de la del Hierro.

El contaje a mitad:

$$N_{1/2} = N_0/2 = 3229,76$$

Interpolando, obtenemos el espesor de semirreducción:

$$X_{1/2} = 12,6\text{mm}$$

El coeficiente de absorción lineal:

$$\mu = \frac{\ln 2}{X_{1/2}} = 0,055\text{mm}^{-1} = 0,55\text{cm}^{-1}$$

El coeficiente de absorción másico, teniendo en cuenta $\rho_{Pb} = 11,34\text{g/cm}^3$:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = 0,048\text{cm}^2/\text{g}$$

Las figuras de los guiones también nos proporcionan una estimación de estos dos coeficientes al interpolar en la gráfica, obteniendo unos valores aproximados de

$$\mu = 0,6\text{cm}^{-1}$$

$$\mu_m = 0,03\text{cm}^2/\text{g}$$

De nuevo, se parecen relativamente.

Calculamos la sección eficaz microscópica, con $M_{Pb} = 207,2\text{g/mol}$:

$$N(\text{átomos/cm}^3) = \rho \times \frac{N_A}{M} = 3,296 \times 10^{22}$$

$$\sigma = \frac{\mu}{N} = 16,69 \times 10^{-24}\text{cm}^2$$

6. Eficiencia

La fuente utilizada se trata de una muestra de Sodio-22

- Tipo de emisión: positrones y radiación gamma
- Numero de cuentas: $L = 61572$
- Actividad inicial: $A_0 = 1\mu\text{Ci}$
- Fecha inicial: 28 septiembre 2022
- Fecha medida: 5 marzo 2024
- Periodo $T_{1/2} = 2,6$ años
- Tiempo de medida: $t = 90\text{s}$
- Fondo: $F = 252$
- Tasa de recuento neta: $A' = (L - F)/t =$

La tasa de recuento neta será:

$$A' = \frac{L - F}{t} = 681,33\text{Bq}$$

La diferencia de tiempo entre el de la actividad inicial y el de la toma de medida es de 1 año y 5 meses, 1,43 años. Por lo tanto la actividad corregida:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t} = 0,684\mu\text{Ci}$$

$$A = 0,684\mu\text{Ci} = 25271\text{Bq}$$

Y por tanto la eficiencia será

$$\varepsilon = \frac{A'}{A} = 0,027 \longrightarrow \varepsilon = 2,7\%$$