

Osvaldo Uriel Calderón Dorantes,
316005171
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México

Seguridad Radiológica
osvaldo13576@ciencias.unam



TAREA 3 & TAREA 4

24 de marzo de 2022

TAREA 3

Recolectamos los datos de las energías máximas para las β y α en cada radionúclido desde la página [IAEA](#)

Radionúclido	Modo de Decaimiento	$E_{\text{máx}} [MeV]$	URL
^{18}F	β^+	$E_{\beta \text{ máx}} = 0.6335 [MeV]$	Ver espectro
^{14}C	β^-	$E_{\beta \text{ máx}} = 0.156475 [MeV]$	Ver espectro
^{32}P	β^-	$E_{\beta \text{ máx}} = 1.71066 [MeV]$	Ver espectro
^{131}I	β^-	$E_{\beta \text{ máx}} = 0.8069 [MeV]$	Ver espectro
^{222}Rn	α	$E_{\alpha \text{ máx}} = 5.48948 [MeV]$	Ver energía
^{225}Ac	α	$E_{\alpha \text{ máx}} = 5.832 [MeV]$	Ver energía

Tabla 1

Observamos que los radionúclidos cuyo modo de decaimiento dominante es la ecuación β están dentro del rango

$$0.01 [MeV] \leq E_{\beta \text{ máx}} \leq 2.5 [MeV]$$

empleamos la ecuación 1 para calcular el alcance en aire

$$R_{\beta, \text{aire}} = \frac{412 E_{\beta \text{ máx}}^{1.265 - 0.0954 \ln(E_{\beta \text{ máx}})}}{\rho_m} \quad (1)$$

y el alcance en algún tejido, por ejemplo, el tejido biológico humano ρ_t dada en la ecuación 2

$$R_{\beta, \text{tejido}} = R_{\beta, \text{aire}} \frac{\rho_m}{\rho_t} \quad (2)$$

y para los radionúclidos con modo de decaimiento dominante α están dentro del rango

$$4 [MeV] \leq E_{\alpha \text{ máx}} \leq 8 [MeV]$$

se emplea la ecuación 3 para calcular el alcance en aire

$$R_{\alpha, \text{aire}} = 1.24 E_{\alpha \text{ máx}} - 2.62 \quad (3)$$

y para el alcance en tejido se emplea la ecuación 4

$$R_{\alpha, \text{tejido}} = R_{\alpha, \text{aire}} \frac{\rho_m}{\rho_t} \quad (4)$$

Las ecuaciones anteriores toman energía en unidades de $[MeV]$ y para la densidad $[mg/cm^3]$ para obtener los alcances en $[cm]$. Donde la densidad en aire es $\rho_m = 1.293 [mg/cm^3]$ y la densidad en tejido es $\rho_t = 1000 [mg/cm^3]$, tomando la aproximación de la densidad en agua.

1. Calcular los alcances de los siguientes radionúclidos:

a) ^{18}F

■ Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned} R_{\beta, \text{aire}} (^{18}F) &= \frac{412 E_{\beta \text{ máx}} (^{18}F)^{1.265 - 0.0954 \ln(E_{\beta \text{ máx}} (^{18}F))}}{\rho_m} \\ &= \frac{412 \cdot 0.6335^{1.265 - 0.0954 \ln(0.6335)}}{1.293} [cm] \\ &= 175.3373 [cm] \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{tejido}}(^{18}\text{F}) &= R_{\beta, \text{aire}}(^{18}\text{F}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\
 &= (175.3373) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\
 &= 0.2267 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

b) ^{14}C

- Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{aire}}(^{14}\text{C}) &= \frac{412 E_{\beta \text{ máx}}(^{14}\text{C})^{1.265-0.0954 \ln(E_{\beta \text{ máx}}(^{14}\text{C}))}}{\rho_m} \\
 &= \frac{412 \cdot 0.156475^{1.265-0.0954 \ln(0.156475)}}{1.293} [\text{cm}] \\
 &= 21.9647 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{tejido}}(^{14}\text{C}) &= R_{\beta, \text{aire}}(^{14}\text{C}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\
 &= (21.9647) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\
 &= 0.0284 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

c) ^{32}P

- Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{aire}}(^{32}\text{P}) &= \frac{412 E_{\beta \text{ máx}}(^{32}\text{P})^{1.265-0.0954 \ln(E_{\beta \text{ máx}}(^{32}\text{P}))}}{\rho_m} \\
 &= \frac{412 \cdot 1.71066^{1.265-0.0954 \ln(1.71066)}}{1.293} [\text{cm}] \\
 &= 611.3762 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{tejido}}(^{32}\text{P}) &= R_{\beta, \text{aire}}(^{32}\text{P}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\
 &= (611.3762) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\
 &= 0.7905 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

d) ^{131}I

- Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{aire}}(^{131}\text{I}) &= \frac{412 E_{\beta \text{ máx}}(^{131}\text{I})^{1.265-0.0954 \ln(E_{\beta \text{ máx}}(^{131}\text{I}))}}{\rho_m} \\
 &= \frac{412 \cdot 0.8069^{1.265-0.0954 \ln(0.8069)}}{1.293} [\text{cm}] \\
 &= 241.8346 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned}
 R_{\beta, \text{tejido}}(^{131}\text{I}) &= R_{\beta, \text{aire}}(^{131}\text{I}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\
 &= (241.8346) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\
 &= 0.3127 [\text{cm}]
 \end{aligned}$$

e) ^{222}Rn

- Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned} R_{\alpha, \text{aire}} ({}^{222}\text{Rn}) &= 1.24 \cdot E_{\alpha \text{ máx}} ({}^{222}\text{Rn}) - 2.62 \\ &= 1.24 \cdot 5.48948 - 2.62 \\ &= 4.1870[\text{cm}] \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned} R_{\alpha, \text{tejido}} ({}^{222}\text{Rn}) &= R_{\alpha, \text{aire}} ({}^{222}\text{Rn}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\ &= (4.1870) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\ &= 0.00541[\text{cm}] \end{aligned}$$

f) ${}^{225}\text{Ac}$

- Calculando el alcance en aire tenemos que

$$\begin{aligned} R_{\alpha, \text{aire}} ({}^{225}\text{Ac}) &= 1.24 \cdot E_{\alpha \text{ máx}} ({}^{225}\text{Ac}) - 2.62 \\ &= 1.24 \cdot 5.832 - 2.62 \\ &= 4.6117[\text{cm}] \end{aligned}$$

- Calculando el alcance en tejido

$$\begin{aligned} R_{\alpha, \text{tejido}} ({}^{225}\text{Ac}) &= R_{\alpha, \text{aire}} ({}^{225}\text{Ac}) \frac{\rho_m}{\rho_t} \\ &= (4.6117) \times \frac{1.293}{1000} [\text{cm}] \\ &= 0.00596[\text{cm}] \end{aligned}$$

TAREA 4

1. ¿Qué es el valor Q y qué implica cuando es positivo y cuando es negativo?

Este concepto está relacionado con las reacciones nucleares y se define como la diferencia entre las energías en reposo de los productos y reactivos dada en la ecuación 5.

$$Q = \Delta mc^2 \quad (5)$$

¿Qué implica que el valor Q sea positivo o negativo?

$$\begin{cases} Q < 0 \implies & \text{energía a masa, reacción endotérmica} \\ Q > 0 \implies & \text{masa a energía, reacción exotérmica} \end{cases}$$

Lo anterior significa que el valor Q determinará la energía mínima en la que puede ocurrir una reacción nuclear. Entonces, si la reacción ocurre que $Q < 0$ (endotérmica), la excitación es lo suficientemente alta como para superar la barrera de activación de la reacción.

De manera general el valor Q , dada una reacción $A + b \longrightarrow C + d$, el valor Q se define como

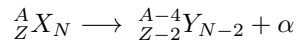
$$Q = [m_A + m_b - m_C - m_d] c^2$$

donde las masas m_X se refieren a los respectivos núcleos en la reacción.

2. ¿Cómo se calcula para este valor para el decaimiento alfa beta y demás decaimientos?

■ **Dcaimiento α :**

Se considera la reacción del decaimiento



determinar el valor Q toma en cuenta la conservación del momento lineal

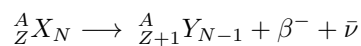
$$m_X c^2 = m_Y c^2 + T_Y + m_\alpha c^2 + T_\alpha \implies (m_X + m_Y - m_\alpha) c^2 = T_Y + T_\alpha$$

donde T_Y y T_α son las energías cinéticas de los núcleos Y y α respectivamente. Entonces, la cantidad anterior es la energía neta liberada que es el valor Q de la reacción

$$Q_\alpha = (m_X + m_Y - m_\alpha) c^2$$

■ **Dcaimiento β^- :**

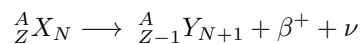
En este modo de decaimiento se considera la reacción



cuyo valor Q se calcula como

$$Q_{\beta^-} = (m({}^A_ZX) - m({}^A_{Z+1}Y)) c^2$$

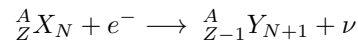
■ **Dcaimiento β^+ :** Este decaimiento sigue la reacción



Cuyo valor Q se calcula como

$$Q_{\beta^+} = (m({}^A_ZX) - m({}^A_{Z-1}Y) - 2m_e) c^2$$

■ **Captura electrónica:** En la captura electrónica ocurre la reacción



donde su valor Q se calcula como

$$Q_{EC} = [m({}^A_ZX) - m({}^A_{Z-1}Y)] c^2 - B_n$$

donde B_n es la energía de ligadura del electrón en las capas $n = K, L, M, N, \dots$, además, $c^2 = 931.5 [MeV \cdot um a^{-1}]$ en todos los casos.