

Caracterización de un Contador Geiger-Müller

1. Objetivos de la práctica

1. Determinar la curva característica con la meseta o "plateau" del contador y de su pendiente. Tensión umbral y tensión de operación.
2. Obtener el tiempo de resolución.
3. Determinar la eficiencia del detector, con muestras calibradas.

2. Obtención de la curva característica

La curva característica del detector es una representación de la tasa de cuentas respecto al voltaje aplicado al detector, de modo que podemos ver cómo se relacionan. Estas curvas presentan tres regiones diferenciadas, como las vistas en la Figura 1, y nos da información útil sobre cómo ajustar el voltaje para optimizar el rendimiento del detector según la necesidad específica.

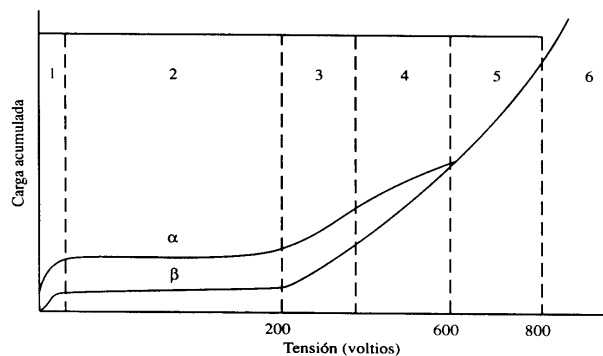


Figura 1: Variación de carga frente tensión aplicada en un detector

Para obtener la curva, colocamos la fuente de Co-60 en la bandeja inferior, y tomamos las medidas durante 90s a lo largo de diferentes voltajes.

Tensión (V)	Cuentas	Bq
700	0	0
720	0	0
740	6	0,067
760	5049	56,1
780	5173	57,478
800	5283	58,7
820	5347	59,412
840	5500	61,111
860	5689	63,211
880	5817	64,633

Tabla 1: Datos para la curva característica

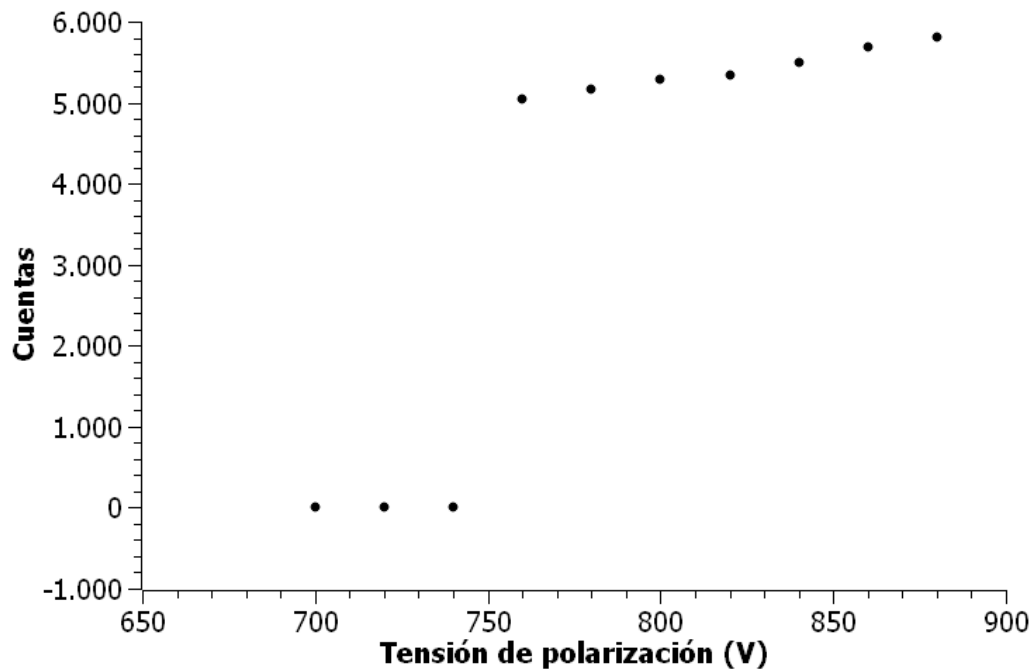


Figura 2: Curva característica

Podemos ver en la Figura 2 que se diferencian dos de las tres zonas de la curva característica. Partiendo de la condición inicial en la que no detecta

nada, hay una zona en la que la radiación aumenta, hasta llegar a la meseta.

Se comienza a detectar actividad en la tensión umbral

$$V_u = 760V$$

La meseta llega desde esta tensión umbral hasta nuestra medida de mayor valor, por lo que

$$V_f - V_i = 880 - 720 = 160V$$

Como la longitud de la meseta es inferior a 200V, aunque cercana, la tensión de trabajo

$$V_{trabajo} = 820V$$

La pendiente relativa al punto medio queda

$$P = \frac{(R_f - R_i)/[(R_f - R_i)/2]}{(V_f - V_i)/100} \times 100 = 11,78(\% \text{ } 100V)$$

Un buen detector puede tener una pendiente del 2-3 %. Nuestro detector lo sobrepasa, debido bien al desgaste, al diseño o a la calibración.

A continuación, vendría un aumento de la carga, pero nuestro aparato aguanta un máximo de 880V por lo que no podemos tratar de medirla.

3. Tiempo muerto y tiempo de resolución

El detector Geiger-Müller es considerado un detector de respuesta rápida a la radiación, debido a su capacidad para amplificar rápidamente las señales de radiación incidente y producir una respuesta eléctrica detectable.

Debido al campo repulsivo por la ionización que produce la primera partícula en torno a los electrodos del detector, este no puede detectar una segunda hasta pasado cierto tiempo (alrededor de $100\mu s$). A este tiempo se le llama **tiempo muerto** (t_m).

Es posible que la amplitud del segundo impulso sea menor que el primero y no se detecte en la unidad de recuento. Al tiempo hasta que se detecte otro impulso se llama tiempo de resolución τ_r .

Pasado cierto tiempo de recuperación t_r se igualan las amplitudes del detector y del impulso inicial.



Figura 3: Detector Geiger-Müller utilizado

Para calcular el tiempo de resolución, que para una sensibilidad fija del receptor será lo mismo que el tiempo muerto, utilizaremos el método de las dos fuentes, mediante el que tomaremos datos de distintas fuentes por separado y en conjunto para deducir el tiempo de resolución mediante la expresión. En este punto es importante que la posición de estas fuentes sea la misma para cada una cuando están separadas que cuando están juntas, ya que la geometría y posición en relación al punto de detección afectará a la cantidad de partículas detectadas.

$$\tau_r = \frac{A'_{12} + F' - A'_1 - A'_2}{A'^2_1 + A'^2_2 - F'^2 - A'^2_{12}}$$

Teniendo en cuenta que seguimos tomando medidas de $t = 90s$

	A'_1	A'_{12}	A'_2	F'
Cuentas 1	5037	6905	1892	47
Cuentas 2	5022	6871	1839	67
Cuentas 3	5070	6777	1883	59
Cuentas 4	5094	6727	1909	43
Promedio	5055,75	6820	1880,75	54
Bq	56,18	75,78	20,90	0,60

Tabla 2: Medidas para el método de las dos fuentes

Obtenemos un tiempo de resolución de

$$\tau_r = 0,000323s = 323\mu s$$

4. Cálculo de la eficiencia

La eficiencia de un detector, ε , se puede definir como el cociente entre el las partículas detectadas y las partículas emitidas realmente por la fuente. El detector Geiger tiene una alta eficiencia para detectar partículas α y β , pero para la radiación γ es mucho menos eficiente.

Para calcular la eficiencia, tomaremos la medida de la emisión de la muestra en un tiempo, corregiremos el fondo, y lo compararemos con la actividad real corrigiendo por su desintegración en la fecha medida:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

Cobalto-60

- Tiempo de medida: $t = 90s$
- Número de cuentas: $L = 5410$
- Fondo: $F = 54$
- Tasa de recuento neta: $A' = \frac{(L-F)}{t} = 59,51Bq$
- Actividad inicial: $A_0 = 1\mu Ci$
- Fecha: 3/11/2022
- Periodo: $T_{1/2} = 5,26$ años
- Actividad corregida: $A = 31397,3Bq$
- Eficiencia: $\varepsilon = \frac{A'}{A} = 0,0020 \longrightarrow \varepsilon = 0,2\%$

Estroncio-90

- Tiempo de medida: $t = 90s$
- Número de cuentas: $L = 20412$
- Fondo: $F = 54$
- Tasa de recuento neta: $A' = \frac{(L-F)}{t} = 226,2Bq$

- Actividad inicial: $A_0 = 0,1\mu\text{Ci}$
- Fecha: 02/2015
- Periodo: $T_{1/2} = 28,1$ años
- Actividad corregida: $A = 2957,4\text{Bq}$
- Eficiencia: $\varepsilon = \frac{A'}{A} = 0,0765 \longrightarrow \varepsilon = 7,65\%$

Nota: los cálculos fueron realizados el 4/03/2024

Podemos ver que hay una diferencia significativa en la eficiencia del detector para ambos casos, un orden de magnitud de diferencia. El motivo de esto es la diferencia en las emisiones de cada material, y el modo en que esta emisión es detectada. El detector Geiger-Müller es relativamente bueno detectando partículas beta de alta energía, pero es peor con las de baja energía por la atenuación que ofrece el material que lo rodea, y la inherente a este.

La eficacia del recuento de radiación gamma depende de la eficiencia de la interacción de la radiación con la pared del tubo, que aumenta con el número atómico del material de la pared. Comúnmente se usa hierro cromado, que suele ofrecer una eficiencia en torno al 1 %.

El detector puede saturarse con altas tasas de recuento de radiación, ya que se generan muchos electrones libres en rápida sucesión dentro del detector, lo que produce pulsos demasiado pequeños que el sistema electrónico no detecta. Esto provoca situaciones en las que las medidas muestran lecturas muy bajas de radiación en situaciones en las que hay mucha.

La eficiencia también puede verse afectada por la distancia de las muestras (por la atenuación del aire), el tipo de pantalla, y la geometría de la muestra como indicamos anteriormente.

En vista de los resultados obtenidos, el Cobalto-60 está produciendo una saturación sobre el detector, por sus altas emisiones de partículas gamma. El Estroncio-90 en cambio tiene una eficiencia razonable, debido a que este detector está mucho mejor preparado para detectar las partículas beta que emite.