 LIBRO TEXTO

El fenómeno de la radiactividad consiste en la emisión de radiación procedente de núcleos atómicos inestables. Puede producirse en forma de partículas subatómicas (partículas alfa y beta) o en forma de energía (rayos gamma)

4 La fluorescencia es una propiedad de algunas sustancias que consiste en emitir una luz de color o frecuencia diferente a la que reciben

El fenómeno de la fluorescencia se produce después de que los materiales sean iluminados, mientras que la emisión por radiactividad no requiere de la incidencia de radiación. Por tanto se trata de dos fenómenos que no están relacionados

6 Po, Ra...

5 Becquerel estudiaba los fenómenos de fluorescencia y fosforescencia para lo cual colocaba un cristal que contenía uranio encima de una placa fotográfica envuelta en papel negro. Observó que, tras unas horas de exposición al sol, cuando desarrollaba la placa los encontraba velados, pero también halló la placa velada sin haber exposición al Sol. El primer resultado podía valerse a la fosforescencia, pero no así el segundo para el que dio la explicación de que la sal de uranio era capaz de emitir una radiación muy penetrante. Esta radiación es la que más tarde Marie Curie llamaría RADIACTIVIDAD.

9 Corre mayor peligro el espía americano, que ingiere una fuente de emisión α. Esta radiación es muy poco penetrante y, por tanto es absorbida por el organismo del espía, lo que produce en sus células alteraciones químicas muy importantes

10 Comparando la expresión proporcionada con la ley de desintegración radiactiva del material.

$N=N_0\cdot e^{-4'32\cdot10^{-5}t}$ $\quad \lambda=+4'32\cdot10^{-5}\,s^{-1}$ $\quad \boxed{T_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}=\frac{\ln 2}{4'32\cdot10^{-5}\,s^{-1}}=16.000\,s}$

11 ⓐ Aplicamos la ley de desintegración radiactiva, expresada en función de la masa, para hallar el tiempo que ha pasado:

$$m=m_0\cdot e^{-\lambda t}\rightarrow\frac{m}{m_0}=e^{-\lambda t}\rightarrow\ln\frac{m}{m_0}=-\lambda t\rightarrow\ln\frac{m_0}{m}=\lambda t\rightarrow t=\frac{\ln\frac{m_0}{m}}{\lambda}$$

$$T_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}\rightarrow\lambda=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\rightarrow\boxed{t=\frac{\ln\frac{m_0}{m}}{\frac{\ln 2}{T_{1/2}}}=\frac{\ln\frac{5\,mg}{0'05\,mg}}{\frac{\ln 2}{1600\text{ años}}}=5300\text{ años}=1'7\cdot10^{11}\,s}$$

ⓑ Utilizamos factores de conversión para hallar el número de núcleos radiactivos presentes en la muestra inicial y final:

N = Nº átomos; m = masa; M = masa molar; N_A = Nº Avogadro

$$\boxed{N=\frac{m}{M}\times N_A}$$

Nº átomos iniciales $\rightarrow N_0=5\cdot10^{-3}\,g\,Ra\cdot\frac{1\,mol\,\text{átomos}}{226'025\,g\,Ra}\cdot\frac{6'022\cdot10^{23}\,\text{átomos}}{1\,mol\,Ra}=1'33\cdot10^{19}$ núcleos Ra

$$N=0'5\cdot10^{-3}\,g\,Ra\cdot\frac{1\,mol\,\text{átomos}\,Ra}{226'025\,g\,Ra}\cdot\frac{6'022\cdot10^{23}\,\text{átomos}}{1\,mol\,Ra}=1'33\cdot10^{18}\text{ núcleos Ra}$$

Calculamos las actividades en unidades del S.I:

$$\boxed{A_0=\lambda\cdot N_0=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\cdot N_0=\frac{\ln 2}{1600\,años\cdot\frac{365\,días}{1\,año}\cdot\frac{24\,h}{1\,día}\cdot\frac{3600\,s}{1\,h}}\cdot1'33\cdot10^{19}\text{ núcleos}=1'83\cdot10^{8}\,Bq}$$

$$\boxed{A=\lambda\cdot N=\frac{\ln 2}{T_{1/2}}\cdot N=\frac{\ln 2}{1600\cdot365\cdot24\cdot3600\,s}\times1'33\cdot10^{18}\text{ núcleos}=1'83\cdot10^{7}\,Bq}$$

12 ⓐ Que la muestra de yodo se reduzca de 4,0 mg a 1,0 mg significa que se reduce a la mitad de su valor en dos ocasiones. Por tanto deben transcurrir dos periodos de semidesintegración:

$$m=\frac{m_0}{4}=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^2\rightarrow t=2\cdot T_{1/2}=2\cdot8\text{ días}=16\text{ días}$$

$$\underbrace{4\,mg\xrightarrow{T}2\,mg\xrightarrow{T}1\,mg}_{2T_{1/2}=t}$$

ⓑ En este caso la actividad se reduce a su octava parte

$$A=\frac{A_0}{8}=A_0\left(\frac{1}{2}\right)^3$$ Por tanto, deben transcurrir tres periodos de semidesintegración.

$$t=3\cdot T_{1/2}=3\cdot8\text{ días}=24\text{ días}.$$

13 (a) El periodo de semidesintegración se relaciona con la constante radiactiva $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$

Expresamos la ley de desintegración radiactiva y sustituimos la expresión de la constante radiactiva

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}$$ despejamos el periodo de semidesintegr.

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t} \rightarrow \ln \frac{m_0}{m} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t \rightarrow T_{1/2} \cdot \ln \frac{m_0}{m} = t \cdot \ln 2 \rightarrow T_{1/2} = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln \frac{m_0}{m}}$$

$$\boxed{T_{1/2} = \frac{24'0\,s \cdot \ln 2}{\ln \frac{m_0}{7/8\, m_0}} = 125\,s}$$

(b) Conocido el $T_{1/2}$, aplicamos la ley de desintegración radiactiva para hallar el tiempo necesario.

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \rightarrow \boxed{t = \frac{\ln \left(\frac{A}{A_0}\right)}{(-)\lambda}} = \frac{\ln \frac{A_0}{A}}{\lambda} = \frac{\ln \frac{A_0}{\frac{A_0}{5}}}{\ln 2 / 125} = 290\,s$$

14 N_0; $N = \frac{N_0}{8}$; $t = 90\,min$; (a) $T_{1/2} = ?$; $\tau = ?$

(a) Si la actividad de un radioisótopo disminuye a su octava parte, se reduce a la mitad de su valor en tres ocasiones $A = \frac{A_0}{8} = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3$ Por tanto han transcurrido tres periodos de semidesintegración

$$t = 3 \cdot T_{1/2} \rightarrow \boxed{T_{1/2} = \frac{t}{3} = \frac{90\,min}{3} = 3\,min}$$

(b) La vida media se relaciona con la constante radiactiva y con el periodo de semidesintegrac.

$$\boxed{\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{30\,min}{\ln 2} = 4'3\,min}$$

16 → Mal resultado (c) N_0:

16 (a) $5'46 \cdot 10^{6}$ y (b) $8'82 \cdot 10^{7}$ Bq (c) $5'77 \cdot 10^{-4}$

17 Rn − 222; $T_{1/2} = 3'82$ días; $A_r(Rn) = 222{,}0175\,u$; (c) $t = ?$; $m_0 = 8\,mg$; $m = 0'5\,mg$

(c) Como la muestra de Rn disminuye de 8 mg a 0'5 mg significa que se reduce en un factor:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{0'5\,mg}{8\,mg} = \frac{1}{16} = \left(\frac{1}{2}\right)^4$$ Por tanto, ha transcurrido un intervalo de tiempo igual a cuatro periodos de semidesintegración

$$t = 4 \cdot T_{1/2} = 4 \cdot 3'82 \text{ días} = 15'3 \text{ días}$$

(b) Utilizamos factores de conversión para hallar el número de núcleos radiactivos presentes en la muestra inicial:

$$N_0 = 8 \cdot 10^{-3}\,g \text{ de Rn} \cdot \frac{1\,mol\,Rn}{222{,}0175\,g\,Rn} \cdot \frac{6'022 \cdot 10^{23}\,átomos}{1\,mol\,Rn} = 2'17 \cdot 10^{19} \text{ núcleos Rn}$$

$$A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{3'82 \cdot 24 \cdot 3600\,s} \cdot 2'17 \cdot 10^{19} \text{ núcleos Rn} = 4'56 \cdot 10^{13}\,Bq$$

La actividad final e inicial tendrá entre sí la misma relación que las masas. Por tanto

$$m = \frac{1}{16} m_0 \rightarrow \boxed{A = \frac{1}{16} A_0 = \frac{1}{16}\, 4'56 \cdot 10^{13}\,Bq = 2'85 \cdot 10^{12}\,Bq}$$

18 $T_{1/2} = 7'04 \cdot 10^8$ años; $M(U) = 235 \frac{g}{mol}$; U-235

(a) Utilizamos factores de conversión para hallar el nº de núcleos radiactivos presentes en la muestra inicial:

$$N_0 = 1\,g\,U \cdot \frac{1\,mol\,U}{235\,g\,U} \cdot \frac{6'022 \cdot 10^{23}\,núcleos}{1\,mol\,U} = 2'56 \cdot 10^{21} \text{ núcleos U}$$

$$\boxed{A_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 = \frac{\ln 2 \cdot 2'56 \cdot 10^{21} \text{ núcleos U}}{7 \cdot 10^8\,años \cdot \frac{365\,días}{1\,año} \cdot \frac{86400\,s}{1\,día}} = 8'04 \cdot 10^4\,Bq}$$

(b) La masa final se obtiene usando la ecuación de la desintegración radiactiva, expresada en términos de masa:

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot t}$$

$$\boxed{m = 1\,g \cdot e^{-\frac{\ln 2}{7 \cdot 10^8} \cdot 1 \cdot 10^8} = 0'906\,g}$$

2

Aplicamos la ley de desintegración radiactiva a las dos muestras. En el proceso tenemos en cuenta que $N_{0A} = N_{0B} = N_0$ y $N_A = 2N_B$

$$\boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}} \rightarrow \frac{N_A}{N_B} = \frac{\cancel{N_0}\, e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2A}} \cdot t}}{\cancel{N_0}\, e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2B}} \cdot t}} \rightarrow \frac{2\cancel{N_B}}{\cancel{N_B}} = e^{\ln 2\left[-t\left(\frac{1}{T_{1/2A}} - \frac{1}{T_{1/2B}}\right)\right]} \rightarrow$$

$$\rightarrow 2 = \left[e^{\ln 2}\right]^{-t\left(\frac{1}{T_{1/2A}} - \frac{1}{T_{1/2B}}\right)} \rightarrow 2 = -2t\left(\frac{1}{T_{1/2A}} - \frac{1}{T_{1/2B}}\right) \rightarrow \frac{1}{t} = +\frac{1}{T_{1/2B}} - \frac{1}{T_{1/2A}} \rightarrow$$

$$\frac{1}{T_{1/2B}} = \frac{1}{t} + \frac{1}{T_{1/2A}} \rightarrow \frac{1}{T_{1/2B}} = \frac{1}{2250s} + \frac{1}{250s} = \frac{1}{225s} \rightarrow \boxed{T_{1/2B} = 225s}$$

25 La fuerza nuclear fuerte y la fuerza nuclear débil

La fuerza nuclear fuerte es la que mantiene a los protones y neutrones confinados en un espacio muy pequeño como el núcleo atómico. Se trata de una fuerza de corto alcance pero muy intensa

La fuerza nuclear débil es la responsable de la emisión β

A la distancia donde las fuerzas nucleares se manifiestan la fuerza nuclear fuerte es más fuerte que la fuerza electromagnética, mientras que la fuerza nuclear débil es inferior en intensidad a la fuerza electromagnética.

27 De acuerdo con la teoría cuántica la energía asociada a un fotón es: $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$ Despejamos la frecuencia:

$$f = \frac{E}{h} \rightarrow f = \frac{0'361\,\text{MeV} \times \frac{10^6\,\text{eV}}{1\,\text{MeV}} \times \frac{1'602 \cdot 10^{-19}\,\text{J}}{1\,\text{eV}}}{6'63 \cdot 10^{-34}\,\text{J·s}} = 8'73 \cdot 10^{19}\,\text{Hz}$$

h → constante de PLANCK

gamma → radiación electromagnética → $C = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$

$$1\,\text{eV} = 1\,\text{eV} \times \frac{1'602 \cdot 10^{-19}\,\text{C}}{1\,\text{e}} = 1'602 \cdot 10^{-19}\,\text{C·V} = 1'602 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$$

La longitud de onda se calcula a partir de la frecuencia: $\boxed{\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{8'73 \cdot 10^{19}\,\text{Hz}} = 3'44 \cdot 10^{-12}\,m}$

29 ⓐ El defecto de masa es la diferencia entre la masa de las masas de los protones y los neutrones que forman el núcleo y la masa del núcleo.

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) m_n] - M_N$$

$$\boxed{\Delta m = [8 \cdot 1'0073u + (16-8) \cdot 1'0087] - 15{,}99494 = 0'1331\,u}$$

ⓑ La energía de enlace es la energía asociada a ese defecto de masa, de acuerdo con la teoría de la relatividad: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \rightarrow \Delta E = 0'1331\,\cancel{u} \times \frac{1'661 \cdot 10^{-27}\,kg}{1\,u} \cdot \left(3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}\right)^2 = 1'986 \cdot 10^{-11}\,J$

Cambiando de unidades: $\boxed{\Delta E = 1'986 \cdot 10^{-11}\,\cancel{J} \times \frac{10^{-6}\,\text{MeV}}{1'602 \cdot 10^{-19}\,\cancel{J}} = 124\,\text{MeV}}$

$1\,\text{MJ} = 1\,\text{MeV} \times \frac{1e}{1'610 \cdot 10^{-19}} \cdot \frac{1\,\text{MeV}}{10^{6}\,\text{eV}}$

$1'986 \cdot 10^{-11}\,J = 124\,\text{MeV}$

ⓒ La energía de enlace por nucleón es el cociente entre la energía de enlace y el nº de nucleones (nº másico, A) $\boxed{\frac{\Delta E}{A} = \frac{124'0\,\text{MeV}}{16} = 7'75\,\text{MeV}}$

30 Igual que 29 **31** **32** iguales a 29

33 Una reacción nuclear es un proceso de combinación de núcleos atómicos y partículas subatómicas, para dar lugar a otros núcleos distintos. Durante la reacción nuclear no se conserva la masa. El defecto de masa se transforma en energía liberada o, cuando se necesita energía para que la reacción tenga lugar, parte de esa energía se transforma en masa, de acuerdo con la equivalencia entre masa y energía $\Delta E = mc^2$. Lo que sí se conserva es la energía total del sistema

Las reacciones nucleares se dan espontáneamente en la naturaleza. Ejemplo: reacciones nucleares en el interior de las estrellas, donde la presión y la temperatura son muy elevadas

$\boxed{1u = 931\,\text{MeV}}$

36 Igual que **27**

37 Calculamos el defecto de masa a partir de la energía liberada en la reacción nuclear:

$$\Delta E = \Delta m c^2 \rightarrow \boxed{\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}} = \frac{2'71 \cdot 10^6\,\text{eV} \times \frac{1'602 \cdot 10^{-19}\,C}{1e}}{(3 \cdot 10^8)^2 \frac{m^2}{s^2}} = 4'82 \cdot 10^{-30}\,kg \quad \boxed{\Delta m = 2'91 \cdot 10^{-3}\,u}$$

$1u = 1'661 \cdot 10^{-27}\,kg$

El defecto de masa ha de ser igual a la diferencia entre la masa de los reactivos y la de los productos: ${}^{12}_{6}C + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{13}_{6}C$

$$\Delta m = [Ar({}^{12}C) + Ar({}^{2}H)] - [Ar({}^{1}H) + Ar({}^{13}C)]$$

Despejamos la $Ar({}^{13}C)$

$$\boxed{Ar({}^{13}C)} = [Ar({}^{12}C) + Ar({}^{2}H)] - Ar({}^{1}H) - \Delta m = (12u + 2'0141u) - 1'0078 - 0'00291 = 13'0u$$

38 (a) Para escribir las reacciones nucleares, tenemos en cuenta que la suma de los números atómicos y másicos de reactivos y productos ha de ser igual. Si además utilizamos una tabla periódica para saber a qué elemento químico le corresponde cada valor de Z vamos obteniendo los diferentes elementos de la serie de desin

(c) $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^{0}_{-1}e$; $^{234}_{91}Pa \rightarrow ^{234}_{92}U + ^{0}_{-1}e$; $^{234}_{92}U \rightarrow ^{230}_{90}Th + ^{4}_{2}He$; $^{230}_{90}Th \rightarrow ^{226}_{88}Ra$

(b) Un isótopo del radio $^{226}_{88}Ra$

40 39 igual que 38 39 $^{220}_{86}Rn$ 40 $^{206}_{82}Pb$

41 Para hallar la cantidad de partículas α y beta emitidas tenemos en cuenta que el número de protones y neutrones es el mismo antes y después de la reacción

$^{235}_{92}U \rightarrow ^{207}_{82}Pb + x\,^{4}_{2}He + y\,^{0}_{-1}e \rightarrow$ $235 = 207 + 4x$, $92 = 82 + 2x - y$ | $x = 7$, $y = 4$. Se liberan 7 partículas α y 4 partículas beta.

42 (a) $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}P \rightarrow 2\,^{4}_{2}He$

(b) Calculamos el defecto de masa a partir de la energía liberada en la reacción nuclear.

$\Delta E = \Delta M \cdot c^2 \rightarrow \Delta M = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{9'5\cdot 10^6\,eV \times \frac{1'6\cdot 10^{-19}C}{1e}}{\left(3\cdot 10^8 \frac{m}{s}\right)^2} = 1'69\cdot 10^{-29}\,kg = 0'0102\,u$

$1u = 1'661\cdot 10^{-27}\,kg$

El defecto de masa ha de ser igual a la diferencia entre las masas de los reactivos y de los productos: $^{7}_{3}Li + ^{1}_{1}P \rightarrow 2\,^{4}_{2}He$

$\Delta m = [Ar(^7Li) + Ar(^1P)] - [2\cdot Ar(^4He)] \rightarrow Ar(^7Li) = \Delta M - Ar(^1H) + 2\cdot Ar(^4He)$

$Ar(^7Li) = 0'0102u - 1'0078u + 2\cdot 4'0026u$

$\boxed{Ar(^7Li) = 7'04}$

44 (a) Para determinar el isótopo que falta en la reacción nuclear, planteamos la conservación de los números atómicos y másicos globales.

$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{1}_{0}n$ $\begin{cases} 2+2 = A+1 \rightarrow A=3 \\ 2 = Z+0 \rightarrow Z=2 \end{cases}$ El producto que se obtiene es un isótopo del elemento de $Z=2$ $^{3}_{2}He$

(b) Utilizamos factores de conversión para hallar la energía liberada en la obtención de 1kg de ^3He

$$\boxed{E = 10^3 g\,de\,^3He \times \frac{1\,mol\,^3He}{3\,g\,de\,He} \times \frac{6'022\cdot 10^{23}\,núcleos}{1\,mol} \times \frac{3'27\,MeV}{1\,núcleo} = 6'56\cdot 10^{26}\,MeV}$$

Página 352

1 $\lambda \rightarrow$ constante radiactiva, característica de cada isótopo radiactivo e igual a una constante de proporcionalidad entre el nº de emisiones por unidad de tiempo y el nº de núcleos presentes en la muestra

$A \rightarrow$ nº de núcleos que se desintegran por unidad de tiempo.

2 $\lambda = 2'34\cdot 10^{4}\,s^{-1}$ → Mal enunciado del libro

(a) $\tau = ?$

(b) $t = ?$ $N = \frac{N_0}{4}$

(a) $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2'34\cdot 10^4\,s^{-1}} = 4'27\cdot 10^{-5}\,s$.

(b) Si la muestra se reduce a la octava parte, se reduce a la mitad de su valor inicial en dos ocasiones

$m = \frac{m_0}{4} = m_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$ por tanto, han transcurrido dos periodos de semidesintegración.

$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{2'34\cdot 10^4\,s^{-1}} = 2'96\cdot 10^{-5}\,s$

$$\boxed{t = 2\cdot T_{1/2} = 2\cdot 2'96\cdot 10^{-5}\,s = 5'92\cdot 10^{-5}\,s}$$

4 En el Sol se dan reacciones nucleares → la radiactividad no siempre es perjudicial
La radiactividad artificial en dosis y forma correcta se utiliza en la detección y tratamiento de cánceres
La energía nuclear la usamos como fuente de energía (?)

8 (a) $^{11}_{5}B$

(b) $\Delta E = \Delta m c^2 \rightarrow \Delta M = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{11'47\times 10^6\,eV \times \frac{1'66\cdot 10^{-19}C}{1e}}{(3\cdot 10^8)^2 \frac{m^2}{s^2}} = 2'045\cdot 10^{-29}\,kg$ $2'045\cdot 10^{-29}\,kg \times \frac{1u}{1'66\cdot 10^{-27}\,kg} =$

$= 0'01231u$ El defecto de masa ha de ser igual a la diferencia entre las masas de los reactivos y las de los productos

$Ar(^{11}B) = \Delta M - Ar(^1H) + 3\,Ar(^4He) = 0'01231u - 1'0078u + 3\cdot 4'0026u = 11'01u$

19 | página 338

Rd-222

$T = 3'82\,d = 330048\,s$

$M_r = 222{,}0175\,u$

(a) $t = ?$

$m_0 = 2\,mg = 2\cdot10^{-3}\,g$

$m_f = 0'25\,mg = 2'5\cdot10^{-4}\,g$

(b) $A_0 = ?$

$A_f = ?$

Sabiendo que el radón-222 tiene un T = 3'82 días y una masa atómica de 222,0175 u, calcula: (a) el tiempo necesario para que una muestra de 2mg de radón se reduzca a 0'25mg; (b) los valores de la actividad inicial y la final

17 | página 348

La ley de emisión radiactiva es: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$ 1º hallamos

2

(a) $$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{330048\,s} = 2{,}1\cdot10^{-6}\,s^{-1}$$

Teniendo en cuenta que las masas m_0 y m_f se relacionan con el nº de núcleos en el instante t (N) y en el instante inicial, t_0 (N_0) según:

$$m = \frac{N \cdot M}{N_A} \qquad m_0 = \frac{N_0 M}{N_A}$$

M → masa molar

N_A → nº Avogadro

La ley de emisión radiactiva se puede escribir

$$m = m_0\, e^{-\lambda t}$$

Sustituyendo valores:

$$0'25\cdot10^{-3}\,g = 2\cdot10^{-3}\,g \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\ln\frac{0'25}{2} = -2'1\cdot10^{-6}\,s^{-1}\cdot t \Rightarrow t = \frac{\ln\frac{0'25}{2}}{2'1\cdot10^{-6}\,s^{-1}} = 990210\,s$$

$$\boxed{t = 11'46\ \text{días}}$$

(b) $A_0 = \lambda \cdot N_0$

$$N = \frac{m\, N_A}{M}$$

m → masa de sustancia

N_A → nº de Avogadro

M → masa molar

Calculamos el nº de núcleos iniciales, N_0, y finales, N.

$$N_0 = \frac{m_0 N_A}{M} = \frac{2\cdot10^{-3}\,g \cdot 6'02\cdot10^{23}\,\frac{\text{núcleos}}{mol}}{222{,}0175\,\frac{g}{mol}} = 5'42\cdot10^{18}\ \text{núcleos}$$

$$N = \frac{m\cdot N_A}{M} = 6'78\cdot10^{17}\ \text{núcleos}$$

Calculamos ahora los valores de la actividad inicial, A_0, y final A.

$$A_0 = \lambda N_0 = 2'1\cdot10^{-6}\,s^{-1}\cdot 5'42\cdot10^{18} = 1'14\cdot10^{13}\,Bq$$

REPASOS

38 Página 340

$m_0 = 3 \cdot 10^{-3}\,g$

I-131

$T = 8\,días = 6'91 \cdot 10^5\,s$

ⓐ $m = 5 \cdot 10^{-4}\,mg$

ⓑ $A = \frac{A_0}{4}$

$t = ?$

Disponemos de una muestra de 3 mg de I-131. Sabiendo que el I-131 tiene un T = 8 días, calcula el tiempo que debe transcurrir para que: ⓐ la muestra se reduzca a 0'5 mg ⓑ la actividad se reduzca a la cuarta parte de su valor inicial

17 pág 348

ⓐ Hallemos la constante radiactiva del iodo-131 (λ) y conocida esta aplicamos la ley de emisión radiactiva para hallar el tiempo que tarda la muestra en reducirse a 0'5g:

$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0'693}{6'91 \cdot 10^5\,s} = 1 \cdot 10^{-6}\,s^{-1}$

$m = m_0 \cdot e^{-\lambda T}$

$5 \cdot 10^{-4}\,g = 3 \cdot 10^{-3}\,g \cdot e^{-10^{-6}\,s^{-1} \cdot t}$

$\ln \frac{5 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-3}} = -10^{-6}\,s^{-1} \cdot t \Rightarrow \boxed{t = 1'79 \cdot 10^6\,s = 20'7\,d}$

ⓑ Para que la actividad se reduzca a la cuarta parte de su valor inicial, el número de núcleos debe reducirse en la misma proporción puesto que la actividad y el nº de núcleos se relacionan según $A = \lambda \cdot N$.

$A = \frac{A_0}{4} \Rightarrow N = \frac{N_0}{4}$

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

$\frac{A}{A_0} = \frac{1}{4} = e^{-\lambda \cdot t}$

$\ln 0'25 = -10^{-6}\,s^{-1}\,t$

$\boxed{t = \frac{\ln 0'25}{-10^{-6}} = 1386294\,s = 16\,días}$

El tiempo t necesario para que el número de núcleos se reduzca a la cuarta parte de valor inicial es, pues, de dos periodos de semidesintegración T, ya que el nº de núcleos ha de reducirse a la mitad dos veces consecutivas.

$\boxed{t = 2T = 2 \cdot 8\,días = 16\,días}$

40

$A(t) = \frac{A_0}{8}$

$t = 7'5\,min = 450\,s$

ⓐ $T = ?$

ⓑ $\tau = ?$

La actividad de un isótopo radiactivo disminuye a la octava parte de su valor inicial en 7'5 min. Halla: ⓐ $T_{1/2}$ ⓑ la vida media del radioisótopo

ⓐ $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ $\lambda = ?$

$A = A_0\,e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{A}{A_0} = -\lambda t \Rightarrow \ln \frac{1}{8} = -\lambda \cdot 450\,s \Rightarrow \lambda = 0'00462\,s^{-1}$

$\boxed{T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{0'00462\,s^{-1}} = 150\,s = 2'5\,min}$

ⓑ $\boxed{\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2} = \frac{2'5\,min}{0'693} = 3'6\,min}$

41

Sabiendo que el O-16 tiene una masa atómica de 15'9949u, halla: ⓐ su defecto de masa; ⓑ la energía de enlace ⓒ su energía de enlace por nucleón

$A_r(^{16}O) = 15'9949\,u$

$A = 16$

$Z = 8$

$m_p = 1'0073\,u$

$m_n = 1'0087\,u$

ⓐ $\Delta m = ?$

ⓑ $\Delta E = ?$

ⓒ $\frac{\Delta E}{A} = ?$

$1u = 931\,MeV \rightarrow$ saber

ⓐ Tomamos como valor de la masa nuclear del O-16 el valor de su masa atómica por el pequeño valor de la masa de los e^-: $M_N(^{16}_8O) \simeq A_r(^{16}O)$ y sustituimos los datos del enunciado en la expresión para el defecto de masa:

$\Delta m = (Z \cdot m_p + (A - Z)\,m_n) - M_N$

$\boxed{\Delta m = (8 \cdot 1'0073\,u + (16 - 8) \cdot 1'0087\,u) - 15'9949\,u = 0'1331\,u}$

ⓑ La energía de enlace puede calcularse a partir de la relación $\Delta E = mc^2$, o bien de forma más directa a partir del equivalente energético de la unidad de masa atómica: $1u = 931\,MeV$

$\boxed{\Delta E = 0'1331\,u \cdot \frac{931\,MeV}{1u} = 123'9\,MeV}$

ⓒ $\boxed{\frac{\Delta E}{A} = \frac{123'9\,MeV}{16} = 7'74\,MeV}$

El Torio-234 se desintegra emitiendo dos partículas β seguidas de dos partículas α. ⓐ Escribe las reacciones nucleares que tienen lugar ⓑ determina el isótopo resultante $Z_{Th} = 90$

42

ⓐ $^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$ (partícula β)

$^{234}_{91}Pa \longrightarrow {}^{234}_{92}U + {}^{0}_{-1}e$

$^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{230}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$ (partícula α)

$^{230}_{90}Th \longrightarrow {}^{226}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$

Reacción global $^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{226}_{88}Ra + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{4}_{2}He$