

CUESTIONES Y PROBLEMAS DE FÍSICA NUCLEAR RESUELTOS

1.- Calcula el defecto de masa, energía de ligadura y energía de enlace por nucleón del siguiente nucleido $^{12}_6\text{C}$ en MeV.

Datos: $m_p = 1.007277 \text{ u}$; $m_n = 1.008665 \text{ u}$; $m_{\text{C-12}} = 12.0000 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1.6604 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$;
 $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}$; $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

*Defecto de masa: $|\Delta m| = m_p \cdot Z + m_n \cdot (A-Z) - m_{\text{C-12}}$

$$|\Delta m| = 1,007277 \cdot 6 + 1,008665 \cdot (12-6) - 12,0000 = 0,095652 \text{ u} = 0,095652 \text{ u} \cdot \frac{1,6604 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 1,588 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

*Energía de ligadura, se puede calcular de dos formas:

Una:

$$\Delta E = |\Delta m| \cdot c^2 = 1,588 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,4295 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 1,4295 \cdot 10^{-11} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ MeV}}{10^6 \text{ eV}} = 89,23 \text{ MeV}$$

Otra: $\Delta E = |\Delta m|(\text{u}) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{u}}\right) = 0,095652 \text{ u} \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{u}}\right) = 89,10 \text{ MeV}$

*Energía de enlace por nucleón:

$$\frac{\Delta E}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{A} = \frac{89,10}{12} = 7,425 \frac{\text{MeV}}{\text{nucleón}}$$

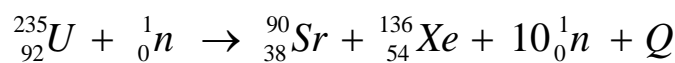
2.- De los núclidos $^{16}_8\text{O}$ y $^{206}_{84}\text{Po}$, ¿Cuál es más estable? Razona la respuesta.

Datos: $(\Delta E_{\text{nucleón}})_{\text{O-16}} = 7,98 \text{ MeV/nucleón}$; $(\Delta E_{\text{nucleón}})_{\text{Po-216}} = 7,84 \text{ MeV/nucleón}$

$$^{16}_8\text{O}: \frac{\Delta E}{\text{nucleón}} = 7,98 \frac{\text{MeV}}{\text{nucleón}} \text{ y } ^{206}_{84}\text{Po}: \frac{\Delta E}{\text{nucleón}} = 7,84 \frac{\text{MeV}}{\text{nucleón}}$$

El $^{16}_8\text{O}$ es más estable por tener mayor energía de enlace por nucleón.

3.- Calcula en MeV la energía desprendida en la fisión de un núcleo de U-235 de acuerdo con la siguiente reacción:



Datos: $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}$; $^{235}\text{U} = 235,0439 \text{ u}$; $^{90}\text{Sr} = 90,00734 \text{ u}$; $^{136}\text{Xe} = 135,9072 \text{ u}$; ${}^1_0\text{n} = 1,0087 \text{ u}$

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 \text{ o bien } E = |\Delta m|(\text{u}) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{u}}\right).$$

Por los datos que me dan en el enunciado, se resolverá de la segunda forma:

$$E = |\Delta m|(\text{u}) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{u}}\right) = (m_{\text{U-235}} - m_{\text{Sr-90}} - m_{\text{Xe-136}} - 9 \cdot m_n)(\text{u}) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{\text{u}}\right)$$

$$E = (235,0439 - 90,00734 - 135,9072 - 9 \cdot 1,0087) \text{ u} \cdot \frac{931,5 \text{ MeV}}{\text{u}} = 47,56 \text{ MeV}$$

4.- Calcular en MeV la energía que se libera en la fusión de 4 átomos de hidrógeno para formar uno de helio según la reacción nuclear siguiente: $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_{+1}\text{e} + Q$

Datos: $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}$; ${}^4_2\text{He} = 4,002603 \text{ u}$; ${}^1_1\text{H} = 1,007825 \text{ u}$; ${}^0_{+1}\text{e} = 0,000548 \text{ u}$

$$E = |\Delta m|(u) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{u}\right) = (4 \cdot m_{\text{H}} - m_{\text{He}} - 2 \cdot m_{e^+})(u) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{u}\right)$$

$$E = (4 \cdot 1,007825 - 4,002603 - 2 \cdot 0,000548)(u) \cdot 931,5 \left(\frac{\text{MeV}}{u}\right) = 25,71 \text{ MeV}$$

5.- La fisión de un núcleo ^{235}U produce una energía de 200 MeV. Calcula la cantidad que habría que quemar de un carbón de poder calorífico 6000 kcal/kg, para que produjese la misma energía que la fisión de 1 g de ^{235}U .

Datos: $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ partículas/mol; $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$.

$$\text{Fisión de 1 g de } ^{235}\text{U} : \frac{200 \text{ MeV}}{235 \text{ u de } ^{235}\text{U}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ u de } ^{235}\text{U}}{1 \text{ g de } ^{235}\text{U}} = 5,126 \cdot 10^{23} \frac{\text{MeV}}{\text{g de } ^{235}\text{U}}$$

$$5,126 \cdot 10^{23} \frac{\text{MeV}}{\text{g de } ^{235}\text{U}} \cdot \frac{10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \cdot \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} \cdot \frac{0,24 \text{ cal}}{1 \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ kcal}}{10^3 \text{ cal}} = 19708281 \text{ kcal}$$

$$\text{Quema de carbón: } 19708281 \text{ kcal} \cdot \frac{1 \text{ kg de carbón}}{6000 \text{ kcal}} = 3284,7 \text{ kg de carbón}$$

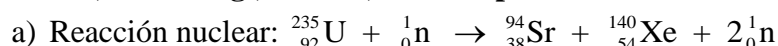
6.- Una reacción de fisión nuclear del $_{92}^{235}\text{U}$ produce $_{38}^{94}\text{Sr}$ y $_{54}^{140}\text{Xe}$ liberándose dos neutrones:

a. Escribe la ecuación de dicha reacción de fisión y calcular la variación de masa

b. Calcula la energía liberada en J (Julios) si 50 g de U-235 sufren esa reacción.

Datos: $^{235}\text{U} = 234,9943 \text{ u}$; $^{94}\text{Sr} = 93,9754 \text{ u}$; $^{140}\text{Xe} = 139,9196 \text{ u}$; $^1_0\text{n} = 1,0089 \text{ u}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$;

$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ partículas/mol



$$|\Delta m| = m_{\text{U}} - m_{\text{Sr}} - m_{\text{Xe}} - m_{\text{n}} = 234,9943 - 93,9754 - 139,9196 - 1,0089 = 0,0904 \text{ u} =$$

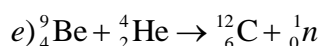
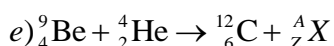
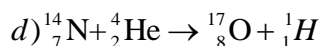
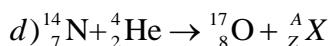
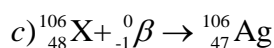
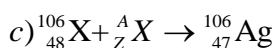
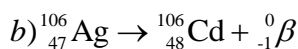
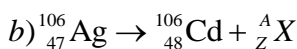
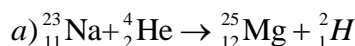
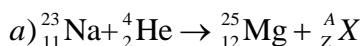
$$= 0,0904 \text{ u} \cdot \frac{1,6604 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} = 1,501 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

b) Por cada núcleo de U-235 se produce la siguiente energía:

$$E = |\Delta m| \cdot c^2 = 1,501 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,35 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$\text{La energía liberada en la fisión de 50 g de uranio: } \frac{1,35 \cdot 10^{-11} \text{ J}}{234,9943 \text{ u de } ^{235}\text{U}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ u de } ^{235}\text{U}}{1 \text{ g de } ^{235}\text{U}} \cdot 50 \text{ g} = 1,73 \cdot 10^{12} \text{ J}$$

7.- Completa las siguientes reacciones nucleares:



8.- Cuando se bombardea con neutrones el flúor de masa atómica 18,9984 u y número atómico 9 se forma un nuevo elemento y se emite una partícula α . Describe la ecuación correspondiente a esta transmutación y deduce a partir de ella los números másicos y atómico del nuevo elemento. ¿De qué elemento se trata? ${}^{19}_9\text{F} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\alpha$ por lo que ${}^{19}_9\text{F} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{16}_7\text{X} + {}^4_2\alpha$

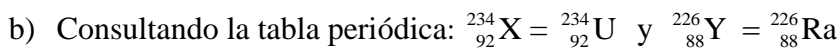
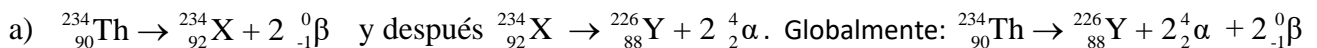
(consultando la tabla periódica: ${}^{16}_7\text{X} = {}^{16}_7\text{N}$)

9.- El Th-234 se desintegra emitiendo dos partículas β seguidas de dos partículas α .

a. Escribe las reacciones nucleares que tiene lugar

b. Determina el isótopo resultante.

Dato: El número atómico del Th es 90.



10.- Durante su vida, los organismos vivos absorben C – 14, que es radiactivo, y esta absorción cesa con la muerte del organismo. Debido a la presencia de este isótopo, que tiene un periodo de semidesintegración de 5560 años, se encontró que restos de un yacimiento arqueológico tenían una actividad de 26 Ci (curios). Un esqueleto reciente da una actividad de 32.6 Ci. Calcular la edad de los especímenes arqueológicos.

Datos del enunciado: C-14: $t_{1/2} = 5560$ años; $A = 26$ Ci ; $A_0 = 32,6$ Ci

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln \frac{A}{A_0}}{-\lambda} = \left\{ t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \right\} = \frac{\ln \frac{A}{A_0}}{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} = \frac{\ln \frac{26}{32,6}}{-\frac{\ln 2}{5560}} = 1814,6 \text{ años}$$

11.- El período de semidesintegración del ${}^{90}\text{Sr}$ es de 28 años. Calcula:

a. La vida media y la constante de desintegración

b. La actividad de una muestra de 2 mg de ${}^{90}\text{Sr}$

c. Tiempo que tiene que transcurrir para que dicha muestra se reduzca a 0,5 mg.

d. La actividad de dicha muestra de 0,5 mg.

Dato: $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ partículas/mol.

a) Constante de desintegración: $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{28} = 0,02476 \text{ años}^{-1}$

Vida media: $\tau = \frac{1}{\lambda} = 40,4 \text{ años}$

b) $N = 2 \text{ mg de } {}^{90}\text{Sr} \cdot \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg de } {}^{90}\text{Sr}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de } {}^{90}\text{Sr}}{90 \text{ g de } {}^{90}\text{Sr}} = 1,3384 \cdot 10^{19} \text{ átomos de } {}^{90}\text{Sr}$

$A = \lambda \cdot N = 0,02476 \cdot 1,3384 \cdot 10^{19} = 3,31 \cdot 10^{17} \frac{\text{átomos de } {}^{90}\text{Sr desintegrados}}{\text{año}} =$

$= 1,0496 \cdot 10^{10} \frac{\text{desintegraciones}}{\text{s}} = 1,0496 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 1,0496 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \cdot \frac{2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}}{1 \text{ Bq}} = 0,28 \text{ Ci}$

c) $m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{m}{m_0} = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln \frac{m}{m_0}}{-\lambda} = \frac{\ln \frac{0,5}{2}}{-0,02476} = 56,0 \text{ años}$

d) $N = 0,5 \text{ mg de } {}^{90}\text{Sr} \cdot \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg de } {}^{90}\text{Sr}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos de } {}^{90}\text{Sr}}{90 \text{ g de } {}^{90}\text{Sr}} = 3,3461 \cdot 10^{18} \text{ átomos de } {}^{90}\text{Sr}$

$A = \lambda \cdot N = 0,02476 \cdot 3,3461 \cdot 10^{18} = 8,285 \cdot 10^{16} \frac{\text{átomos de } {}^{90}\text{Sr desintegrados}}{\text{año}} =$

$= 2,63 \cdot 10^9 \frac{\text{desintegraciones}}{\text{s}} = 2,63 \cdot 10^9 \text{ Bq} = 2,63 \cdot 10^9 \text{ Bq} \cdot \frac{2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}}{1 \text{ Bq}} = 0,071 \text{ Ci}$

12.- El período de semidesintegración del elemento radiactivo ^{238}X , que se desintegra emitiendo partículas α es de 28 años.

a. ¿Cuánto tiempo tiene que transcurrir para que su masa se reduzca al 75% de la muestra original?

b. Si en un momento dado la masa es de 0,1 mg, ¿Cuántos núcleos de helio se formarán por unidad de tiempo en ese instante?

Dato: $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$ partículas/mol

$$a) \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{28} = 0,0247552 \text{ años}^{-1}$$

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{m}{m_0} = e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{m}{m_0} = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln \frac{m}{m_0}}{-\lambda} = \frac{\ln 0,75}{-0,0247552} = 11,6 \text{ años}$$

$$b) m = 10^{-4} \text{ g} = 10^{-4} \text{ g} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{238 \text{ g}} = 2,53 \cdot 10^{17} \text{ átomos}$$

$$A = \lambda \cdot N = 0,0247552 \cdot 2,53 \cdot 10^{17} = 6,26 \cdot 10^{18} \frac{\text{desintegraciones}}{\text{año}} =$$

$$= 6,26 \cdot 10^{18} \frac{\text{partículas } \alpha \text{ formadas}}{\text{año}} = 1,986 \cdot 10^8 \frac{\text{partículas } \alpha \text{ formadas}}{\text{s}}$$

13.- El período de semidesintegración del ^{226}Ra es de 1620 años. Calcula la actividad de 1 g de Radio-226.

Dato: $N_A=6,023 \cdot 10^{23}$ átomos/mol

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{1620} = 4,2787 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$N = 1,0 \text{ g} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{226 \text{ g}} = 2,665 \cdot 10^{21} \text{ átomos}$$

$$A = \lambda \cdot N = 4,2787 \cdot 10^{-4} \cdot 2,665 \cdot 10^{21} = 1,14 \cdot 10^{18} \frac{\text{desintegraciones}}{\text{año}} =$$

$$= 3,615 \cdot 10^{10} \frac{\text{desintegraciones}}{\text{s}} = 3,615 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 3,615 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \cdot \frac{2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}}{1 \text{ Bq}} = 0,977 \text{ Ci}$$