

Objetivo

- Estudiar la curva característica del tubo G.M
- Medir el tiempo muerto del tubo G.M
- Encontrar la relación existente entre la intensidad de radiación y la distancia de la fuente.

Materiales

- Contador Geiger-Müller
- Tubo G.M
- Fuentes de Radiación

Introducción

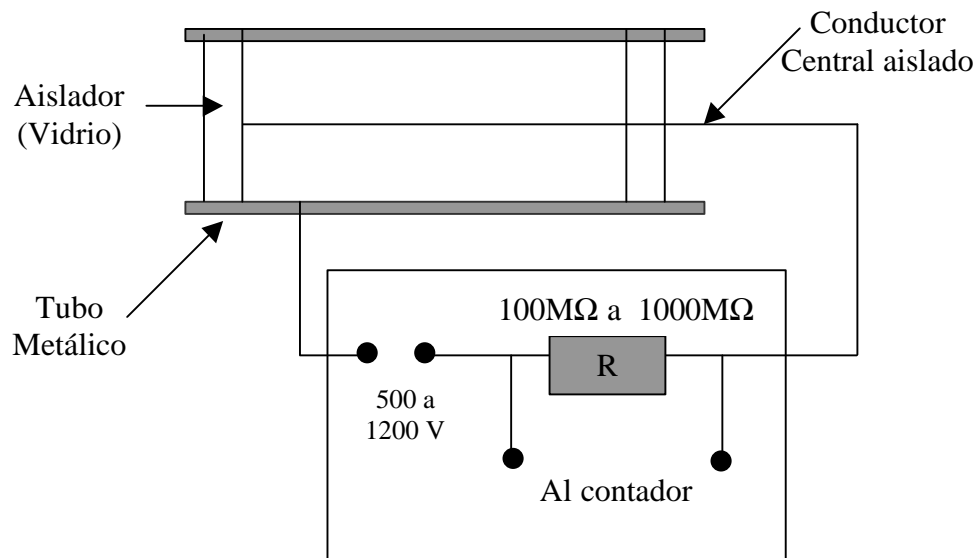
Los físicos Pierre y Marie Curie llevaron a cabo gran parte de las investigaciones básicas que pavimentaron el camino de la radioactividad. Después de muchos años de investigación estos científicos identificaron varios tipos de partículas resultantes de procesos radioactivos (radiación). Los tres tipos distintos de radiación son: Alfa, Beta y Gama. Las partículas alfa son núcleos de helio ($2p, 2n$) y pueden ser detenidas por una hoja de papel, las partículas beta son electrones rápidos y pueden ser detenidas por aluminio y las gama son ondas electromagnéticas (haz de fotones) que pueden ser detenidas con un bloque de plomo.

Funcionamiento del Tubo Contador

El C.G.M. está formado por un tubo metálico herméticamente cerrado, en cuyo interior se ubica un conductor aislado (filamento de tungsteno), en la misma dirección del eje del tubo. Ese filamento es el ánodo. El cátodo es una capa fina de acero inoxidable que cubre la cara interior del cilindro y que sirve de cátodo. El cátodo está conectado a la tierra. En el interior del tubo se encuentra el gas argón a una presión de 260 mmHg, mezclado con algunos vapores orgánicos.

La alta tensión entre el cátodo y el ánodo ocasiona en las cercanías del filamento un campo eléctrico de gran intensidad. La tensión debe elegirse de manera de que no se produzca descarga espontánea

Una resistencia de $100\text{ M}\Omega$ a $1000\text{ M}\Omega$ limita la corriente en caso de producirse una descarga a través del gas enrarecido.



La descarga luminiscente que dentro de poco tiempo rodea el filamento anódico debe producirse solamente a causa de la incidencia de partículas ionizadoras (alfa o beta) o rayos gamma. La descarga origina la existencia de una corriente a través de la resistencia, lo que provoca una caída de potencial entre sus extremos. Esto hace bajar la tensión entre el conductor central y las paredes del tubo de modo que la descarga cesa. A continuación la tensión adquiere nuevamente su valor inicial. Después de transcurrido el tiempo necesario para este proceso (tiempo muerto) el tubo se encuentra preparado para recibir nuevas partículas.

La adición de vapores orgánicos como Formiato de Etilo, Bromo o Cloro tiene por objeto:

- Evitar que los iones positivos lleguen al cátodo con la energía suficiente para arrancar de él mas electrones que generen pulsos de descargas.
- Absorber fotones emitidos por átomos excitados que vuelven a su estado fundamental, los que podrían también generar este tipo de pulsos.

Parte I: Curva característica de un Tubo Geiger Müller

Introducción

Para el funcionamiento del tubo contador tiene gran importancia la curva característica. Se llama así a la gráfica que representa la función entre el número de impulsos de descarga (producidos por la misma fuente y en el mismo intervalo de tiempo) y la tensión aplicada al tubo.

Procedimiento

- ① Monte el tubo G.M. en su soporte y ubique una fuente de Co-60 de 1 μC a unos 2 cm de el.
- ② Aumente gradualmente la diferencia de potencial entre los electrodos del tubo hasta que comiencen a ser detectados los pulsos de corriente. Realice las mediciones hasta el voltaje maximo de 1100 V.
- ③ Para disminuir los efectos del azar, característico en todos los procesos de desintegración espontánea de la materia, determine el conteo por segundo observando durante 1 or 2 minutos, las partículas detectadas.

⚠️**PRECAUCION** : La diferencia de potencial sobre los electrodos del tubo no deben sobrepasar los 1100 V, para evitar daños irreparables en el tubo

- ④ Realice un gráfico de potencial aplicado vs numero de cuentas por seg.

Análisis

- ① A partir de la curva obtenida, explique que sucede en la primera parte de la curva (ascenso). ¿Qué sucede con el funcionamiento del tubo contador en esta zona?.
- ② A partir de la curva obtenida, explique que sucede en la segunda parte de la curva (Plateau). ¿Qué sucedería con el tubo mas allá de esta zona?.
- ③ Según lo observado en la curva, ¿Cuál es la zona mas apropiada para el funcionamiento del tubo?. Fundamente su respuesta.
- ③ *Hable con el professor o ayudante antes de seguir.*

Parte II: Tiempo Muerto del Contador Geiger Müller

Introducción

Cuando una partícula ha provocado la ionización del gas en el interior del tubo G.M, se produce un intervalo de tiempo llamado “ tiempo muerto”. Durante éste intervalo el tubo no reacciona al paso de otras partículas por su interior. Entonces cuando el numero de cuentas es muy alto hay que ajustarlo para tomar en cuenta el tiempo muerto. El tiempo muerto se debe a que la acumulación de iones causa una disminución del campo eléctrico entre los electrodos del tubo G.M. después de la descarga iónica, el campo eléctrico comienza a recuperarse.El “tiempo muerto” puede llegar a centenares de microsegundos.

Para medir el tiempo muerto hay que comparar el numero de cuentas por segundo con dos fuentes juntos ($R_{(a+b)}$) con el numero de cuentas por segundo con los dos fuentes separados (R_a , R_b). En este caso el tiempo muerto es dado por

$$T_m = R_a + R_b - R_{(a+b)} / 2R_a \cdot R_b \quad (1)$$

Procedimiento

1. Ubique dos fuentes de $5.0\mu\text{Ci}$ de Cs 137 a una distancia del contador para obtener mas de 10000 cuentas por minuto.
2. Haga un medicion bueno de la tasa de conteo. Ese es $R_{(a+b)}$.
3. Saque una de las fuentes (sin mover el otro) y haga un medicion de la tasa de conteo de la otra. Ese es R_a .
4. Reponga la fuente que sacó en su posicion original y saque el otro. Haga un medicion bueno del numero de cuentas por minuto. Ese es R_b .
5. Usando ec 1 calcule el tiempo muerto del contador.

Corrección de pérdidas por Tiempo Muerto

Llamémos “ t ” (seg.) al intervalo de tiempo entre la detección de una partícula y el instante en que se ha recuperado el tubo G.M. y está listo para una nueva detección. Esto quiere decir que por cada detección registrada, se pierden “ t ” seg. Entonces si la tasa de conteo observada es de n cuentas por segundo, el tiempo perdido por segundo es $n \cdot t$. Luego el tiempo útil de conteo por segundo es:

$$\text{Tiempo útil} = 1 - n \cdot t \text{ (seg)}$$

El conteo observado y el número real de partículas que llegaron al contador deben estar en la misma razón que el tiempo útil y el tiempo total. Si designamos por N al número corregido por segundo, se tiene:

$$\frac{N}{n} = \frac{1}{1 - n \cdot t}$$

Parte III: Relación entre Intensidad de Radiación y Distancia al Punto Origen de ella

Introducción

La intensidad de radiación en un punto del espacio puede apreciarse por el número de partículas detectadas mediante un contador Geiger-Müller en un determinado tiempo, según la variación de distancia que exista entre la fuente radiactiva y el contador.

Procedimiento

Se denomina “Background” a la radiación que es posible detectar con un contador G.M, sin que exista una fuente radiactiva. Siempre está la posibilidad de que haya pequeñas cantidades de algún elemento radioactivo (C14, K40, etc.).

1. Antes de comenzar las mediciones es conveniente poder apreciar que tan bajo es el “Background”, conecte el C.G.M y déjelo funcionando por un lapso de unos 10 min., y luego calcule las cuentas por minutos.
2. Coloque el tubo G.M en posición vertical, a una distancia de aproximadamente 25 cm con respecto a la fuente de radiación.
3. Determine el número de partículas detectadas en cierta unidad de tiempo.
4. Comience a variar la distancia disminuyéndola.

El tiempo de contar en 3 y 4 debería ser suficiente para obtener un error estandar de menor que 2% o 5 minutos, cualquiera que sea mas corto.

5. Confeccione un gráfico con los valores obtenidos y sus errores (vea el apéndice) del punto anterior.

Análisis

1. Trate de estimar una relación matemática que represente los datos medidos en la experiencia. Suponga que el número de cuentas caiga con una curva de la forma x^n , donde x es la distancia de la fuente. Encuentra el valor (con error) de n utilizando la teoría de mínimos cuadrados.
(Ayuda: ¿Cuál es la pendiente de un gráfico de tipo log-log).
2. ¿Cuál valor de n se espera? Si su valor no corresponde explique porque. (Ayuda: Piensa en el largo del contador.)
3. ¿Qué sucede cuando la distancia entre la fuente radiactiva y el tubo contador es muy pequeña? (pocos milímetros). Explique.

Apéndice: Estadísticas de la Radiación

La emisión de la radiación es un proceso aleatorio que sigue las estadísticas de Poisson.

Una propiedad muy útil de las estadísticas de Poisson es que la desviación estándar es igual al raíz del promedio.

$$S = \sqrt{x}$$

Esta relación podemos usar para calcular el error en nuestras mediciones.

Por ejemplo si se mide las cuentas de una fuente por 10 minutos y obtiene 5000 counts, ¿cuáles son las cuentas por minuto?

El promedio de las cuentas por minuto = $5000/10=500$ cuentas por minuto.

El error es dado por

$$dx = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{x}{n}}$$

donde n es el número de mediciones de las cuentas por minuto. En este caso tenemos una medición de 10 minutos, es equivalente a 10 mediciones de un minuto, entonces $n=10$ y $\delta x=7$.

Las cuentas por minuto son 500 ± 7 .