



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE FÍSICA



Vida Media

Elaborado por: Roger Ponce y Jonathan Fiallos

Introducción

La radiactividad, descubierta por primera vez en 1896 por Henri Becquerel, es un fenómeno en el cual la radiación es emitida por el núcleo de los elementos. Esta radiación puede darse en forma de partículas, radiación electromagnética o ambas. Pero esta radiación no es para siempre, sino que el tiempo que dure su emisión depende del elemento que la produzca.

Objetivos

1. Medir cuanto es el conteo producido por la radiación de fondo.
2. Calcular la constante de decaimiento del elemento Sr-90.
3. Calcular los diferentes tiempos transcurridos entre las diferentes mediciones.
4. Trazar una gráfica de conteos vs. tiempo.

Materiales y Equipo

- Contador Geiger ST-160
- Pastilla radiactiva de Estroncio (Sr-90)
- Atenuadores

Marco Teórico

El proceso de decaimiento o desintegración radiactiva es un fenómeno estadístico, implicando que los resultados varían según la probabilidad que tengan de ocurrir. No es posible saber cuando un átomo en particular se desintegrara, pero en una colección grande de átomos se puede predecir la proporción que se desintegrara en un determinado tiempo. Las matemáticas del decaimiento radiactivo esta basado en el simple hecho de que los números de átomos desintegrados por unidad de tiempo ($\Delta N/\Delta t$) es proporcional al numero de átomos radiactivos (N) presentes. Esta tasa de decaimiento la podemos nombrar como *actividad* de un material radiactivo y se representa con la letra **A**. Simbólicamente:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N \quad \text{o} \quad \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N = A \quad (1)$$

donde λ es una constante de proporcionalidad llamada *Constante de decaimiento*. El signo menos indica que el numero de átomos radiactivos decrece con el tiempo. Si ΔN y Δt son muy pequeños podemos resolver la ecuación y obtener el siguiente resultado:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

donde N_0 es el número inicial de átomos radiactivos. Esta ecuación (2) es conocida como ecuación exponencial para el decaimiento radiactivo. Similarmente, esta ecuación puede expresarse en términos de actividad:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

donde A es la actividad restante al tiempo t , y A_0 es la actividad original igual a λN_0 . La unidad de actividad es el curie (Ci), definido como:

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ desintegraciones/segundo (dps)}$$

Las unidades del SI para la actividad es el becquerel (Bq). El becquerel es una unidad mas pequeña pero mas básica que el curie y se define como:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps} = 2.70 \times 10^{-11} \text{ Ci}$$

Periodo de semidesintegración y vida media

El termino *periodo de semidesintegración* ($T_{1/2}$) de una sustancia radiactiva esta definido como el tiempo requerido para que la actividad o el número de átomos radiactivos decaigan hasta la mitad del valor inicial. Por sustitución $N/N_0 = 1/2$ en la ecuación 2 o $A/A_0 = 1/2$ en la ecuación 3, a $t = T_{1/2}$ tenemos:

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \text{o} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

donde $\ln 2 = 0.693$, entonces:

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} \quad (4)$$

La vida media es el promedio de vida para el completo decaimiento de los átomos radiactivos. Sin embargo, en teoría, esto tomaría una cantidad infinita de tiempo para que todos los átomos decaigan. El concepto de vida media (T_a) puede entenderse en términos de una fuente imaginaria que decae a una tasa constante igual a la actividad inicial y produce el mismo número total de desintegraciones como lo da el decaimiento exponencial de la fuente del tiempo $t = 0$ a $t = \infty$. Porque la actividad inicial es $A_0 = \lambda N_0$ y el número total de desintegraciones tiene que ser igual a N_0 , tenemos:

$$T_a \lambda N_0 = N_0 \quad \text{o} \quad T_a = \frac{1}{\lambda} \quad (5)$$

Comparando las ecuaciones 4 y 5, obtenemos la siguiente relación entre periodo de semidesintegración y vida media:

$$T_a = 1.44 T_{1/2} \quad (6)$$

Contador Geiger-Müller

Para poder realizar mediciones de decaimientos por segundo (dps) o por otra unidad de tiempo, es necesario tener un dispositivo capaz de detectar la cantidad de partículas que un material esta emitiendo. En este caso, se utilizara un contador Geiger-Müller.

El contador Geiger-Müller es un detector de radiación que contiene un gas que se ioniza al paso de la misma, de forma que cuenta el número de partículas o fotones independientemente de su naturaleza o de su energía. Su funcionamiento se basa en que en el momento en que una partícula o fotón ioniza el gas crea un ion positivo, los cuales son desplazados hacia dos electrodos al aplicar un voltaje, creando una corriente que es medida por el dispositivo. Según el valor de corriente medida, se determina la cantidad de partículas detectadas.



Figura 1: Contador Geiger-Müller ST-160

El contador Geiger-Müller presenta diversas condiciones que se deben tomar en cuenta al realizar mediciones, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

1. **Radiación de Fondo:** El contador Geiger-Müller no detecta solamente la radiación emitida por la fuente que se mida, sino que detecta toda la radiación que se encuentra en la naturaleza. Es necesario, por lo tanto, realizar mediciones para establecer un valor fijo para dicha radiación y poder despreocuparla.
2. **Tiempo Muerto:** Debido al funcionamiento del contador Geiger-Müller, existe un tiempo muy pequeño en donde este no puede registrar ninguna partícula. Este problema es intrínseco al dispositivo y solamente se puede realizar un ajuste para poder obtener el valor verdadero de conteos. Este problema afecta sobre todo en mediciones donde se contabilicen grandes cantidades de partículas (a partir de miles de partículas se evidencia una diferencia apreciable).
3. **Zona Operativa:** Cada contador Geiger-Müller tiene un voltaje específico para poder detectar las partículas radiactivas. Abajo de este voltaje, los iones no generan la corriente suficiente para poder detectarla y arriba de ese voltaje, los iones generarán una segunda generación de iones (ionización secundaria) que aumentará el conteo en las mediciones distorsionando los datos.

1. Procedimiento

En la siguiente práctica se intentará medir la cantidad de partículas emitidas conforme el material decae. Debido a que el Sr-90 tarda más de 28 años en decaer, se utilizarán placas como atenuadores que simulen periodos de tiempo. A continuación se explica con más detalle cómo se realizará dicho procedimiento.

- 1) Conectar el medidor ST-160 a una fuente de voltaje de 110 v.
- 2) Encender el medidor ST-160. El botón de encendido se encuentra en la parte posterior del aparato.
- 3) En el medidor ST-160 observaremos una serie de botones (COUNT, STOP, H.V., TIME, UP, DOWN), además de una pequeña pantalla, con los cuales haremos una configuración sencilla.
 - a) Buscamos el botón con las siglas H.V. (Alto Voltaje), luego presionamos el botón UP seguidamente hasta llegar a 380, presionamos nuevamente H.V.
 - b) Presionamos el botón TIME, después presionamos UP hasta llegar a 20. Presionamos finalmente dos veces el botón TIME.

- c) Ahora tenemos configurado el medidor ST-160; cada vez que presionemos el botón COUNT este se detendrá pasados 20 segundos y mostrara en pantalla el dato de conteos (núcleos/segundo). Al volver a presionar el botón COUNT, el medidor vuelve a dar los conteos desde cero. De esta manera presionamos dicho botón cada vez que deseemos una medición.
- 4) Realizar una medición de la radiación de fondo. Esta se hará realizando una medición sin colocar ninguna pastilla radiactiva. Se realizaran 5 mediciones y se sacara un promedio.
 - 5) Colocar dentro del panel del medidor una pastilla radiactiva de Sr-90, en la segunda ranura (de abajo hacia arriba).
 - 6) Medir la cantidad de conteos sin placa entre el medidor y la pastilla radiactiva; conteos para un tiempo igual a cero. Realizar 5 mediciones y luego sacar un promedio.
 - 7) Una vez realizadas las mediciones sin ninguna placa, se toman 4 placas (una de cada material disponible); poner una placa en la ranura que está arriba de la muestra de estroncio y realizar de nuevo 5 mediciones.
 - 8) Colocar de nuevo otra placa arriba de la placa indicada en el inciso (f), realizar 5 mediciones.
 - 9) Poner la tercera placa encima de las anteriores, realizar 5 mediciones. Poner la última placa en la siguiente ranura y realizar otra vez 5 mediciones.
 - 10) Recuerde realizar 5 mediciones para cada placa y sacar el promedio de cada una de las mediciones. Anotar los datos en el cuadro 1.
 - 11) Esperar 1 minuto aproximadamente cada vez que agregue una placa para realizar mediciones.
 - 12) Una vez tomados los datos se apaga y guarda debidamente el equipo.

No. de Medición	Placa	Conteos (núcleos/segundo)					Promedios
1	Vacío (N_0)						
2	Sin Placa (N)						
3	Placa #1 (N)						
4	Placa #2 (N)						
5	Placa #3 (N)						
6	Placa #4 (N)						

Cuadro 1: Tabla de Datos

Procesamiento de Datos

1. En la muestra utilizada está registrada la vida media (en años) del isótopo usado, convertir esa vida media a segundos y calcular la constante de decaimiento λ . Usando la ecuación (4) obtenemos:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (7)$$

2. De la ecuación (2) se realiza un despeje usando leyes de logaritmos para obtener:

$$t = t_0 - \frac{1}{\lambda} \ln(N/N_0) \quad (8)$$

3. Con la ecuación (8) y los datos de la tabla 1 podemos realizar el cálculo para los tiempos transcurridos t y anotarlos en la tabla 2.

No. de Medición	Placa	Conteos promedio	Tiempo (en años)
1	Sin Placa		
2	Placa #1		
3	Placa #2		
4	Placa #3		
5	Placa #4		

Cuadro 2: Tabla de Datos 2

4. Con los datos obtenidos durante las mediciones (solamente los promedios) se realizara una gráfica del número de conteos promedio vs. tiempo transcurrido utilizando Excel. Aquí una pequeña ayuda en caso de no saber utilizar Excel: <https://www.youtube.com/watch?v=fUeKHh1vYtw>

Cuestionario

1. ¿Qué comportamiento presentan los datos promedios de conteos y de tiempo transcurrido?
2. ¿Qué forma tiene la gráfica de conteos vs tiempo transcurrido? Explique.
3. Calcule cuanto tiempo ha transcurrido entre cada tiempo simulado y exprese el resultado final en años.
4. Calcular el tiempo transcurrido entre la primera placa y la última placa, expresar su resultado en años. Describa en un párrafo de no menos de 5 líneas lo que entiende de los resultados obtenidos en el inciso (3) y (4).
5. En la ecuación exponencial producida por Excel, en la parte del exponencial, hay un factor (un numero) que debe resultar familiar, dicho factor corrobora nuestros datos. Identifique el factor y explique que representa.
6. Vea los datos que aparecen en la pastilla, fecha de fabricación y actividad, calcule la actividad de la pastilla para el día de la práctica de laboratorio.
7. Mencione algunas aplicaciones que tiene la vida media en la medicina.
8. Mencione algunas aplicaciones de la constante de decaimiento en la medicina.
9. Como podría mejorarse la experiencia de laboratorio si se tuviera una pastilla radiactiva de menor vida media que la que se usó en la práctica de laboratorio.

Bibliografía

1. Faiz M. Khan (2003), *The Physics of Radiation Therapy*, Lippincott Williams & Wilkin.