

## PROBLEMAS DE RADIOBIOLOGIA

**1**

Se dispone de dos fuentes radiactivas, una formada por un radioisótopo  $^{24}_{11}\text{Na}$  que tiene una semivida de 14.66 horas y otra de  $^{41}_{18}\text{Ar}$  con una semivida de 1.83 horas. Estos radioisótopos se desintegran por emisión de partículas  $\beta^-$ . Las actividades iniciales son 1 mCi y 10 mCi para el  $^{24}_{11}\text{Na}$  y  $^{41}_{18}\text{Ar}$  respectivamente. a) ¿Cuántos núcleos hay inicialmente en las fuentes?, b) ¿En qué instante las dos fuentes tienen el mismo número de radioisótopos? c) ¿En qué instante tendrán la misma actividad y cuánto valdrá ésta? (Sol: a)  $2.82 \cdot 10^{12}$  de  $^{24}_{11}\text{Na}$  y  $3.51 \cdot 10^{12}$  de  $^{41}_{18}\text{Ar}$ . b) 0.66 h. c) 6.93 h, 0.72 mCi)

a) Núcleos iniciales:  $A_0 = \lambda \cdot N_0$  ;

$$N_0 = \frac{A_0 \cdot t_{1/2}}{\ln 2} ; \quad t_{1/2} = 14,66\text{h} \frac{3600''}{1\text{h}} = 52.776''$$

$$\Rightarrow N_0^{Na} = \frac{3,7 \cdot 10^7 \cdot 52.776}{0,693} = 2,82 \cdot 10^{12}$$

$$t_{1/2}^{Ar} = 1,83\text{h} \cdot \frac{3600''}{1\text{h}} = 6.588'' \Rightarrow N_0^{Ar} = \frac{3,7 \cdot 10^8 \cdot 6.588}{0,693} = 3,51 \cdot 10^{12}$$

b) 
$$\boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}} \Rightarrow N_0^{Na} \cdot e^{-\lambda^{Na} \cdot t} = N_0^{Ar} \cdot e^{-\lambda^{Ar} \cdot t} \Rightarrow \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} = \frac{e^{-\lambda^{Ar} \cdot t}}{e^{-\lambda^{Na} \cdot t}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} = e^{(-\lambda_{Ar} + \lambda_{Na})t} \Rightarrow \ln \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} = (\lambda_{Na} - \lambda_{Ar}) \cdot t; \text{ como } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \left( \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} \right)}{\left( \frac{\ln 2}{52.776} - \frac{\ln 2}{6.588} \right)} \Rightarrow t = \ln(0,8)(-10.881,39) \Rightarrow t = 2.428,112'' \Rightarrow \mathbf{t = 0,66\text{h}}$$

c) 1) 
$$\boxed{A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}$$

$$N_0^{Na} \cdot e^{-\lambda^{Na} \cdot t} = N_0^{Ar} \cdot e^{-\lambda^{Ar} \cdot t} \Rightarrow \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} = \frac{e^{-\lambda^{Ar} \cdot t}}{e^{-\lambda^{Na} \cdot t}} \Rightarrow \ln \frac{N_0^{Na}}{N_0^{Ar}} = (\lambda_{Na} - \lambda_{Ar}) \cdot t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \left( \frac{A_0^{Na}}{A_0^{Ar}} \right)}{\lambda^{Na} - \lambda^{Ar}} = 25.006,3976'' \Rightarrow \mathbf{t = 6.93\text{h}}$$

$$\text{c) 2) } A = 3,7 \cdot 10^7 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{14,66} \cdot 0,68} \Rightarrow A = 3,7 \cdot 10^7 \cdot e^{-\frac{(0,693 \cdot 6,93)}{14,66}} \Rightarrow 3,7 \cdot 10^7 \cdot e^{-0,3277} \\ \Rightarrow 3,7 \cdot 10^7 \cdot 0,7206 \Rightarrow A = 26,662 \cdot 469,32 \frac{d}{s} \cdot \frac{1Ci}{3,7 \cdot 10^{10} \frac{d}{s}} \Rightarrow A = 0,7 \text{ mCi}$$

**2**

La relación entre las abundancias isotópicas del  $^{238}\text{U}$  y el  $^{235}\text{U}$  es igual a 137.9. Los períodos de semidesintegración de estos isótopos son  $4,47 \times 10^9$  años y  $7,04 \times 10^8$  años respectivamente. De acuerdo con estos datos y suponiendo que cuando se formó la Tierra la relación anterior era igual a 1, calculad la edad de la Tierra. (Sol:  $5,94 \times 10^9$  años)

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad U^{238} = U_0 e^{-\lambda_1 \cdot t} ; \quad U^{235} = U_0 e^{-\lambda_2 \cdot t} \quad \text{Como} \quad \frac{U^{238}}{U^{235}} = 137,9 \Rightarrow \\ 137,9 \cdot U^{235} = U_0 \cdot e^{-\frac{0,693}{4,47 \cdot 10^9} \cdot t}, \quad \text{y} \quad U^{235} = U_0 \cdot e^{-\frac{0,693}{7,04 \cdot 10^8} \cdot t} \quad \text{Dividiendo miembro a miembro:} \\ 137,9 = \frac{e^{-\frac{0,693}{4,47 \cdot 10^9} \cdot t}}{e^{-\frac{0,693}{7,04 \cdot 10^8} \cdot t}} = \frac{e^{-1,5505 \cdot 10^{-10} \cdot t}}{e^{-9,845 \cdot 10^{-10} \cdot t}} \Rightarrow 137,9 = e^{t(9,845 \cdot 10^{-10} - 1,5505 \cdot 10^{-10})} \Rightarrow 137,9 = e^{t(8,298 \cdot 10^{-10})} \Rightarrow \\ 4,926 = -8,294 \cdot t \Rightarrow t = 5,94 \cdot 10^9 \text{ años.}$$

**3**

Una muestra de 3 gr de  $^{131}\text{I}$  tiene inicialmente el 100 % de sus núcleos en estado radiactivo. La semivida de este radioisótopo es de 8 días. Esta muestra se introduce en el cuerpo de una persona que expulsa la totalidad de la muestra al cabo de 2 días. a) ¿cuántos núcleos y cuál es la actividad de la muestra introducida en el cuerpo? b) ¿cuántos gramos se han desintegrado en el interior del cuerpo? c) ¿qué % de núcleos queda por desintegrar? (Sol: a)  $1,37 \times 10^{22}$  núcleos,  $1,38 \times 10^{16}$  des/seg, b) 0.478 gr, c) 84.1 %)

**a)**

$$3g \cdot \frac{1\text{mol} \cdot I^{131}}{131g} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} N}{1\text{mol}} = 1,37 \cdot 10^{23} \text{ Núcleos.} \quad \text{Como: } A = \lambda \cdot N \\ \Rightarrow A = \frac{0,693}{8d \cdot 24h / d \cdot 3600''} \cdot 1,37 \cdot 10^{22} \text{ d/s} \Rightarrow A = 1,38 \cdot 10^{16} \text{ d/s}$$

**b)**

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow N = 1,37 \cdot 10^{22} \cdot e^{-\frac{0,693}{8} \cdot 2} \Rightarrow N = 1,37 \cdot 10^{22} \cdot 0,84 \Rightarrow$$

N =  $1,152 \cdot 10^{22}$  Núcleos;  $1,152 \cdot 10^{22}$  N  $\cdot \frac{1\text{mol}}{6,023 \cdot 10^{23} N} \cdot \frac{131g}{mol} = 2,5g \Rightarrow$  Se han desintegrado  $3-2,5 = 0,5g$

c)  $\frac{1,152 \cdot 10^{22}}{1,37 \cdot 10^{22}} \cdot 100 = 84,1\%$

4

Una muestra de 1 gr de ClRb (Cloruro de Rubidio) presenta una actividad de 634,75 Bq. Esta actividad es debida al radioisótopo beta  $^{87}\text{Rb}$  presente en el rubidio natural con un 27.835% de abundancia isotópica. Los pesos atómicos del cloro y del rubidio son 35,453 y 85,468 respectivamente. Calcular el período de semidesintegración de  $^{87}\text{Rb}$ . (Sol:  $4,8 \times 10^{10}$  años)

$$1\text{g ClRb} \cdot \frac{1\text{-mol-ClRb}}{(35,453 + 85,468)\text{g-ClRb}} \cdot \frac{1\text{mol-Rb}}{1\text{mol-ClRb}} \cdot \frac{27,835\text{mols}^{87}\text{Rb}}{100\text{mols-Rb}} = \frac{6,023 \cdot 10^{87} \text{Rb}}{1\text{-mol}^{87}\text{Rb}} =$$

$1,38 \cdot 10^{21} \text{Rb}$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 ; T_{1/2} = \frac{\ln 2 \cdot N_0}{A_0} \Rightarrow \frac{\ln 2 \cdot 1,38 \cdot 10^{21}}{634,75} = 1,5 \cdot 10^{18} \text{seg.} = 4,76 \cdot 10^{10} \text{años}$$

5

El  $^{60}\text{Co}$  es un radionúclido muy utilizado en radioterapia que tiene un período de 5271 años. Su masa molar es de 59,934 gr/mol. Calculad la actividad de una muestra de 1 gr de dicho radionúclido. (Sol: 1.15 Ci)

$$t_{1/2} = 5272\text{a} \cdot 365\text{d/a} \cdot 24\text{h/d} \cdot 3600''/\text{h} = 1,66 \cdot 10^{11} \text{seg.}$$

$$1\text{g Co} \cdot \frac{1\text{mol}}{59,934\text{g}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{Núcleos}}{1\text{mol}} = 1,0049 \cdot 10^{22} \text{Núcleos}$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 ; A_0 = \frac{\ln 2}{1,66 \cdot 10^{11}} \cdot 1,0049 \cdot 10^{22} = 4,19 \cdot 10^{10} \frac{\text{d}}{\text{s}} \cdot \frac{1\text{Ci}}{3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{d}}{\text{s}}} = 1,13\text{Ci}$$

6

Una muestra inicialmente pura de  $^{45}_{22}\text{Ti}$  contiene actualmente 2 mgr de dicho radionúclido.

Su período es de 3 horas. a) Calcular la cantidad que había hace 6 horas, b) la cantidad que habrá al cabo de 9 horas. (Sol: a) 8 mgr, b) 0.25 mgr)

$$\text{a)} \quad N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow N_{(t)} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{3} (-6)} \Rightarrow \\ 2 \cdot 10^{-3} = N_0 \cdot 0,25 \Rightarrow N_0 = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,25} = 0,008 \text{ g} \Rightarrow \mathbf{N_0 = 8 \text{ mg}}$$

b)

$$N_{(t)} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{\ln 2 (-9)}{3}} \Rightarrow N_{(t)} = 0,3 \text{ mg} \quad \text{Si tomamos el tiempo como } 9+6=15 \text{ h} \Rightarrow \\ N_{(t)} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{\ln 2 (-15)}{3}} \Rightarrow \mathbf{N_{(t)} = 0,25 \text{ mg}}$$

7

Consideremos una muestra de  $10^{11}$  núcleos de  $^{31}_{14}\text{Si}$  que tiene un período de 2.6 horas, a) Calcular la actividad de la muestra, b) ¿Cuánto tiempo deberá transcurrir para que en la muestra haya  $1.25 \times 10^{10}$  núcleos radiactivos?, c) Calcular el tiempo que debe transcurrir para que la actividad de la muestra sea la décima parte. (Sol: a) 0.2 mCi, b) 7.89 h, c) 8.72 h)

$$\text{a)} \quad A_0 = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \frac{\ln 2}{2,6 \text{ h}} \cdot \frac{3600''}{1 \text{ h}} \cdot 10^{11} \Rightarrow \\ A_0 = \frac{0,693 \cdot 10^{11}}{2,6 \cdot 3600} = 7.405.418,597 \text{ d/s} \Rightarrow 7.405.418,597 \frac{\text{d}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ Ci}}{3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{d}}{\text{s}}} \Rightarrow \mathbf{A_0 = 0,2 \text{ mCi}}$$

$$\text{b)} \quad 1,25 \cdot 10^{10} = 1 \cdot 10^{11} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \Rightarrow \frac{1,25 \cdot 10^{10}}{1 \cdot 10^{11}} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t} \Rightarrow \ln \left( \frac{1,25 \cdot 10^{10}}{1 \cdot 10^{11}} \right) = -\ln 2 \cdot \frac{t}{t_{1/2}} \Rightarrow$$

$$2,0794 = \frac{0,6931}{9360} \cdot t \Rightarrow t = 28.079,439'' \Rightarrow \mathbf{t = 7,8 \text{ h}}$$

$$\text{c)} \quad A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A_0}{10} = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{10} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0,1 = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2,3026 = \frac{0,6931}{9360} \cdot t \Rightarrow t = 31.095,5649'' \Rightarrow \mathbf{t = 8,6 \text{ h}}$$

**8**

La actividad de una muestra radiactiva es de 36000 Bq y hace 6 años era de 144000 Bq. Calculad el período de dicha muestra. (Sol: 3 años)

$$\text{Si } A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ y } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow 36000 = 144000 \cdot e^{-\frac{0,693 \cdot 6}{t_{1/2}}} \Rightarrow \ln\left(\frac{36}{144}\right) = -\frac{0,693 \cdot 6}{t_{1/2}}$$

$$1,3863 = \frac{4,1589}{t_{1/2}} \Rightarrow t = 3 \text{ h}$$

**9**

Un cuenco de madera tiene una cuarta parte de la actividad de  $^{14}\text{C}$  observada en los objetos de madera contemporánea. Evaluar su edad. La semivida de este isótopo es de 5730 años. (Sol: 11460 años)

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A_0}{4} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{5730} t} \Rightarrow \ln \frac{1}{4} = -\frac{\ln 2}{5730} t \Rightarrow 1,3863 = \frac{0,6931}{5730} t$$

$$\Rightarrow t = 11.460,78 \text{ años}$$

**10**

¿Cuál es la masa de una fuente de  $^{131}\text{I}$  de un microcurie? La semivida de este isótopo es de 8.1 días y su masa molar es de 126.9 gr/mol. (Sol:  $7.87 \times 10^{-12}$  gr)

$$T_{1/2} = 81d \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 699.840''; \quad ^{131}\text{I} = pm = 126,9 \frac{g}{mol}; \quad A = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ci}$$

$$1 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \frac{d}{s}}{Ci} = 37.000 \text{ d/s}; \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow N = \frac{37000}{9,9044 \cdot 10^7} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Núcleos}$$

$$3,7 \cdot 10^{10} \text{ Nucl.} \cdot \frac{1mol}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Nucl.}} \cdot \frac{126,9g}{1mol} = 7,87 \cdot 10^{-12} g.$$

## 11

El  $^{99m}\text{Tc}$  emite al desintegrarse un rayo  $\gamma$  de 140 keV, a) ¿Cuántos fotones emite por segundo una fuente de  $10^{-6}$  Ci?, b) ¿Cuánta energía tienen dichos fotones?, c) Hallar la potencia en vatios de esos fotones. (Sol: a)  $3.7 \times 10^4$ , b) 5180 MeV, c)  $8.3 \times 10^{-10}$  W)

$$1 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \text{ des}}{1 \text{ Ci}} = 37.000 \text{ d/s} = \boxed{\mathbf{37.000 \text{ Fotones}}}$$

$$37.000 \text{ f} \cdot \frac{140 \text{ Kev}}{1 \text{ f}} = 5180 \cdot 10^6 \text{ ev} = \boxed{\mathbf{5.180 \text{ Mev}}}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t} = \frac{5180 \text{ Mev}}{1''} = 5180 \frac{\text{Mev}}{\text{s}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{ev}} = 8,29 \cdot 10^{-10} \Rightarrow P = \boxed{\mathbf{8,29 \cdot 10^{-10} \text{ Watts}}}$$

## 12

a) ¿Cuántas desintegraciones por segundo hay en 1 mol de  $^{32}\text{P}$  (período de desintegración 14.6 días)? b) ¿Cuántos curies hay en un gramo de  $^{32}\text{P}$ ? c) ¿Cuánto vale la actividad de la muestra transcurridos 29.2 días? (Sol: a)  $3.3 \times 10^{17}$  des/seg, b)  $2.8 \times 10^5$  Ci, c)  $8.25 \times 10^{16}$  des/seg)

**a) a)**  $14,6d \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 1.261.440''$ ; Como  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow \lambda = 5,4949 \cdot 10^{-7} \text{ N=1 mol}$

$$^{32}\text{P} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Nucleos}}{1 \text{ mol}} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ Núcleos. Si } A = \lambda \cdot N \Rightarrow$$

$$A = \lambda = 5,4949 \cdot 10^{-7} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \Rightarrow A = \boxed{\mathbf{3,3 \cdot 10^{17} \text{ d/s}}}$$

**b)**  $1g \cdot \frac{1 \text{ mol}}{32 \text{ g}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} N}{1 \text{ mol}} = 1,8822 \cdot 10^{22} \text{ Núcleos; } A = 5,4949 \cdot 10^{-7} \cdot 1,8822 \cdot 10^{22} =$

$$1,03 \cdot 10^{16} \text{ d/s} \Rightarrow A = 1,03 \cdot 10^{16} \text{ d/s} \cdot \frac{1 \text{ Ci}}{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}} \Rightarrow A = \boxed{\mathbf{2,8 \cdot 10^5 \text{ Ci}}}$$

**c)**  $29,2d \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 2.522.880''$  Como  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

$$\Rightarrow A = 3,3 \cdot 10^{17} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{1,261,440} \cdot 2.522.880} \Rightarrow A = 3,3 \cdot 10^{17} \cdot 0,25 \Rightarrow A = \boxed{\mathbf{8,25 \cdot 10^{16} \text{ d/s}}}$$

### 13

Inyectamos a un paciente  $4 \text{ cm}^3$  de sangre que contiene  $^{131}\text{I}$  de una actividad de  $5 \times 10^5 \text{ Bq}$ .

La semivida del iodo 131 es de 8 días. a) ¿Cuántos gramos de  $^{131}\text{I}$  le estamos inyectando?

b) Al cabo de 5 minutos le extraemos  $5 \text{ cm}^3$  de sangre. Analizamos la muestra extraída en un contador y marca una actividad de  $400 \text{ Bq}$ . ¿Cuál es el volumen de sangre, en litros, del paciente? (Sol: 6.25 l)

$$\text{a)} t_{\frac{1}{2}} = 8d \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 691.200'' ; \text{ Como } A_0 = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot N_0$$

$$\Rightarrow N_0 = \frac{A \cdot t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 691.200}{0,693} = 4,9863 \cdot 10^{-10} \text{ N}. \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ N}} \cdot \frac{131 \text{ g} \cdot I}{1 \text{ mol}} = 1,08 \cdot 10^{-10} \text{ g}$$

$$\Rightarrow N_0 = 1,08 \cdot 10^{-10} \text{ g}$$

$$\text{b)} 5 \cdot 10^5 \text{ Bq} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ l}}{400 \text{ Bq}} \Rightarrow V = 6,25 \text{ litros}$$

### 14

a) Determíñese la velocidad de desintegración del  $^{14}\text{C}$  que hay en un gramo de  $^{12}\text{C}$  extraído de un arbol vivo (período de semidesintegración: 5730 años, proporción  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}=1.3 \times 10^{-12}$  en la atmósfera). b) La velocidad de desintegración de 16 gramos de carbono extraidos de una madera arqueológica es de 30 desintegraciones por minuto. Dátese la muestra. (Sol: a) 0.25 des/seg, b) 17185.4 años)

a)

$$1g \cdot ^{12}\text{C} \cdot \frac{1mol^{12}\text{C}}{12g} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Núcleos}^{12}\text{C}}{1mol^{12}\text{C}} = 6,525 \cdot 10^{10} \text{ Núcleos}$$

$$A_0 = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \cdot N_0 \Rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 5730a \cdot \frac{365d}{1a} \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 1,807 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$\Rightarrow A = \frac{0,6931}{1,807 \cdot 10^{11}} \cdot 6,525 \cdot 10^{10} \Rightarrow A = 0,25 \text{ d/s}$$

b)

$$30 \frac{d}{\text{min}} \cdot \frac{1mol}{16g} \cdot \frac{1\text{min}}{60''} = 0,0313 \frac{d}{s \cdot g}; N = 0,0313 \cdot \frac{1,807 \cdot 10^{10}}{0,6931} = 8,1 \cdot 10^9 \text{ Núcleos por g de C}$$

$$1g^{12}\text{C} \cdot \frac{1mol^{12}\text{C}}{12g^{12}\text{C}} \cdot \frac{1,3 \cdot 10^{-12} mol^{14}\text{C}}{1mol^{12}\text{C}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Nucl}^{14}\text{C}}{1mol^{14}\text{C}} = 6,52 \cdot 10^{10} \text{ Núcleos}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{\ln \frac{N}{N_0}}{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \Rightarrow \frac{\ln \left( \frac{8,1 \cdot 10^9}{6,52 \cdot 10^{10}} \right)}{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}} = \frac{2,085}{\frac{0,6931}{5730}} \Rightarrow t = 17.237,12 \text{ años}$$

### 15

Debido a los rayos cósmicos en las capas altas de la atmósfera terrestre se produce una reacción nuclear cuyo producto es  $^{14}\text{C}$  ( $T_{1/2} = 5730$  años). Consecuentemente, el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera terrestre y de los organismos vivos contiene una pequeña fracción de  $^{14}\text{C}$  junto con los núclidos estables  $^{12}\text{C}$  (99.63%) y  $^{13}\text{C}$  (0.37%). En los seres vivos, la relación entre el carbono radiactivo y el estable es de  $1.3 \times 10^{-12}$ . Cuando los organismos mueren, dejan de asimilar  $\text{CO}_2$  y esta relación disminuye debido a la desintegración del  $^{14}\text{C}$ . Imaginad que encontramos un fragmento de hueso en un cementerio antiguo. Suponed que separamos 100 gr de éste y medimos que su actividad radiactiva es de 6.5 Bq. Estimad cuánto hace que falleció el ser vivo al que perteneció el hueso. (Sol: 27242 años)

$$t_{1/2} = 5730 \text{ a} \cdot \frac{365 \text{ d}}{1 \text{ a}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d}} \cdot \frac{3600''}{1 \text{ h}} = 1,81 \cdot 10^{11} \text{ s}$$

$$100 \text{ g}^{12}\text{C} \cdot \frac{1,3 \cdot 10^{-12} \text{ g} \cdot {^{14}\text{C}}}{1 \text{ g}^{12}\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ mol}^{14}\text{C}}{14 \text{ g}^{14}\text{C}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \cdot {^{14}\text{C}}}{1 \text{ mol}^{14}\text{C}} = 5,593 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos de } {^{14}\text{C}}$$

$$A = \lambda \cdot N \quad \text{y} \quad A_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot N_0 \Rightarrow A_0 = \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Nuc.}}{1 \text{ mol}^{14}\text{C}} \cdot 5,59 \cdot 10^{12} \Rightarrow A_0 = 21,4 \text{ d/s}$$

$$\text{Actualmente } A = 6,5 \text{ d/s} \Rightarrow A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow 6,5 = 21,4 \cdot e^{-\frac{0,6931}{1,81 \cdot 10^{11}} \cdot t} \Rightarrow$$

$$\ln \left( \frac{6,5}{21,4} \right) = -\frac{0,6931}{1,81 \cdot 10^{11}} \cdot t \Rightarrow 1,193 = 3,83 \cdot 10^{12} \cdot t \Rightarrow t = 3,1 \cdot 10^{11} \text{ S} \Rightarrow t = 8.971 \text{ años}$$

### 16

Una fuente de  $^{60}_{27}\text{Co}$  produce una dosis absorbida de 4000 rads por hora en los tejidos. El factor de calidad de los rayos  $\gamma$  del cobalto es de 0.7, a) ¿Cuánto tiempo necesita para que sea absorbida una dosis de 300 rads?, b) ¿Y cuánto para una dosis de 300 rems? (Sol: a) 4.5 min, b) 6.43 min)

$$\text{a)} 300 \text{ rad} \cdot \frac{1 \text{ h}}{4000 \text{ rad}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 4,5 \text{ min}$$

$$\text{b)} Dosis Biológica = EBR \cdot Dosis Física$$

(Rem)	(Calidad)	(rad)
-------	-----------	-------

$$Df = \frac{D.B.}{EBR} \Rightarrow Df = 6,43 \text{ min}$$

**17**

El  $^{60}\text{Co}$  decae con una semivida de 5.4 años emitiendo dos rayos  $\gamma$ , los cuales se utilizan para el tratamiento del cáncer. a) Evalúese la actividad de una muestra de 1 miligramo de cobalto. b) Si los rayos  $\gamma$  tienen 1.33 MeV cada uno y teniendo en cuenta que sólo un 3% de esta radiación llega al hígado de 2 kg de masa de un paciente ¿cuánto vale la dosis física de la radiación para cada minuto de tratamiento? c) Si la eficiencia biológica relativa de esta muestra es 1.25 ¿cuánto vale la dosis biológica recibida?.(Sol: a) 1.1 Ci, b) 1.57 rads, c) 1.96 rems)

a)

$$\lambda = \frac{\ln 2}{5,4a} \frac{365d}{1a} \frac{24h}{1d} \frac{3600''}{1h} = \frac{0,6931}{170,2944 \cdot 10^6} = 4,07 \cdot 10^{-9}$$

$$N = 1 \cdot 10^{-3} g \cdot ^{60}C \frac{1 mol Co}{60 g Co} \frac{6,023 \cdot 10^{23} N}{1 mol} = 1,0038 \cdot 10^{19} \text{ Núcleos}$$

$$A = \lambda \cdot N \Rightarrow A = 4,07 \cdot 10^{-9} \cdot 1,0038 \cdot 10^{19} = 4,08 \cdot 10^{10} \text{ d/s}$$

$$A = 4,08 \cdot 10^{10} \text{ d/s} \frac{1 Ci}{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}} \Rightarrow A = 1,1 \text{ Ci}$$

b)

$$E_{abs} = (E_{dos}) \cdot (A) \cdot (t_{exp}) \cdot (\text{factor abs})$$

$$E = 2 \text{ rayos} \cdot \frac{1,33 \text{ Mev}}{\text{rayo}} \cdot \frac{10^6 j}{1 \text{ Mev}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} j}{1 \text{ ev}} = 4,256 \cdot 10^{-13} j$$

$$E_{abs} = 4,256 \cdot 10^{-13} \cdot 4,08 \cdot 10^{10} \cdot 60 \cdot 0,03 = 0,031 j$$

$$\text{Dosis B.} = D \cdot \text{fis.} \cdot EBR$$

$$\text{Dosis} = \frac{E}{Masa} \Rightarrow D = \frac{0,031 j}{2 \text{ Kg}} = 0,0156 \text{ sv} \Rightarrow 0,015 \text{ ev} \cdot \frac{100 \text{ rems}}{1 \text{ sv}} = 1,56 \text{ rems}$$

c)

$$DB = Df \cdot EBR$$

$$DB = 1,56 \cdot 1,25 = 1,95 \text{ rems}$$

[Apm1451@outlook.com](mailto:Apm1451@outlook.com)

**18**

Se inyectan a un paciente 20 milicuries de  $^{99}\text{Tc}$  para una exploración cerebral. La energía de los rayos  $\gamma$  emitidos por este núcleo es de 0.43 MeV. Suponiendo que la mitad de los rayos escapan del cuerpo sin reaccionar ¿cuál es la dosis recibida por un paciente de 60 Kg ?

$$\text{Energía } \sigma = 0,43 \cdot 10^6 \text{ ev} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ ev}} = 70 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$\text{Desint.} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}}{1 \text{ Ci}} = 740 \cdot 10^6 \text{ d/s}$$

**Energía Emitida = (Disintegraciones) \* (E.de la Desint.)**

$$\text{EE} = 740 \cdot 10^6 \text{ d/s} \cdot 70 \cdot 10^{-15} \text{ J/d} = 5,18 \cdot 10^{-5} \text{ J/s}$$

$$\text{E abs. (50\%)} = 2,59 \cdot 10^{-5} \text{ J/s}$$

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Eabs}}{\text{Masa}} \Rightarrow D = \frac{2,59 \cdot 10^{-4}}{60} = 4,32 \cdot 10^{-7} \text{ J/Kg} \Rightarrow$$

$$4,32 \cdot 10^{-7} \text{ J/Kg} \cdot \frac{1 \text{ rad}}{10^{-2} \text{ J/Kg}} \Rightarrow \text{Dosis} = 4,32 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$$

**19**

En una exploración de tiroides se inyecta  $^{99}\text{Tc}$  a un paciente 2 mCi de con una semivida de 6 horas. Cada núcleo se desintegra emitiendo un rayo  $\gamma$  de 0,143 MeV, a) ¿Qué masa de se ha inyectado al paciente? b) Supongamos que el paciente tarda 12 horas en expulsar todo el de la tiroides, ¿qué % del se ha desintegrado en la tiroides? Si el 50 % de los rayos emitidos interactúan con la tiroides (de 2 gr de masa) ¿cuál es la dosis física recibida en rads?(Sol: a)  $3.8 \times 10^{-10}$  gr, b) 75%, c) 989.3 rads)

a)  $A_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} \Rightarrow$

$$N_0 = \frac{2 \cdot 10^{-3} Ci \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} d/s}{1Ci} \cdot \frac{Ln2}{6h \cdot \frac{3600''}{1h}}}{2,3 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos}} = \frac{7,4 \cdot 10^{-7} d/s}{0,6931} = 2,3 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos}$$

$$2,3 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos} \cdot \frac{1 mol Tc}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Nucleos}} \cdot \frac{98,9869 g Tc}{1 mol Tc} = 3,78 \cdot 10^{-10} \text{ g. de Tc}$$

b)  $N = N_0 \cdot e^{-t/t_{1/2}} \Rightarrow N = N_0 \cdot 2^{-2} \Rightarrow N = N_0/4 \Rightarrow \mathbf{N = 25\% \text{ de } N_0}$   
 A las 12 horas quedan el 25% en el tiroides, se han expulsado el 75%.

c)

$$E_{abs} = \frac{E_{des} \cdot A \cdot f_{abs}}{Ln2} \cdot T_{1/2} \left( 1 - 2^{-t/t_{1/2}} \right)$$

$$E_{abs} = \underbrace{\left( 0,143 Mev \frac{1,6 \cdot 10^{-13} J}{1 Mev} \right)}_{E_{des}} \underbrace{\left( 2 \cdot 10^{-3} Ci \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} d/s}{1 Ci} \right)}_{A} \cdot 0,5 \left( 6h \frac{3600''}{1h} \right) \cdot 3/4 = 0,0198 J$$

**Dosis física** =  $\frac{E_{abs}}{Masa} \Rightarrow Df = \frac{0,0198 J}{2 \cdot 10^3 Kg} \Rightarrow Df = 9,8934 \text{ Gy}$

$$9,8934 \text{ Gy} \cdot \frac{100 \text{ rad}}{1 \text{ Gy}} \Rightarrow \mathbf{Df = 989,34 \text{ rad}}$$

20

El  $^{40}\text{K}$  constituye el 0.012 % del potasio existente en la naturaleza. Aproximadamente un 0.35 % de la masa corporal humana es potasio. Si el período de semidesintegración del  $^{40}\text{K}$  es  $1.3 \times 10^9$  años, (a) Calculad la actividad radiactiva en  $\mu\text{Ci}$  resultante de la desintegración del  $^{40}\text{K}$  emitida por una persona de 75 kg de masa. (b) Si toda la radiación emitida es absorbida por el organismo, calculad la dosis física absorbida en un año sabiendo que el  $^{40}\text{K}$  se desintegra por captura electrónica emitiendo 2.8 MeV por desintegración. (Sol: a) 0.217  $\mu\text{Ci}$ , b) 0.15 rads)

a) Cálculo de los Núcleos:  $75\text{Kg} \cdot \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} \cdot \frac{0.35\text{gK}}{100\text{g}} \cdot \frac{0.012\text{g}^{40}\text{K}}{100\text{gK}} = 31.5 \cdot 10^{-3} \text{ g}^{40}\text{K}$

$$31.5 \cdot 10^{-3} \text{ g}^{40}\text{K} \cdot \frac{1\text{mol}^{40}\text{K}}{40\text{g}^{40}\text{K}} \cdot \frac{6.023 \cdot 10^{23} \text{ Núcleos}^{40}\text{K}}{1\text{mol}^{40}\text{K}} = 471,3112 \cdot 10^{18} \text{ Núcleos de } {}^{40}\text{K}$$

Cálculo de  $t_{1/2}$ :  $1,3 \cdot 10^9 \text{ a} \cdot \frac{365d}{1a} \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 40,9968 \cdot 10^{15} \text{ s}$

Cálculo de  $\lambda$ :  $\boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \quad \lambda = \frac{0,6931}{40,9968 \cdot 10^{15}} = 16,9062 \cdot 10^{-18}$

Cálculo de la actividad:  $\boxed{A_0 = \lambda \cdot N_0} \quad A_0 = 16,9 \cdot 10^{-18} \cdot 474,3 \cdot 10^{18} = 8,015 \cdot 10^3 \text{ d/s}$

$$8,015 \cdot 10^3 \text{ d/s} \cdot \frac{1\text{Ci}}{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}} = 0,217 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} \Rightarrow A_0 = 0,217 \mu\text{Ci}$$

b)  $E_{abs} = E \cdot A \cdot t \Rightarrow E = 2,8 \cdot 10^9 \text{ ev} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/ev} = 4,48 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

$$t = 1\text{a} \cdot 365 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot 3600 \text{ ''/h} = 31,536 \cdot 10^6 \text{ s}$$

$$E_{abs} = 4,48 \cdot 10^{-10} \cdot 8,015 \cdot 10^3 \cdot 31,536 \cdot 10^6 = 113,27 \text{ rads}$$

$$Df = \frac{113,27 \text{ rad}}{75\text{Kg}} = 1,51 \text{ r/kg}$$

## 21

Un gramo de  ${}^{60}\text{Co}$  tiene una actividad de 1.15 Ci. Este núcleo se desintegra por emisión de un fotón de 1.33 MeV con un factor EBR de 0.7. a) Calculad su semivida. b) Calculad la dosis biológica absorbida por una persona de 70 kg de masa durante 30 minutos sabiendo que el 65 % de la radiación emitida escapan del organismo sin reaccionar con él. (Sol: a) 5185 años, b) 5.7 rems)

a)  $A = 1,15\text{Ci} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot \frac{d}{1\text{Ci}} = 4,255 \text{ d/s} ; \quad 1,33 \cdot 10^6 \text{ ev} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{d}$ ; Como:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad y \quad A_0 = \lambda \cdot N_0 ; \quad 1\text{g Co} \cdot \frac{1\text{molCo}}{60\text{g}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{1\text{mol}} = 1,004 \cdot 10^{22} \text{ N}$$

$$4,255 \cdot 10^{10} = \frac{0,693}{t_{1/2}} \cdot 1,004 \cdot 10^{22} \Rightarrow t_{1/2} = 1,6 \cdot 10^{11} \Rightarrow t_{1/2} = 5184,3 \text{ años}$$

b)  $E_{abs} = E \cdot A \cdot t$  y  $Df = \frac{E \cdot A \cdot t}{Kg} \Rightarrow$

$$Df = \frac{(2,128 \cdot 10^{-13} \cdot 4,255 \cdot 10^{10}) j / Kg \cdot \frac{1rad}{10^2 s} \cdot (30 \cdot 60)}{70} \cdot 0,35 = 8,149176 \text{ rad}$$

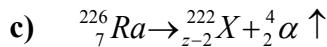
$$Db = Df \cdot Ebr \Rightarrow Db = 8,15 \cdot 0,17 \Rightarrow \mathbf{Db = 5,7 \text{ rem}}$$

**22**

Un Curie es la actividad de un gramo de  $^{226}\text{Ra}$  puro. Este núcleo se desintegra por emisión de una partícula  $\alpha$  de 5.8 MeV. a) Calculad el número de núcleos que hay en la muestra. b) Calculad la semivida en años del  $^{226}\text{Ra}$ . c) Determinad el núcleo residual de la desintegración. d) Si una persona de 70 kg ingiere la muestra y la expulsa al cabo de 12 h, calculad la dosis física absorbida sabiendo que el 80 % de la radiación emitida atraviesa el organismo sin reaccionar con él. (Sol: a)  $2.66 \times 10^{21}$  núcleos, b) 1583 años, c)  $^{222}_{Z-2}\text{X}$ , d) 424 rads)

$$\mathbf{a) } 1gRa \cdot \frac{1molRa}{226gRa} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} N}{1mol} = 2,66 \cdot 10^{21} N ; A = 1\text{Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} d/s}{1Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}$$

$$\mathbf{b) } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow \lambda = \frac{0,6931}{t_{1/2}} \Rightarrow 3,7 \cdot 10^{10} = \frac{0,6931}{t_{1/2}} \Rightarrow t_{1/2} = 1,98 \cdot 10^{10} \text{ seg} ; \\ t_{1/2} = \mathbf{1579,8 \text{ años}}$$



$$\mathbf{d) } \boxed{Df = \frac{E_{abs}}{Kg}} ; \quad \boxed{Df = \frac{E \cdot At}{Kg}} ; \quad E = 5,8 \cdot 10^6 ev \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} J}{1ev} \Rightarrow E = 9,28 \cdot 10^{-13} J \\ Df = \frac{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 9,28 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{20}{100} \cdot 12 \cdot 3600 J}{70Kg} \Rightarrow Df = \frac{4,24 J}{Kg} \cdot \frac{1rad}{10^{-2} J/Kg} \Rightarrow \mathbf{Df = 424 \text{ rads}}$$

**23**

Se inyectan 26.4 Ci de  $^{99m}\text{Tc}$  en sangre a un paciente para una exploración radiológica. Cada radionúclido de  $^{99m}\text{Tc}$  se desintegra emitiendo un rayo  $\gamma$  de 0.143 MeV y es expulsado completamente al cabo de 8 horas. Sabiendo que la semivida del  $^{99m}\text{Tc}$  es de 6 horas, a) calcular los gramos de  $^{99m}\text{Tc}$  inyectados inicialmente. b) Al cabo de 5 horas de la inyección se extrae 1 cm<sup>3</sup> de sangre cuya actividad es de 2.4 mCi. Calculad el volumen de sangre del paciente. c) Calculad la dosis física absorbida en rads por el cuerpo del paciente si tiene 70 kg de masa. d) ¿Qué % de núcleos se ha desintegrado dentro del cuerpo? (Sol: a)  $5 \times 10^{-6}$  gr, b) 6.175 l, c) 600 rads, d) 60.3 %)

a)  $A = \lambda \cdot N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda}$

$$A = 26,4 \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}}{\text{Ci}}; A = 9,768 \cdot 10^{11} \text{ d/s}; \lambda = \frac{0,6931}{6,3600}; \lambda = 3,2083 \cdot 10^{-5};$$

$$N = \frac{9,768 \cdot 10^{11}}{3,2083 \cdot 10^{-5}} = 3,0446 \cdot 10^{16} \text{ N}; 3,0446 \cdot 10^{16} \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ N}} \cdot \frac{99 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ g}$$

b)  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Ci} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{d/s}}{\text{Ci}} = 8,88 \cdot 10^7 \text{ d/s}$  Como  $A = \lambda \cdot N \Rightarrow 8,88 \cdot 10^7 = 3,208 \cdot 10^{-5} \cdot N$

$$\Rightarrow N = 2,7678 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos} \Rightarrow 2,7678 \cdot 10^{12} \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ N}} \cdot \frac{99 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 4,5334 \cdot 10^{-10} \text{ g}$$

A las 5h los núcleos que habrán serán:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow N = 3,0446 \cdot 10^{16} \cdot e^{-\frac{0,6931}{6} \cdot 5} \Rightarrow N = 1,7089 \cdot 10^{16} \text{ N}$

$$1,7089 \cdot 10^{16} \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ N}} \cdot \frac{99 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ cc}}{4,5334 \cdot 10^{-10}} = 6.196,59 \text{ cc}$$

c)  $Df = \frac{E_{abs}}{Kg}$  y  $E_{abs} = E \cdot A \cdot t$

$$Df = \frac{\left( 26,4 \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}}{\text{Ci}} \right) \left( 0,143 \cdot 10^6 \text{ ev} \cdot 1,6^{-19} \frac{\text{J}}{\text{ev}} \right) \cdot \left( 5h \cdot 3600 \frac{\text{s}}{h} \right)}{70 \text{ Kg}} = 5,76 \Rightarrow \mathbf{Df=576 \text{ rads}}$$

d)

$$N_0 = 3,0446 \cdot 10^{16}; N_{(5)} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}; N_{(5)} = 3,0446 \cdot 10^{16} \cdot e^{-\frac{0,6931}{6} \cdot 5} = 1,7089 \cdot 10^{16} \text{ N}$$

$$N_0 - N_{(5)} = 1,3357 \cdot 10^{16} \Rightarrow \% \frac{N_{(5)}}{N_0} \cdot 100 = 56\%$$

El  $^{90}_{38}\text{Sr}$  es uno de los principales contaminantes radiactivos de la leche de vaca. Tiene una semivida de 28.8 años, una masa molar de 87.62 gr/mol y se desintegra por emisión de radiación  $\beta^-$  de 0.546 MeV. La legislación actual permite que la leche de vaca (densidad 1.03 gr/ml) tenga un máximo de 370 Bq/kg. Calculad: a) Los gramos de  $^{90}_{38}\text{Sr}$  que puede haber como máximo en 1 litro de leche, b) Si un niño de 20 kg de masa ingiere 1 litro de leche diaria, cuál es la dosis física diaria máxima absorbida si tarda 4 horas en expulsar la leche por la orina. (Sol: a)  $7.26 \times 10^{-11}$  gr, b)  $2.4 \times 10^{-6}$  rads)

a) Actividad máxima:  $1000\text{ml} \cdot \frac{1,03\text{g}}{1\text{ml}} \cdot \frac{370\text{d}}{1000\text{g}} = 381,1 \text{d/s}$

$$\lambda = \frac{0,6931}{28,8a \cdot \frac{365d}{1a} \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h}} = 7,63 \cdot 10^{-10}; \text{ Como } N = \frac{A}{\lambda} \Rightarrow N = 4,99 \cdot 10^{11} \text{ N}$$

$$4,99 \cdot 10^{11} \text{ N} \cdot \frac{1\text{mol}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ N}} \cdot \frac{87,67\text{gSr}}{1\text{molSr}} = 7,27 \cdot 10^{-11} \text{ g}$$

b)

$$Df = \frac{E_{abs}}{Kg} \quad \text{y} \quad E_{abs} = E \cdot A \cdot t \Rightarrow E_{abs} = 381,1 \cdot 8,736 \cdot 10^{-14} \cdot 4h \cdot 3600'' = 4,7942 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

$$Df = \frac{4,7942 \cdot 10^{-7}}{20} = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ d/s} \cdot \frac{1\text{Rad}}{10^{-2} \text{ d/s}} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Rad}$$

26

En un laboratorio docente se utiliza una fuente de  $^{137}\text{Ce}$  (semivida 30.23 años) de 10 microcuries. En cada desintegración se emite un rayo gamma de 0.66 MeV. a) ¿Cuántas desintegraciones se producen en una hora?, b) Calculad la masa en gramos de la fuente radiactiva. c) Un estudiante próximo a la fuente absorbe un 10 % de las radiaciones emitidas ¿cuánta energía, en joules, absorbe el estudiante en una hora?. d) Si la masa del estudiante es de 60 kg ¿cuál es la dosis física absorbida por hora?. Si el factor EBR es 0.8 ¿cuántos milirems absorbe en una hora? (Sol: a)  $1.33 \times 10^9$ , b)  $1.16 \times 10^{-7}$  gr, c)  $1.4 \times 10^{-5}$  J, d) 0.0186 mrems)

a)  $10 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} \cdot \frac{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}}{1\text{Ci}} \cdot \frac{3600''}{1\text{h}} = 1,332 \cdot 10^9 \text{ d/h}$

b) Como  $N = \frac{A}{\lambda}$ ;  $N = \frac{370 \cdot 10^3 \cdot 953,3332 \cdot 10^6}{0,6931} = 508,99 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos} \Rightarrow$

$$508,99 \cdot 10^{12} N \cdot \frac{1 mol}{6,023 \cdot 10^{23} N} \cdot \frac{137 g}{1 mol} = 115,77 \cdot 10^{-9} g$$

c)  $E_{abs} = E \cdot A \cdot t \cdot 10\% \Rightarrow E_{abs} = 370 \cdot 10^3 \cdot 105,6 \cdot 10^{-15} \cdot 3600 \cdot 0,1 \Rightarrow E_{abs} = 14,066 \cdot 10^{-6} J$

d) 
$$\boxed{Df = \frac{E_{abs}}{Kg}} \Rightarrow Df = \frac{14,066 \cdot 10^{-6}}{60} J/Kg; \text{ Como } D_B = Df \cdot Ebr \Rightarrow$$

$$D_B = 187,5466 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{10^{-2}} \cdot 0,8 = 18,75 \cdot 10^{-6} \text{ rem} = 18,75 \cdot 10^{-3} \text{ mrem} = 0,01875 \text{ mrems}$$

27

En un determinado experimento se utiliza una fuente de  $^{192}\text{Ir}$  de  $10 \mu\text{Ci}$  con una semivida de 74.5 días. En cada desintegración se emite un rayo gamma de 0.66 MeV. a) ¿Cuántas desintegraciones por hora se producen?, b) ¿cuántos gramos de  $^{192}\text{Ir}$  hay inicialmente?, c) una persona absorbe un 10 % de la radiación emitida ¿cuánta energía habrá absorbido en una hora?, d) Si la masa de la persona es de 60 kg hallad la dosis absorbida en rads. (Sol: a)  $1.33 \times 10^9$ , b)  $1.1 \times 10^{-9}$  gr, c)  $1.4 \times 10^{-5}$  J, d)  $2.34 \times 10^{-5}$  rads)

a)  $10 \cdot 10^{-6} Ci \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \frac{s}{Ci} \cdot \frac{3600''}{1h} = 1,332 \cdot 10^9 \frac{d}{h}$

b) 
$$\boxed{A = \lambda \cdot N} \quad \text{Como } \lambda = \frac{0,6931}{74,5d} \cdot \frac{24h}{1d} \cdot \frac{3600''}{1h} = 107,66 \cdot 10^{-9} \text{ y } N = \frac{A}{\lambda} \Rightarrow$$

$$N = \frac{370 \cdot 10^3}{107,66 \cdot 10^{-9}} = 3,436 \cdot 10^{12} N \Rightarrow 3,436 \cdot 10^{12} N \cdot \frac{1 mol}{6,023 \cdot 10^{23} N} \cdot \frac{192 g}{1 mol} = 1,1 \cdot 10^{-9} g$$

c) El factor = 10% y la  $E_{abs} = E \cdot A \cdot t \cdot \text{factor}$ ;  $\Rightarrow$

$$E_{abs} = 370 \cdot 10^3 \cdot 105,6 \cdot 10^{-15} \cdot 3600 \cdot 0,1 = 14,06 \cdot 10^{-6} J$$

$$\boxed{Df = \frac{E_{abs}}{Kg}} \Rightarrow Df = \frac{14,06 \cdot 10^{-6}}{60} = 234,4 \cdot 10^{-9} \frac{J}{Kg} \cdot \frac{1 rad}{10^{-2} J/kg} = 2,34 \cdot 10^{-5} rads$$

28

El  $^{55}_{24}\text{Cr}$  es un radioisótopo con una semivida de 3.5 minutos. a) determinad el número de átomos radiactivos que producirán una actividad de 4 mCi.

b) Calculad el tiempo que deberá transcurrir para que se hayan desintegrado el 87.5 % de los núcleos iniciales. c) Este radioisótopo se desintegra emitiendo una partícula  $\beta^-$  de 2.59 MeV en cada desintegración. El 40 % de la radiación emitida es absorbida por una persona de 80 kg de masa. Calculad la dosis física en rads absorbida por la persona en una hora. (Sol: a)  $4.5 \times 10^{10}$  átomos, b) 10.5 min, c) 0.11 rads)

$$\text{a)} A = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Ci} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{d}}{\text{Ci}} = 148 \cdot 10^6 \frac{\text{d}}{\text{s}}; \quad \lambda = \frac{0,693}{3,5 \cdot 60} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ Como } A = \lambda \cdot N \Rightarrow$$

$$N = \frac{A}{\lambda} \Rightarrow N = \frac{148 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^{-3}} = 44,85 \cdot 10^9 \text{ Núcleos};$$

$$\text{b)} \text{ Núcleos que queremos: } 44,85 \cdot 10^9 \cdot \frac{12,5}{100} = 5,606 \cdot 10^9 \text{ N; Como } N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow$$

$$5,606 \cdot 10^9 = 44,85 \cdot 10^9 \cdot e^{-\frac{0,6931}{3,5} t} \Rightarrow -2,08 = -\frac{0,6931}{3,5} t \Rightarrow t = 10,5 \text{ min.}$$

$$\text{c)} \boxed{A = \lambda \cdot N} \Rightarrow A = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 44,85 \cdot 10^9 = 148 \cdot 10^6$$

$$\text{Energía} = 2,59 \cdot 10^6 \text{ ev} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J/ev} = 414,4 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$\boxed{Df = \frac{E_{abs}}{Kg}} \Rightarrow Df = \frac{148 \cdot 10^6 \cdot 414,4 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{40}{100} \cdot 3600}{80} = 1,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

$$1,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{Kg}} \cdot \frac{1 \text{ rad}}{10^{-2} \frac{\text{J}}{\text{Kg}}} = 110 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \Rightarrow \mathbf{Df = 0,11 \text{ rad}}$$

## 29

Una persona ingiere un alimento contaminado con  $1.22 \times 10^{-7}$  gr de  $^{131}\text{I}$  y lo vomita todo al cabo de 10 minutos. El  $^{131}\text{I}$  tiene una semivida de 8 días y una masa molar de 126.9 gr/mol. En cada desintegración el  $^{131}\text{I}$  emite 0.81 partículas  $\beta^-$  de 0.364 MeV cada una y 0.89 fotones de 0.365 MeV cada uno. Calcúlese: a) la actividad ingerida inicialmente, b) la energía emitida por el  $^{131}\text{I}$  en cada desintegración en MeV, c) la dosis en rads absorbida por el estómago (de 3 kg de masa, aprox.) (Sol: a) 15.7 mCi, b) 0.62 MeV, c) 1.15 rads)

$$\boxed{A = \lambda \cdot N}$$

$$\text{a)} \quad 1,22 \cdot 10^{-7} g \cdot \frac{1ml}{126,9g} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ Núcleos}}{1ml} = 579 \cdot 10^{12} \text{ Núcleos}$$

$$\lambda = \left( \frac{0,693}{8243600} \right) = 1,002 \cdot 10^{-6} \Rightarrow A = 580,5 \cdot 10^6 \text{ d/s} \cdot \frac{1Ci}{3,7 \cdot 10^{10} \text{ d/s}} \Rightarrow A = \mathbf{15,69 \text{ mCi}}$$

$$\text{b)} \quad \mathbf{1) \quad 0,81 \beta^- \cdot 0,34 \frac{Mev}{\beta^-} = 294,84 Mev \quad 2) \quad 0,89 \text{ fotones} \cdot 0,365 \frac{Mev}{Ftón} = 619,69 \text{ Mev}}$$

$$\text{c)} \quad A \text{ los } 10\text{m} \Rightarrow A = A_0 e^{-\lambda t} \quad A = 580,5 \cdot 10^6 \cdot e^{\frac{0,693}{824 \cdot 60} \cdot 10^6} = 580,151 \cdot 10^6 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Df = \frac{580,151 \cdot 10^6 \cdot 619,69 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (10 \cdot 60)}{3} = 11,5 \cdot 10^{-3} \frac{J}{Kg} \cdot \frac{Rad}{10^{-2} \frac{J}{Kg}} = 1,15 Rad$$