

**Física de Radiaciones 1**  
**Hoja 6 - 2023 – Instituto de Física**

- Es posible obtener un elemento radioactivo a partir de uno no radioactivo mediante el bombardeo con neutrones. Considerando que el radioisótopo se genera a ritmo constante (para lo cual el número de isótopos no radioactivos no debe variar significativamente durante el tiempo de bombardeo), determine una expresión para la actividad del mismo a partir de los siguiente datos:

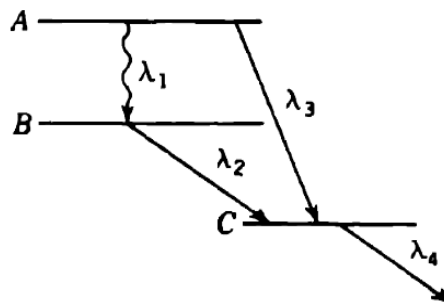
$\phi$ : número de neutrones que inciden por  $\text{cm}^2$  y segundo

$\sigma$ : sección eficaz de absorción de neutrones para el núcleo blanco

$N$ : número de núcleos blanco

Si una muestra de 20 g de  $^{59}\text{Co}$  ( $\sigma = 36$  barns) es colocada en un reactor y bombardeada por un flujo de neutrones térmicos de  $10^{14}$  neutrones/ $\text{cm}^2/\text{s}$ , ¿qué radionucleido se formará por absorción de un neutrón y en cuanto tiempo la actividad de este será un 90% de la actividad máxima?

- Para la serie del radón  $^{222}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} B \xrightarrow{\alpha} C \xrightarrow{\alpha} D \xrightarrow{\alpha} E \xrightarrow{\alpha}$  los valores de las constantes de decaimiento son  $\lambda_{\text{Rn}} = 0,021$ ,  $\lambda_B = 37,9$ ,  $\lambda_C = 4,31$ ,  $\lambda_D = 5,86$ ,  $\lambda_E = 4 \times 10^{11}$  en unidades de  $10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Determine quiénes son los radionucleidos B, C, D y E, y el cociente entre la actividad del elemento D y la del  $^{222}\text{Rn}$ .
- Para el siguiente esquema de decaimiento:



- Determine la actividad de los elementos B y C si inicialmente en  $t = 0$  el número de átomos  $A = A_0$  y  $B = C = 0$ .
  - Muestre que si la transición con  $\lambda_3$  no es posible se recuperan las ecuaciones conocidas.
- Un modelo semiclásico para calcular la constante de decaimiento de la emisión gamma se basa en considerar que esta es producida por un protón en el núcleo que presenta un movimiento armónico ( $x(t) = x_0 \cos(\omega t)$ , ídem para  $y(t)$  y  $z(t)$ ), que la energía de la transición es  $E_\gamma = \hbar\omega$  y que la potencia media emitida puede aproximarse por  $\bar{P} = E_\gamma/\tau$ , siendo  $\tau$  la vida media del estado. Pruebe, a partir de la fórmula de Larmor en la aproximación dipolar eléctrica que  $\lambda \simeq \frac{e^2 R^2 E_\gamma^3}{12\pi\epsilon_0 \hbar^4 c^3}$ . Observe que no depende de la masa del núcleo. Calcule la vida media de un estado de 1 MeV para un núcleo de radio típico 1 fm. Compare con algunos decaimientos gamma

nucleares en las tablas de radioisótopos. En particular, ¿la proporcionalidad con  $E_\gamma^3$  se cumple?

5. El radioisótopo  $^{24}\text{Na}$  de  $T_{1/2} = 14,8$  h puede ser producido por bombardeo de neutrones en  $^{23}\text{Na}$ . Si la tasa de producción de  $^{24}\text{Na}$  es  $10^8 \text{ s}^{-1}$  y el bombardeo comienza con una muestra pura de  $^{23}\text{Na}$ :
  - a. Calcule la máxima actividad de  $^{24}\text{Na}$  (en Ci) que se puede producir.
  - b. Determine el tiempo de operación necesario para producir 90% de la actividad máxima. Ídem para 95% y 98%.
  - c. Grafique este cociente: tiempo de operación / % de la actividad máxima, e indique un tiempo de operación conveniente si el objetivo es obtener una alta actividad.
  - c. Calcule el número de átomos radioactivos de  $^{24}\text{Na}$  que quedan luego de 3 h de terminar el bombardeo.
6. Las teorías de gran unificación de las fuerzas fundamentales predicen que el protón no es una partícula estable, sino que tiene una vida media muy grande. Si la vida media del protón es  $10^{33}$  a, indique el número de protones que se espera ver decaer en un año en un detector de  $10^3$  toneladas de agua.
7. Un volumen de  $10 \text{ cm}^3$  de tritio  $^3\text{H}_2$  gaseoso a PTN disipa  $3,11 \text{ J/h}$ . Calcule la actividad del tritio y la energía media de las partículas beta que emite, asumiendo que emite una sola por transición.