

Examen 4

Entrega: 6 de diciembre de 2023

Problema 1

En el conflicto de Israel-Palestina, Estados Unidos desplegó el portaaviones USS Gerald R. Ford para intimidar a los palestinos. El portaaviones cuenta con dos reactores nucleares A1B que generan 700 MW térmicos con eficiencia de 33 % cada uno, de Estados Unidos a la costa de Israel recorrió 10 853.42 km a una velocidad de 56 km/h, ¿Cuántos kg de ^{235}U se consumieron? (Considera que el 15 % de neutrones absorbidos se pierden en captura radiactiva.)

Problema 2

Como el tiempo de vida media de ^{235}U (7.13×10^8 años) es menor al tiempo de vida media de ^{238}U (4.51×10^9 años), la abundancia de ^{235}U ha ido decreciendo en la Tierra. ¿Hace cuánto tiempo la abundancia isotrópica del ^{235}U era igual a 3 %? Este porcentaje es el enriquecimiento que se usa en algunas plantas nucleares.

Solución

La actividad de un material al tiempo t está definida por

$$\mathcal{A}(t) = \mathcal{A}_0 e^{-\lambda t}. \quad (2.1)$$

Sabemos que el ^{238}U es más abundante que el ^{235}U , tal que una muestra uranio contiene un 99.28 % de ^{238}U y un 0.72 % de ^{235}U . Y puesto que queremos determinar cuando la abundancia era del 3 % para el ^{235}U y, por ende, la abundancia del ^{238}U era del 97 %, su expresión para la actividad es

$$\mathcal{A}(t) = \frac{0.72}{99.28} = \frac{3}{97} e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t},$$

donde λ_1 es la constante de desintegración del ^{235}U y λ_2 es la constante de desintegración del ^{238}U .

Resolviendo para t se obtiene que

$$\begin{aligned} t &= \frac{\ln\left(\frac{99.28}{0.72}\right)}{\ln\left(\frac{97}{3}\right)} \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2}, \\ &= \frac{\ln\left(\frac{99.28}{0.72}\right)}{\ln\left(\frac{97}{3}\right)} \frac{1}{9.7 \times 10^{-10} \text{ años} - 1.5 \times 10^{-10} \text{ años}}, \end{aligned}$$

$$t = 1.73 \times 10^9 \text{ años.}$$

Por lo que aproximadamente hace 1.73 billones de años la abundancia isotrópica del ^{235}U era del 3 %.

Problema 3

¿Qué masa de hidrógeno necesitas para generar 1 MWD?

Problema 4

Se te da una muestra de madera proveniente de una excavación en Tlatelolco, su masa es de 10 g y su actividad es de 2.35 Bq ¿qué tan antigua es la muestra?

Solución

Queremos determinar la antigüedad de la muestra, por lo que es necesario conocer λ y la actividad inicial \mathcal{A}_0 ; pero primero resolvemos (2.1) para t ,

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{\mathcal{A}_0}{\mathcal{A}} \right). \quad (4.1)$$

Sabemos que la actividad inicial para materiales a base de carbono se obtiene a partir de

$$\mathcal{A}_0 = \lambda N_0 = \lambda \left(\frac{N_A}{A} \times m \times \frac{\#^{14}\text{C}}{\#^{12}\text{C}} \right)$$

con N_A el número de Avogadro, m la cantidad de muestra y $\#^{14}\text{C}/\#^{12}\text{C} = 1.3 \times 10^{-12}$.

La vida media del ^{14}C es de

$$\begin{aligned} t_{1/2} &= 5730 \text{ años,} \\ t_{1/2} &= 1.8 \times 10^{11} \text{ s.} \end{aligned}$$

Tal que el valor de λ es

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{1.8 \times 10^{11} \text{ s}}$$

$$\lambda = 3.85 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}. \quad (4.2)$$

Por lo que la actividad inicial de 10 g de madera es de

$$\mathcal{A}_0 = (3.85 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}) \left(\frac{6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{12 \text{ g/mol}} \times 10 \text{ g} \times 1.3 \times 10^{-12} \right),$$

$$\mathcal{A}_0 \simeq 2.51 \text{ Bq.} \quad (4.3)$$

Sustituyendo (4.2) y (4.3) en (4.1) la antigüedad de la madera es de

$$t = \frac{1}{3.85 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}} \ln \left(\frac{2.51 \text{ Bq}}{2.35 \text{ Bq}} \right),$$

$$\simeq 1.7 \times 10^{10} \text{ s},$$

$$t = 551 \text{ años.}$$

Problema 5

Si cada fisión del ^{235}U genera en promedio 2.5 neutrones de energías térmicas (aproxima a 1 eV) ¿qué cantidad de ese combustible es necesario para recibir una dosis alta de (5 Sv) en una persona de 80 kg de peso (solo proveniente de neutrones)?
