

1. Calcula la masa de 1 umma expresando el resultado en g.

1 umma es la doceava parte de un átomo de C-12

$$\text{Como } 1 \text{ mol de átomos de C-12} = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ átomos de C-12}$$

$$\text{y } 1 \text{ mol de átomos de C-12} = 12 \text{ g}$$

$$1 \text{ umma} = \frac{1}{12} \text{ átomos de C-12} \cdot \frac{1 \text{ mol de átomos de C-12}}{6.022 \cdot 10^{23} \text{ átomos de C-12}} \cdot \frac{12 \text{ g de C-12}}{1 \text{ mol de átomos de C-12}}$$

$$1 \text{ umma} = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad \boxed{1 \text{ umma} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}$$

2. El radio del núcleo del C12 es aproximadamente de $2.7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Calcula: a) la masa en Kg de su núcleo.
b) el volumen del núcleo y su densidad.

$$r_{\text{C-12}} = 2.7 \cdot 10^{-15} \text{ m.}$$

$$\text{a)} \text{ Un núcleo de C-12} = 12 \text{ umma} = 12 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1.99 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$\text{b)} V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi (2.7 \cdot 10^{-15})^3 = 8.24 \cdot 10^{-44} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1.99 \cdot 10^{-26}}{8.24 \cdot 10^{-44}} = 2.41 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

3. Determina el defecto de masa, y la energía de enlace por nucleón para el núcleo de C¹².

$${}_{6}^{12}\text{C} \rightarrow 6n + 6p. \quad m_p = 1.0073 \text{ u.} \quad m_n = 1.0087 \text{ u.}$$

$$\text{La masa de } 6n \text{ y } 6p \text{ es: } 6 \cdot 1.0087 + 6 \cdot 1.0073 = 12.096 \text{ u.}$$

$$\text{masa del núcleo de C} = 12 \text{ u.}$$

$$\text{defecto masivo: } 12.096 - 12 = 0.096 \text{ u.}$$

$$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV} \Rightarrow 0.096 \cdot 931 \text{ MeV} = 89.376 \text{ MeV}$$

Como el núcleo de C tiene 12 nucleones, la energía de enlace por nucleón es:

$$B = \frac{89.376}{12} = 7.448 \text{ MeV/nucleón}$$

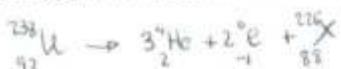
4. ¿Cómo se define la actividad de una muestra radiactiva?

Es el nº de desintegraciones nucleares

espontáneas de dicha muestra que se producen en la unidad de tiempo

$$\Delta \rightarrow 1 \text{ Bq} = 1 \text{ desintegración/s}$$

5. Determina el número atómico y el número másico del núcleo que resultará del ^{238}U ($Z=92$) después de emitir tres partículas alfa y dos beta. ¿En qué se diferencian dos isótopos de un elemento químico, uno estable y otro radiactivo?



Un elemento químico puede tener un(os) isótopo(s) estable y otro(s) inestable(s) que se diferencian porque el isótopo inestable emite energía.

6. El curio se define como la actividad de una muestra de 1 gr de radio. Si la masa nuclear del radio es de 226 u, calcular: la constante de desintegración del radio b) su periodo de desintegración c) la vida media de los núcleos de radio.

a) 1 Curio = actividad de una muestra de 1 g de radio.

$$M_{Ra} = 226 \text{ u.}$$

$A = \lambda N$ Calculamos el n.º de átomos de Ra en 1 g de Ra

$$\text{n.º moles} = \frac{m}{M_{Ra}} = \frac{1}{226} \text{ moles de Ra}$$

$$\frac{1}{226} \text{ moles de Ra} \cdot \frac{6.02 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol de Ra}} = 2.66 \cdot 10^{21} \text{ átomos}$$

$$\text{N.º nucleos} = 2.66 \cdot 10^{21} \text{ nucleos de Ra}$$

$$1 \text{ Curio} \approx 1 \text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \quad A = \text{actividad} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq.} = 3.7 \cdot 10^{10} \frac{\text{desintegración}}{\text{s}}$$

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{3.7 \cdot 10^{10}}{2.66 \cdot 10^{21}} = 1.4 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1} \quad \boxed{\lambda = 1.4 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}}$$

b) $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ → Cuando el número de nucleos inicia se reduce a la mitad, el tiempo transcurrido se llama periodo de semidesintegración ($t = T_{1/2}$)

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \ln \frac{1}{2} = \ln e^{-\lambda T_{1/2}} \quad -\ln 2 = -\lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{1.4 \cdot 10^{-11}} = 50 \cdot 10^{10} \text{ s} \approx 1600 \text{ a} \quad \boxed{T_{1/2} = 1600 \text{ a}}$$

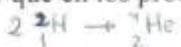
c) $\tau = \text{vida media}$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1.4 \cdot 10^{-11}} = 7.1 \cdot 10^{10} \text{ s} \approx 2300 \text{ a} \quad \boxed{\tau = 2300 \text{ a}}$$

Actividad de una sustancia: es el n.º medio de desintegraciones nucleares espontáneas que se producen en la unidad de tiempo.

1 Bq \rightarrow (SI) = 1 desintegración/s

7. Que cantidad de energía se libera en la reacción de fusión $2^2\text{H} \rightarrow {}^4\text{He}$ (Masa del deuterio: 2,0141 u; masa del helio: 4,0026) ¿Por qué es tan difícil conseguir reacciones de fusión con la tecnología actual? ¿Por qué en los procesos de fisión y de fusión se libera una gran cantidad de energía?



$$M_p = 2,0141 \text{ u}$$

$$M_{He} = 4,0026 \text{ u}$$

$$\Delta m = 2 \cdot 2,0141 - 4,0026 = 0,0256 \text{ u}$$

$$E = \Delta m \cdot 931 = 0,0256 \cdot 931 = 23,8 \text{ MeV}$$

Se requieren temperaturas muy altas (millones de grados) para que los núcleos choquen entre sí con la energía cinética necesaria.

La energía que se libera en los procesos de fisión y fusión procede de la transformación de parte de la masa en energía según $E=mc^2$

8. El tritio es un isótopo del hidrógeno de masa atómica igual a 3,016 u. Su núcleo está formado por un protón y dos neutrones. a) Defina el concepto de defecto de masa y calcúlelo para el núcleo de tritio. b) Defina el concepto de energía media de enlace por nucleón y calcúlelo para el caso del tritio, expresando el resultado en unidades de MeV. Datos: Masa del protón $m_p = 1,0073 \text{ u}$; Masa del neutrón $m_n = 1,0087 \text{ u}$. Valor absoluto de la carga del electrón $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Unidad de masa atómica $\text{u} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$; Velocidad de la luz en el vacío $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (Septiembre 2010)

$$\begin{matrix} {}^3_1 \text{H} & \rightarrow m = 3,016 \text{ u.} \\ \downarrow & \\ 1p \text{ y } 2n & \end{matrix} \quad m_p = 1,0073 \text{ u} \\ m_n = 1,0087 \text{ u}$$

$$\text{a)} \quad \Delta m = \underbrace{Z m_p + (A-Z) m_n + Z m_e - M_{\text{exp}}}_{M_{\text{teórica}}}$$

$$\text{Como } m_e \ll m_p \text{ y } m_n$$

$$\Delta m = Z m_p + (A-Z) m_n - M_{\text{exp}}$$

$$\Delta m = 1 \cdot 1,0073 + (3-1) \cdot 1,0087 - 3,016 = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ u}$$

$$E = \Delta m \cdot 931 \text{ MeV} = 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot 931 = 8,0997 \approx 8,1 \text{ MeV}$$

$$\text{También: } E = \Delta m \cdot c^2 = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ u} \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1,299 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$E = 1,299 \cdot 10^{-12} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \cdot \frac{1 \text{ MeV}}{10^6 \text{ eV}} = 8,12 \text{ MeV}$$

$$\text{b)} \quad B = \frac{E}{A} = \frac{8,12}{3} = 2,7 \text{ MeV/nucleón}$$

9. El isótopo ^{234}U tiene un periodo de semidesintegración (semivida) de 250000 años. Si partimos de una muestra de 10 gramos de dicho isótopo, determine: a. La constante de desintegración radiactiva. b. La masa que quedará sin desintegrar después de 50000 años. (Septiembre 2002).

$$^{234}\text{U} \rightarrow T_{1/2} = 250000 \text{ a}\ddot{\text{s}}$$

$$m_0 = 10 \text{ g}$$

$$\text{a) } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{Si } N = \frac{N_0}{2} \rightarrow t = T_{1/2}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad \ln \frac{1}{2} = \ln e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\ln 1 - \ln 2 = -\lambda T_{1/2} \quad \boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{250000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 8.79 \cdot 10^{-14}$$

$$\text{b) } m = m_0 e^{-\lambda t} \quad t = 50000 \text{ a} = 50000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 1.5768 \cdot 10^{12} \approx 1.58 \cdot 10^{12} \text{ s}$$

$$m = 10 \cdot e^{-8.79 \cdot 10^{-14} \cdot 1.58 \cdot 10^{12}} = 7.2 \text{ g} \quad \boxed{m = 7.2 \text{ g}}$$

Demostración:

$$(1) \quad n_0 = \frac{m_0}{M_m} \quad (2) \quad N_0 = n_0 N_A \rightarrow N_0 = \frac{m_0}{M_m} N_A \quad N_A = n = \text{Avogadro}$$

$$n = \frac{m}{M_m} \quad N = n N_A \rightarrow N = \frac{m}{M_m} N_A \quad n_0 = n = \text{mol inicial}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{m}{M_m} N_A = \frac{m_0}{M_m} N_A e^{-\lambda t} \rightarrow \boxed{m = m_0 e^{-\lambda t}}$$

$$n = n_0 e^{-\lambda t} \quad n = n N_A \quad n = n_0 = \text{mol final}$$

(1) El n : de moles de cualquier sustancia es su masa molecular expresada en gramos

(2) 1 mol de ^{de átomo} una sustancia contiene $6.02 \cdot 10^{23}$ átomos de dicha sustancia

$$\frac{1 \text{ mol de núcleos}}{n \text{ moles}} = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ núcleos (N}_A\text{)} \quad \left. \begin{array}{l} \frac{1}{n} = \frac{N_A}{N} \\ \rightarrow \boxed{N = n N_A} \end{array} \right.$$

10. Se dispone inicialmente una muestra radiactiva que contiene $5 \cdot 10^{18}$ átomos de un isótopo de Ra, cuyo periodo de semidesintegración (semivida) τ es de 3,64 días. Calcule: a) La constante de desintegración radiactiva del Ra y la actividad inicial de la muestra. b) El número de átomo en la muestra al cabo de 30 días. (Junio 2003).

$$N_0 = 5 \cdot 10^{18} \text{ átomo de Ra}$$

$$t_{1/2} = 3.64 \text{ días}$$

$$\text{a) } \lambda_{Ra} \rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{3.64 \cdot 24 \cdot 3600} = 2.12 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} \quad \boxed{\lambda_{Ra} = 2.12 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}}$$

$$A_0 = \lambda N_0 = 2.12 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{18} = 1.1 \cdot 10^{13} \text{ desintegraciones/s} \approx 1.1 \cdot 10^{13} \text{ Bq}$$

$$\boxed{A_0 = 1.1 \cdot 10^{13} \text{ Bq}}$$

$$\text{b) } N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N = n \text{ de núcleos que quedan sin desintegrar} \quad t = 30 \text{ días} = 30 \cdot 24 \cdot 3600 = 2.592 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$N = 5 \cdot 10^{18} \cdot e^{-2.12 \cdot 10^{-6} \cdot 2.592 \cdot 10^6} = 1.663 \cdot 10^{16} \text{ núcleos}$$

$$\boxed{N = 1.663 \cdot 10^{16} \text{ núcleos}}$$

11. Se tiene una muestra de 80 mg del isótopo ^{226}Ra cuya vida media es de 1600 años. a) ¿Cuánta masa del isótopo quedará al cabo de 500 años? b) ¿Qué tiempo se requiere para que su actividad se reduzca a la cuarta parte? (Junio 2011)

a) $m_0 = 80 \text{ mg} = 0'08 \text{ g}$ ^{226}Ra

$$\tau = 1600 \text{ a} \quad \lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1600 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1'98 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \quad t = 500 \text{ a} = 500 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 1'576'000'000 \text{ s} = 1'576 \cdot 10^{10} \text{ s}$$

$$m = 0'08 \cdot e^{-1'98 \cdot 10^{-11} \cdot 1'576 \cdot 10^{10}}$$

$$m = 0'0585 \text{ g} = 58'5 \text{ mg} \quad | \boxed{m = 58'5 \text{ mg}}$$

b) $t \quad A = \frac{A_0}{4}$

$$\left. \begin{array}{l} A = \lambda N \\ A_0 = \lambda N_0 \end{array} \right\} \quad \lambda N = \frac{\lambda N_0}{4} \quad \rightarrow \quad N = \frac{N_0}{4}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \rightarrow \quad \frac{N_0}{4} = N_0 e^{-\lambda t} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{4} = e^{-\lambda t}$$

$$\ln \frac{1}{4} = \ln e^{-\lambda t} \quad \rightarrow \quad -\ln 4 = -\lambda t$$

$$t = \frac{\ln 4}{\lambda} \quad t = \frac{\ln 4}{1'98 \cdot 10^{-11}} = 7 \cdot 10^{10} \text{ s} \quad | \boxed{t = 7 \cdot 10^{10} \text{ s}}$$

$$| \boxed{t = 2220 \text{ a}}$$

- (12) El periodo de semidesintegración del ^{228}Ra es de 5,76 años mientras que el de ^{224}Ra es de 3,66 días. Calcule la relación que existe entre las siguientes magnitudes de estos dos isótopos: a) Las constantes radiactivas. b) Las vidas medias. c) Las actividades de 1 g de cada isótopo. d) Los tiempos para los que el número de núcleos radiactivos se reduce a la cuarta parte de su valor inicial. (Modelo 2009)

$$^{228}\text{Ra} \rightarrow t_{1/2} = 5,76 \text{ a} \quad \checkmark$$

$$^{224}\text{Ra} \rightarrow t_{1/2} = 3,66 \text{ días} \quad \checkmark$$

$$\text{a)} \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5,76 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 3,81 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda' = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{3,66 \cdot 24 \cdot 3600} = 2,19 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{3,81 \cdot 10^{-9}}{2,19 \cdot 10^{-6}} = 1,74 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{\frac{\lambda}{\lambda'} = 1,74 \cdot 10^{-3}}$$

$$\text{b)} \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3,81 \cdot 10^{-9}} = 2,62 \cdot 10^9 \text{ s} = 8,32 \text{ a}$$

$$\tau' = \frac{1}{\lambda'} = \frac{1}{2,19 \cdot 10^{-6}} = 4,56 \cdot 10^5 \text{ s} = 5,28 \text{ días}$$

$$\frac{\tau}{\tau'} = \frac{2,62 \cdot 10^9}{4,56 \cdot 10^5} = 57,45 \quad \boxed{\frac{\tau}{\tau'} = 57,45}$$

$$\text{También: } \frac{\tau}{\tau'} = \frac{1/\lambda}{1/\lambda'} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{2,19 \cdot 10^{-6}}{3,81 \cdot 10^{-9}} = 57,45$$

$$\text{c)} A = \lambda N \quad * N = n N_A = \frac{n}{M_m} N_A = \frac{1}{228} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,64 \cdot 10^{21} \text{ núcleos de } ^{228}\text{Ra}$$

$$A = \lambda N = 3,81 \cdot 10^{-9} \cdot 2,64 \cdot 10^{21} \rightarrow A = 10^{13} \text{ desintegraciones/s} \quad \Delta = 10^{13} \text{ Bq.}$$

$$A' = \lambda' N' \quad N' = \frac{m'}{M_m} N_A = \frac{1}{224} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,6875 \cdot 10^{21} \text{ núcleos de } ^{224}\text{Ra}$$

$$A' = \lambda' N' = 2,19 \cdot 10^{-6} \cdot 2,6875 \cdot 10^{21} = 5,88 \cdot 10^{15} \text{ Bq} \quad A' = 5,88 \cdot 10^{15} \text{ Bq.}$$

$$\frac{A}{A'} = \frac{10^{13}}{5,88 \cdot 10^{15}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \quad \boxed{\frac{A}{A'} = 1,7 \cdot 10^{-3}}$$

$$\text{d)} N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N = \frac{N_0}{4} \rightarrow \frac{N_0}{4} = N_0 e^{-\lambda t} \quad -\ln 4 = -\lambda t \quad t = \frac{\ln 4}{\lambda}$$

$$t = \frac{\ln 4}{\lambda} \quad t' = \frac{\ln 4}{\lambda'} \quad \frac{t}{t'} = \frac{\frac{\ln 4}{\lambda}}{\frac{\ln 4}{\lambda'}} = \frac{\lambda'}{\lambda}$$

$$\frac{t}{t'} = 57,45 \quad \boxed{\frac{t}{t'} = 57,45}$$

$$1 \text{ mol} = N_A \text{ nucleos} \\ n \text{ " } = N \text{ " } \quad \boxed{N = n N_A}$$

13. La ley de desintegración una sustancia radioactiva a es siguiente, donde $N = N_0 e^{-\lambda t}$, donde N representa el número de núcleos presentes en la muestra en el instante t. Sabiendo que t está expresado en días, determine: a) El periodo de semidesintegración (o semivida) de la sustancia. b) La fracción de núcleo radiactivos sin desintegrar en el instante $t = 5T_{1/2}$ (Septiembre 2006)

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N = N_0 e^{-0.003t}$$

$$\lambda = 0.003 \quad \text{Si } t \rightarrow \text{días} \Rightarrow \lambda = 0.003 \text{ días}^{-1}$$

a)

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0.003} = 231 \text{ días}$$

$$\boxed{t_{1/2} = 231 \text{ días} = 1.99 \cdot 10^3 \text{ s}}$$

$$b) t = 5 t_{1/2}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$t = 5 t_{1/2} = 5 \cdot 231 = 1155 \text{ días}$$

$$N = N_0 e^{-0.003 \cdot 1155}$$

$$\boxed{N = 0.031 N_0} \Rightarrow \text{núcleos sin desintegrar } \not= 3.1\% \text{ de la muestra inicial}$$

14. Una muestra contiene inicialmente 1020 átomos, de los cuales un 20% corresponden a material radiactivo con un periodo de semidesintegración (o semivida) de 13 años. Calcule: a) La constante de desintegración del material radiactivo. b) El número de átomos radiactivos iniciales y la actividad inicial de la muestra. c) El número de átomos radiactivos al cabo de 50 años. d) La actividad de la muestra al cabo de 50 años. (Modelo 2007)

1020 núcleos \rightarrow 20% material radiactivo

$$\frac{20}{100} \cdot 1020 = 204 \text{ núcleos}$$

$$\boxed{N_0 = 204 \text{ núcleos}}$$

$$a) t_{1/2} = 13 \text{ a} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{13} = 0.0533 \text{ a}^{-1}} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{13 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1.69 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$$b) A = \lambda N$$

$$A = 1.69 \cdot 10^{-9} \cdot 204 = 3.45 \cdot 10^{-7} \text{ desint/s}$$

$$\boxed{A = 3.45 \cdot 10^{-7} \text{ Bq}}$$

$$\boxed{N_0 = 204 \text{ núcleos iniciales}}$$

$$c) t = 50 \text{ a} \quad N = N_0 e^{-\lambda t} = 204 \cdot e^{-0.0533 \cdot 50} = 14.19$$

$$d) A = \lambda N \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$A = 1.69 \cdot 10^{-9} \cdot 14.19 = 2.399 \cdot 10^{-8} \approx 2.4 \cdot 10^{-8} \text{ Bq}$$

$$\boxed{A = 2.4 \cdot 10^{-8} \text{ Bq}}$$

15. Una muestra de un material radiactivo posee una actividad de 115 Bq inmediatamente después de ser extraída del reactor donde se formó. Su actividad 2 horas después resulta ser 85,2 Bq. a) Calcule el periodo de semidesintegración de la muestra. b) ¿Cuántos núcleos radiactivos existían inicialmente en la muestra? Dato: 1 Bq = 1 desintegración/segundo (Junio 2007)

$$A_0 = 115 \text{ Bq} = 115 \text{ desint/s}$$

$$A = 85,2 \text{ Bq} = 85,2 \text{ desint/s}$$

$$\text{a)} \quad A_0 = \lambda N_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} N = N_0 e^{-\lambda t} \\ A = \lambda N \end{array} \right. \quad \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$85,2 = 115 e^{-\lambda t} \quad \frac{85,2}{115} = e^{-\lambda t} \quad \ln \frac{85,2}{115} = -\lambda t$$

$$t = 2 \text{ h} \rightarrow t = 2 \cdot 3600 = 7200 \text{ s}$$

$$\downarrow -0,299 = -\lambda t$$

$$\lambda = \frac{0,3}{7200} = 4,166 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$\boxed{\lambda = 4,17 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}}$$

$$\text{b)} \quad A_0 = \lambda N_0 \quad 115 = 4,17 \cdot 10^{-5} N_0 \quad N_0 = 2760000 \text{ núcleos} \quad \boxed{N_0 = 2,76 \cdot 10^6 \text{ núcleos}}$$

16. De los 120 g iniciales de una muestra radiactiva se han desintegrado, en 1 hora, el 10% de los núcleos. Determine: a) La constante de desintegración radiactiva y el periodo de semidesintegración de la muestra. b) La masa que quedará de la sustancia radiactiva transcurridas 5 horas. (Junio 2010)

$$m_0 = 120 \text{ g} \quad 10\% \rightarrow \frac{10}{100} \cdot 120 = 12 \text{ g}$$

$$\text{Quedan sin desintegrar } 120 - 12 = 108 \text{ g.} \quad t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$\text{a)} \quad m = m_0 e^{-\lambda t} \quad 108 = 120 e^{-\lambda \cdot 3600}$$

$$\ln \frac{108}{120} = -\lambda \cdot 3600 \quad \boxed{\lambda = 2,92 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad t_{1/2} = \frac{\ln 2}{2,92 \cdot 10^{-5}} \quad \boxed{t_{1/2} = 23683,7 \text{ s} = 6,57 \text{ h}}$$

$$\text{b)} \quad m = m_0 e^{-\lambda t} \quad m = 120 \cdot e^{-2,92 \cdot 10^{-5} \cdot 18000} = 70,94$$

$$t = 5 \text{ h} = 5 \cdot 3600 = 18000 \text{ s}$$

$$\boxed{m = 70,94 \text{ g}}$$

17. Una roca contiene dos isótopos radiactivos A y B de períodos de semidesintegración de 1600 años y 1000 años respectivamente. Cuando la roca se formó el contenido de A y B era el mismo (1015 núcleos) en cada una de ellas. a) ¿Qué isótopo tenía una actividad mayor en el momento de su formación? b) ¿Qué isótopo tendrá una actividad mayor 3000 años después de su formación? Nota: Considera 1 año = 365 días (Junio 2009)

$$T_{1/2}(A) = 1600 \text{ a}\overline{\text{a}}$$

$$T_{1/2}(B) = 1000 \text{ a}\overline{\text{a}}$$

$$N_0(A) = N_0(B) = 1015 \text{ núcleos}$$

c)

$$\left. \begin{array}{l} A_0 = \lambda N_0 \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_0(A) = \lambda_A N_0(A) \\ A_0(B) = \lambda_B N_0(B) \end{array}$$

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}(A)} = \frac{\ln 2}{1600 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1'37 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_B = \frac{\ln 2}{T_{1/2}(B)} = \frac{\ln 2}{1000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 2'1979 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1} \approx 2'20 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Av. Como } N_0(A) = N_0(B) \quad y \quad \lambda_A < \lambda_B \Rightarrow \boxed{A_0(A) < A_0(B)}$$

$$A_0(A) = \lambda_A N_0 = 1'37 \cdot 10^{-11} \text{ Bq}$$

$$A_0(B) = \lambda_B N_0 = 2'23 \cdot 10^{-11} \text{ Bq}$$

b) $A = \lambda N \quad t = 3000 \text{ a}\overline{\text{a}} = 3000 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 9'4608 \cdot 10^{10} \text{ s}$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N(A) = 1015 \text{ e}^{-1'37 \cdot 10^{-11} \cdot 9'4608 \cdot 10^{10}} = 277'69 \text{ núcleos}$$

$$N(B) = 1015 \text{ e}^{-2'1979 \cdot 10^{-11} \cdot 9'4608 \cdot 10^{10}} = 126'88 \text{ núcleos}$$

$$A(A) = \lambda_A N(A) = 1'37 \cdot 10^{-11} \cdot 277'69 = 3'8 \cdot 10^{-9} \text{ Bq.}$$

$$A(B) = \lambda_B N(B) = 2'23 \cdot 10^{-11} \cdot 126'88 = 2'79 \cdot 10^{-9} \text{ Bq.}$$

$$\Rightarrow \boxed{A(A) > A(B)}$$

18. Los restos de un animal encontrado en un yacimiento arqueológico tienen una actividad radiactiva de 2,6 desintegraciones por minuto y gramo de carbono. Calcula el tiempo transcurrido desde la muerte del animal. (Datos: la actividad del C-14 es de 15 desintegraciones por minuto y por gramo de carbono. El periodo de semidesintegración del C-14 es de 5730 años)

$$A = 2'6 \frac{\text{desinteg.}}{\text{min}} \quad y \quad \text{por 1 g} \Rightarrow m = 1 \text{ g}$$

$$A = 2'6 \frac{\text{desint.}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0'0433 \text{ Bq.}$$

$$\Delta_c = 15 \frac{\text{desint.}}{\text{min}} = 15 \frac{\text{desint.}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0'25 \text{ Bq.}$$

$$t_{1/2} = 5730 \text{ a}\overline{\text{a}} = 1'68 \cdot 10^{11} \text{ s.} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = 4'09 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad 0'0433 = 0'25 \cdot e^{-4'09 \cdot 10^{-12} t}$$

$$\ln \frac{0'0433}{0'25} = -4'09 \cdot 10^{-12} t \quad t = 4'28 \cdot 10^{11} \text{ s} = 135'21 \text{ a}\overline{\text{a}}$$

* No es necesario transformar en s ni las desint/min → desint/s

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

obtenemos t en a\overline{a}.

$$2'6 = 15 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{5730} t}$$

19. En un tiempo determinado, una fuente radiactiva A tiene una actividad de $1,6 \times 10^{11}$ Bq y un periodo de semidesintegración de $8,983 \times 10^5$ s y una segunda fuente B tiene una actividad de $8,5 \times 10^{11}$ Bq. Las fuentes A y B tienen la misma actividad 45,0 días más tarde. Determine: a) La constante de desintegración radiactiva de la fuente A. b) El número de núcleos iniciales de la fuente A. c) El valor de la actividad común a los 45 días. d) La constante de desintegración radiactiva de la fuente B. Nota: 1 Bq = 1 desintegración/segundo (Septiembre 2009)

$$A_A = 1,6 \cdot 10^{11} \text{ Bq} \quad T_{A_{1/2}} = 8,983 \cdot 10^5 \text{ s}$$

$$A_B = 8,5 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

$$t = 45 \text{ días}$$

$$A_A = A_B$$

a)

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{T_{A_{1/2}}} = \frac{\ln 2}{8,983 \cdot 10^5} = 7,7162 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

b) $N = N_0 e^{-\lambda t}$

$$A_c = \lambda N_0 \rightarrow 1,6 \cdot 10^{11} = 7,7162 \cdot 10^{-7} N_0$$

$$N_{0A} = \frac{1,6 \cdot 10^{11}}{7,7162 \cdot 10^{-7}} = 2,07 \cdot 10^{17} \text{ nucleos} \quad | N_{0A} = 2,07 \cdot 10^{17} \text{ nucleus}$$

c) $A = \lambda N$

$$N_A = N_{0A} e^{-\lambda t} = 2,07 \cdot 10^{17} e^{-7,7162 \cdot 10^{-7} \cdot 45 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,03 \cdot 10^{16}$$

$$A_A = \lambda N_A = 7,7162 \cdot 10^{-7} \cdot 1,03 \cdot 10^{16} = 7,95 \cdot 10^9 \text{ Bq}$$

| $A_A = A_B = 7,95 \cdot 10^9 \text{ Bq}$

d) $A_B = A_{0B} e^{-\lambda_B t}$

$$7,95 \cdot 10^9 = 8,5 \cdot 10^{11} e^{-\lambda_B \cdot 45 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$\ln \frac{7,95 \cdot 10^9}{8,5 \cdot 10^{11}} = -\lambda_B \cdot 3888 \cdot 10^3$$

| $\lambda_B = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

20. Una muestra de un organismo vivo presenta en el momento de morir una actividad radiactiva por cada gramo de carbono, de 0,25 Bq correspondiente al isótopo ^{14}C . Sabiendo que dicho isótopo tiene un periodo de semidesintegración de 5730 años, determine: a) La constante radiactiva del isótopo ^{14}C . b) La edad de una momia que en la actualidad presenta una actividad radiactiva correspondiente al isótopo ^{14}C de 0,163 Bq, por cada gramo de carbono. Datos: 1 Bq = 1 desintegración/segundo. Considere 1 año = 365 días (Septiembre 2010)

$$1\text{ g de C} \rightarrow A = 0'25 \text{ Bq.}$$

$$T_{1/2} = 5730 \text{ a}$$

$$\text{a)} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5730 \text{ a}} = 1'17 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}$$

$$\text{b)} \quad A = 0'163 \text{ Bq.}$$

$$\Delta_0 = 0'25 \text{ Bq.}$$

$$\Delta = \Delta_0 e^{-\lambda t}$$

$$0'25 = 0'163 \cdot e^{-1'17 \cdot 10^{-4} t}$$

$$\ln \frac{0'25}{0'163} = -1'17 \cdot 10^{-4} t \quad | \boxed{t = 3313'78 \text{ a}}$$

21. El deuterio es un isótopo del hidrógeno de masa atómica igual a 2,0136 u. Su núcleo está formado por un protón y un neutrón. a) Indique el número atómico (Z) y el número másico (A) del deuterio. b) Calcule el defecto de masa del núcleo de deuterio. c) Calcule la energía media de enlace (expresada en MeV) por nucleón del deuterio. d) Si un ión de deuterio es acelerado mediante un campo eléctrico, partiendo del reposo, entre dos puntos con una diferencia de potencial de 2000 V, calcule su longitud de onda de De Broglie asociada. Datos: Masa del protón $m_p = 1,0073$ u; Masa del neutrón $m_n = 1,0087$ u Valor absoluto de la carga del electrón $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C Unidad de masa atómica u = $1,67 \times 10^{-27}$ kg Velocidad de la luz en el vacío $c = 3 \times 10^8$ m/s Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s (Modelo 2008)



c) $\boxed{E=1} \quad \boxed{A=2}$

b) $m_p = 1,0073 \text{ u} \quad m_n = 1,0087 \text{ u}$

$$\Delta m = Z m_p + (A-Z) m_n - M_{\text{exp}} = 1 \cdot 1,0073 + 1 \cdot 1,0087 - 2,0136 = 0,0024 \text{ u} \quad \boxed{\Delta m = 0,0024 \text{ u}}$$

c) $E = \Delta m \cdot 931 = 0,0024 \cdot 931 = 2,23 \text{ MeV}$

$$B = \frac{E}{A} = \frac{2,234}{2} = 1,117 \quad \boxed{B = 1,117 \text{ MeV/nucleón}}$$

d) $\Delta V = 2000 \text{ V} \quad E_L = \frac{1}{2} mv^2 = q \Delta V = W \quad c_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$

$$\frac{1}{2} \cdot 2,0136 \text{ u} \cdot (1,66 \cdot 10^{-27}) \text{ kg} \cdot v^2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2000}{2,0136 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} = 4,37 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{2,0136 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 4,37 \cdot 10^5}$$

$$\boxed{\lambda = 4,53 \cdot 10^{-13} \text{ m}}$$