TEMA 13: “FÍSICA NUCLEAR”

EJERCICIOS RESUELTOS (SELECTIVIDAD)

2017- Junio

A. Pregunta 5.-

Se dispone de una muestra del isótopo ^{226}Ra cuyo periodo de semidesintegración es 1588,69 años.

a) Determine la constante de desintegración del isótopo.

b) Transcurridos 200 años, el número de núcleos que no se ha desintegrado es de $9{,}76\cdot10^{16}$.

¿Cuál era la masa inicial de la muestra de ^{226}Ra?

Datos: Masa atómica del ^{226}Ra, M = 226 u; Número de Avogadro, $N_A = 6{,}02\cdot10^{23} mol^{-1}$.

a) La constante de desintegración se calcula de la forma:

$$\lambda = \frac{ln\,2}{\tau} = \frac{0,693}{1588,69} = 4,36 \cdot 109^{-4} \text{años}^{-1}$$

b) Sustituyendo en la ecuación de la desintegración radiactiva: $N = N_0 e^{-\lambda t}$,tendremos:

$$9,76 \cdot 10^{16} = N_0 e^{-4,36 \cdot 10^{-4} \cdot 200} \longrightarrow N_0 = 1,065 \cdot 10^{17} \text{núcleos}$$

El número de moles será:

$$n = \frac{1,065 \cdot 10^{17}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,22 \cdot 10^{-7} moles$$

Mientras que la masa inicial será m = n·M = $1{,}22\cdot10^{-7}\cdot226 = 3,88 \cdot 10^{-5} u$

2017-Septiembre

A. Pregunta 5.-

Pregunta 5.- Un átomo de ^{238}U se desintegra a través de una cascada radioactiva y da lugar a un átomo de ^{206}Pb, siendo el periodo de semidesintegración del ^{238}U de $4{,}47\cdot10^9$ años. Una muestra mineral de monacita contiene 2,74 mg de ^{238}U y 1,12 mg de ^{206}Pb procedentes de la desintegración del uranio.

a) Obtenga el número de átomos iniciales de ^{238}U en la muestra, a partir del cálculo del número de átomos de uranio y de plomo existentes en ella.

b) Calcule la antigüedad del mineral y determine la actividad actual de la muestra.

Datos: Masa atómica del ^{238}U, M_U = *238,05* u; *Masa atómica del plomo* ^{206}Pb, M_{Pb} = *205,97* u; *Número de Avogadro,* $N_A = 6{,}02\cdot10^{23}$ mol^{-1}.

a) 1,12 mg de ^{206}Pb corresponden a un número de átomos:

$$n_{Pb} = \frac{1,12 \cdot 10^{-3}}{205,97} 6,02 \cdot 10^{23} = 3,27 \cdot 10^{18} \text{ átomos}$$

El número de átomos de ^{206}Pb será:

$$n_U = \frac{2,74 \cdot 10^{-3}}{238,05} 6,02 \cdot 10^{23} = 6,93 \cdot 10^{18} \text{ átomos}$$

Por tanto, el número inicial de átomos será: $N_0 = n_{Pb} + n_U = 3,27 \cdot 10^{18} + 6,93 \cdot 10^{18} = 1,02 \cdot 10^{19}$ átomos

b) Aplicando la ley de la desintegración radiactiva:

$$6,93 \cdot 10^{18} = 1,02 \cdot 10^{19} e^{-(0,693/4,47 \cdot 10^9)t} \qquad t = 2,49 \cdot 10^9 \text{años.}$$

La actividad actual será:

$$A = \lambda N = \frac{0,693}{4,47 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 86400} 6,93 \cdot 10^{18} = 34 \text{ desintegraciones} \cdot \text{s}^{-1}$$

2016-Septiembre

A. Pregunta 5.-

Después de 191,11 años el contenido en ^{226}Ra de una determinada muestra es un 92% del inicial.

a) Determine el periodo de semidesintegración de este isótopo.

b) ¿Cuántos núcleos de ^{226}Ra quedarán, transcurridos 200 años desde el instante inicial, si la masa inicial de ^{226}Ra en la muestra era de 40 μg?

Datos: Masa atómica del ^{226}Ra, M = 226 u; Número de Avogadro, $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.

a) A partir de la ecuación de la desintegración radiactiva, podremos escribir:

$$0,92\, N_0 = N_0 e^{-\lambda 191,11}$$

Tomando logaritmos neperianos, y despejando, obtenemos:

$$\lambda = \frac{\ln 0,92}{-191,11} = 4,36 \cdot 10^{-4}\, \text{años}^{-1}$$

b) La masa restante al cabo de 200 años será:

$$m = 4 \cdot 10^{-5} e^{-4,36 \cdot 10^{-4} \cdot 200} = 3,66 \cdot 10^{-5}\, \text{g}$$

El número de moles será: $n = 3,66 \cdot 10^{-5}/226 = 1,62 \cdot 10^{-7}$, y el número de moléculas (o núcleos):

$$n = 1,62 \cdot 10^{-7} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 9,76 \cdot 10^{16}\, \text{núcleos}$$

2016-Junio

A. Pregunta 5.-

Un isótopo radiactivo ^{131}I es utilizado en medicina para tratar determinados trastornos de la glándula tiroides. El periodo de semidesintegración del ^{131}I es de 8,02 días. A un paciente se le suministra una pastilla que contiene ^{131}I cuya actividad inicial es de $55 \cdot 10^6$ Bq.

Determine:

a) Cuantos gramos de ^{131}I hay inicialmente en la pastilla.

b) La actividad de la pastilla transcurridos 16 días.

Datos: Número de Avogadro, $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}; Masa atómica del ^{131}I, $M_I = 130{,}91$ u.

a) A partir del periodo, podemos hallar la constante de desintegración:

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{8,02 \cdot 86400} = 1,0 \cdot 10^{-6}\, \text{s}^{-1}$$

La actividad inicial de la muestra es $55 \cdot 10^6$ Bq, con lo que el número de núcleos será:

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{55 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 10^{-6}} = 5,5 \cdot 10^{13}\, \text{átomos}$$

El número inicial de moles será:

$$n = \frac{5,5 \cdot 10^{13}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 9,136 \cdot 10^{-11}\, \text{moles}$$

Y la masa será: $m = n \cdot M_I = 9,136 \cdot 10^{-11} \cdot 130,91 = 1,196 \cdot 10^{-8}$ **g**

b) El número de átomos al cabo de 16 días será:

$$N = 5,5 \cdot 10^{13} e^{-(10^{-6} \cdot 16 \cdot 86400)} = 1,318 \cdot 10^{13}\, \text{átomos}$$

Con lo que la actividad será:

$$A = \lambda N = 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1,318 \cdot 10^{13} = 1,318 \cdot 10^{7}\, \text{Bq}$$

2016-Modelo

A. Pregunta 5.-

La masa de cierto isótopo radiactivo decae a un octavo de su cantidad original en un tiempo de 5 h. Determine:

a) La constante de desintegración de dicho isótopo y su vida media.

b) El tiempo que debe transcurrir para que la masa de dicho isótopo sea un 10% de la masa inicial

a) Como se trata de núcleos de un mismo isótopo el número de núcleos y la masa son proporcionales. La constante de desintegración la calculamos a partir de la expresión:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{1}{8} N_0 = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 8 = \lambda t \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 8}{5 \times 3600} = 1{,}16 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$$

Y la vida media vale $\tau = \dfrac{1}{\lambda} = 8656{,}17\ \text{s}$

b) Para calcular el tiempo que tarda la masa del isótopo en desintegrarse hasta quedar reducida al 10% de su masa original utilizamos la misma expresión que en a):

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow 0{,}1 N_0 = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0{,}1 = -1{,}16 \times 10^{-4} t \Rightarrow t = -\frac{\ln 0{,}1}{1{,}16 \times 10^{-4}} = 19849{,}87\ \text{s} = 5{,}51\ \text{h}$$

2015-Septiembre

A. Pregunta 5.-

El isótopo ^{18}F (ampliamente utilizado en la generación de imágenes médicas) tiene una vida media de 110 minutos. Se administran 10 µg a un paciente.

a) ¿Cuál será la actividad radiactiva inicial?

b) ¿Cuánto tiempo transcurre hasta que queda sólo un 1% de la cantidad inicial?

Datos: Masa atómica del ^{18}F, M = 18 u; Número de Avogadro, $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$.

a) Datos:

isótopo ^{18}F

τ = 110 min

m_0 = 10 µg = 10^{-5} g

¿A_0?

Para ello calculamos el número de núcleos iniciales N_0:

$$10^{-5}\, g \cdot \frac{1\ mol}{18\ g} \cdot \frac{N_A\ \acute{a}tomos}{1\ mol} = 3{,}34 \cdot 10^{17}\ \acute{a}tomos = 3{,}34 \cdot 10^{17}\ n\acute{u}cleos$$

La constante de desintegración, λ, es el inverso de la vida media del isótopo:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{6600\ s} = 1{,}52 \cdot 10^{-4}\ s^{-1}$$

La actividad radiactiva indica el ritmo al que se van desintegrando los núcleos de una muestra:

$$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \left|\frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt}\right| = \left|-N_0 \lambda e^{-\lambda t}\right| = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t} = \lambda N$$

$$A_0 = \lambda N_0 = 1{,}52 \cdot 10^{-4}\ s^{-1} \cdot 3{,}34 \cdot 10^{17}\ n\acute{u}cleos = 5{,}07 \cdot 10^{13}\, Bq$$

b) Datos:
¿t si $m = 0{,}01m_0$?

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow Ln\frac{m}{m_0} = -\lambda t \rightarrow t = -\frac{Ln\frac{m}{m_0}}{\lambda} = -\frac{Ln\frac{0{,}01m_0}{m_0}}{1{,}52\cdot 10^{-4}\ s^{-1}} = 3{,}04\cdot 10^{4}\ s$$

2015-Junio

A. Pregunta 5.-

Cuando se encuentra fuera del núcleo atómico, el neutrón es una partícula inestable con una vida media de 885,7 s. Determine:

a) El periodo de semidesintegración del neutrón y su constante de desintegración.

b) Una fuente de neutrones emite 10^{10} neutrones por segundo con una velocidad constante de 100 km s^{-1}. ¿Cuántos neutrones por segundo recorren una distancia de $3{,}7\cdot 10^5$ km sin desintegrarse?

a) Datos:
$\tau = 885{,}7$ s
¿$T_{1/2}$? ¿λ?

La vida media del neutrón es el inverso de su constante de desintegración:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{885{,}7\ s} = 1{,}129\cdot 10^{-3}\, s^{-1}$$

El periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) es el tiempo que tarda el número de núcleos en reducirse a la mitad. Podemos calcular el valor de λ a partir de $T_{1/2}$:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \rightarrow Ln\frac{1}{2} = Ln e^{-\lambda T} \rightarrow -Ln2 = -\lambda T$$

$$T_{1/2} = \frac{Ln\ 2}{\lambda} = \frac{Ln\ 2}{1{,}129\cdot 10^{-3}\, s^{-1}} = 613{,}95\ s$$

b) Datos:
10^{10} neutrones por segundo
$v = 100\ km\cdot s^{-1} = 10^5\ m\cdot s^{-1}$
$\Delta x = 3{,}7 \times 10^5\ km = 3{,}7 \times 10^8\ m$
¿neutrones sin desintegrarse?

Calculamos el tiempo que tardan los neutrones emitidos en recorrer la distancia Δx:

$$\Delta x = v\Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{3{,}7\cdot 10^8\, m}{10^5\, ms^{-1}} = 3{,}7\cdot 10^3\ s$$

Aplicando la ley de la desintegración radiactiva obtenemos el número de neutrones por segundo que permanecen sin desintegrar:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 10^{10} e^{-1{,}129\cdot 10^{-3} s^{-1}\cdot 3{,}7\cdot 10^3 s} = 1{,}53\cdot 10^8\, neutrones$$

2015-Modelo

B. Pregunta 5.-

En un meteorito esférico de radio 3 m se ha encontrado U-238. En el momento de formación del meteorito se sabe que había una concentración de $5\cdot10^{12}$ átomos de U-238 por cm^3 mientras que en la actualidad se ha medido una concentración de $2,5\cdot10^{12}$ átomos de U-238 por cm^3. Si la vida media de dicho isótopo es $4,51\cdot10^9$ años, determine:

a) La constante de desintegración del U-238.

b) La edad del meteorito.

a) Datos:

Meteorito esférico r = 3 m

En 1 cm^3:

$N_0 = 5 \times 10^{12}$ núcleos

$N = 2,5 \times 10^{12}$ en la actualidad

$\tau = 4,51 \times 10^9$ años

¿λ?

La constante de desintegración, λ, es el inverso de la vida media del isótopo:

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{4,51\cdot10^9 \ años} = 2,22\cdot10^{-10} \ años^{-1} = 7,03\cdot10^{-18} \ s^{-1}$$

b) ¿t?

Aplicamos la ley de la desintegración radiactiva para 1 cm^3 del meteorito y despejamos el tiempo:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow Ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t \rightarrow t = -\frac{Ln\frac{N}{N_0}}{\lambda} = -\frac{Ln\frac{2,5\cdot10^{12}}{5\cdot10^{12}}}{2,22\cdot10^{-10} \ años^{-1}} = 3,12\cdot10^9 \ años = 9,86\cdot10^{16} s$$

Si observamos los datos, podemos darnos cuenta que el número de núcleos se ha reducido a la mitad, por lo que el tiempo del meteorito coincide además con el periodo de semidesintegración del U-238.

2014-Septiembre

B. Pregunta 5.-

Inicialmente se tienen $6,27\times10^{24}$ núcleos de un cierto isótopo radiactivo. Transcurridos 10 años el número de núcleos radiactivos se ha reducido a $3,58\times10^{24}$. Determine:

a) Vida media del isótopo.

b) El periodo de semidesintegración.

a) Datos: $N_0 = 6,27 \times 10^{24}$núcleos; $N = 3,58 \times 10^{24}$ si t = 10 años

Aplicamos la **ley de la desintegración radiactiva**:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \rightarrow Ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t \rightarrow \lambda = -\frac{Ln\frac{N}{N_0}}{t} = -\frac{Ln\frac{3,58\cdot10^{24}}{6,27\cdot10^{24}}}{10 \ años} = 0,056 \ años^{-1} = 1,78\cdot10^{-9} s^{-1}$$

La vida media es el inverso de su constante de desintegración:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,056 \ años^{-1}} = 17,84 \ años = 5,63\cdot10^8 s$$

b) ¿$T_{1/2}$?

El periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) es el tiempo que tarda el número de núcleos en reducirse a la mitad. Podemos calcular el valor de λ a partir de $T_{1/2}$:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \rightarrow Ln\frac{1}{2} = Lne^{-\lambda T} \rightarrow -Ln2 = -\lambda T$$

$$T_{1/2} = \frac{Ln\ 2}{\lambda} = \frac{Ln\ 2}{0,056 \ años^{-1}} = 12,37 \ años = 3,90\cdot10^8 s$$

2014-Modelo
A. Pregunta 5.-
Una roca contiene dos isótopos radioactivos, A y B, de periodos de semidesintegración 1600 años y 1000 años, respectivamente. Cuando la roca se formó el contenido de núcleos de A y B era el mismo.
a) Si actualmente la roca contiene el doble de núcleos de A que de B, ¿qué edad tiene la roca?
b) ¿Qué isótopo tendrá mayor actividad 2500 años después de su formación?

a)
$$A = \lambda \cdot N = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot N$$

Tiene mayor actividad el que tenga menor periodo de semidesintegración, es decir, el B

b)
$$A = \lambda \cdot N = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot N = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{ln\,2}{T_{\frac{1}{2}}} \cdot t}$$

$$A_A = \frac{ln2}{1600} \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{ln\,2}{1600} \cdot 3000} = 1{,}18 \cdot 10^{11}\ Bq$$

$$A_B = \frac{ln2}{1000} \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{ln\,2}{1000} \cdot 3000} = 8{,}66 \cdot 10^{10}\ Bq$$

Tiene mayor actividad el A después de 3000 años.

2013-
Septiembre
A. Pregunta 4.-
Dos muestras de material radioactivo, A y B, se prepararon con tres meses de diferencia. La muestra A, que se preparó en primer lugar, contenía doble cantidad de cierto isótopo radioactivo que la B. En la actualidad, se detectan 2000 desintegraciones por hora en ambas muestras. Determine:
a) El periodo de semidesintegración del isótopo radioactivo.
b) La actividad que tendrán ambas muestras dentro de un año.

a) La actividad de la muestra A es: $A_A = \lambda N = \lambda 2 N_0 e^{-\lambda(t+t_0)}$ y la de la muestra B: $A_B = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$, donde t_0 son 3 meses y A_A y A_B valen los mismo por lo que dividiendo:

$$1 = \frac{\lambda 2 N_0 e^{-\lambda(t+t_0)}}{\lambda N_0 e^{-\lambda t}} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_0} \Rightarrow \lambda t_0 = \ln 2 \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{t_0}$$, el periodo de semidesintegración es:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{3}{\ln 2} \ln 2 = 3 \text{ meses.}$$

b) Las dos muestras tienen, desde que se preparó B, siempre la misma actividad ya que tienen la misma actividad y contienen el mismo isótopo.

Fijándonos en B: $A_B = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\ln 2 \times 12/3} = A_0 \times 0{,}0625 = 125$ desintegraciones por hora.

2013-Junio
A. Pregunta 4.-
La vida media de un elemento radioactivo es de 25 años. Calcule:
a) El tiempo que tiene que transcurrir para que una muestra del elemento radioactivo reduzca su actividad al 70%.
b) Los procesos de desintegración que se producen cada minuto en una muestra que contiene 10^9 núcleos radioactivos.

Se llama vida media, τ, al tiempo de vida promedio de todos los nucleidos presentes en una muestra. Se define como la inversa de la constante de desintegración radiactiva, λ.

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{25} = 0{,}04 \text{ años}^{-1}$$

a) Se llama actividad, A, de una muestra de nucleidos al número de núcleos que se desintegran en un segundo. $A = \lambda \cdot N$ mide la velocidad de desintegración de una muestra

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

Si la actividad de la muestra queda reducida al 70 %, $A = 0{,}70\ A_0$ por tanto

$$0{,}70\ A_0 = A_0\ e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad 0{,}70 = e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad \ln 0{,}70 = -\lambda\ t$$

$$t = -\frac{\ln 0{,}70}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad t = -\frac{\ln 0{,}70}{0{,}04} = 8{,}92 \text{ años}$$

b) La constante de desintegración expresada en segundos sería

$$\lambda = \frac{0{,}04}{365 \times 24 \times 3600} = 1{,}27 \times 10^{-9}\ s^{-1}$$

La actividad de la muestra será

$$A = \lambda\ N = 1{,}27 \times 10^{-9} \times 10^{9} = 1{,}27 \text{ Bq}$$

Es decir se producen 1,27 desintegraciones cada segundo, por tanto cada minuto serían

$$A = 1{,}27 \times 60 = 76{,}2 \text{ desintegraciones/min}$$

2009-Septiembre

En un tiempo determinado, una fuente radiactiva A tiene una actividad de $1{,}6 \cdot 10^{11}$ Bq y un periodo de semidesintegración de $8{,}983 \cdot 10^{5}$ s y una segunda fuente B tiene una actividad de $8{,}5 \cdot 10^{11}$ 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

a) La constante de desintegración radiactiva, λ, está relacionada con el periodo de semidesintegración, T, en la forma

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

En este caso

$$\lambda_A = \frac{0{,}693}{8{,}983 \cdot 10^{5}} = 7{,}716 \cdot 10^{-7}\ s^{-1}$$

b) La actividad de la fuente A en un determinado instante es

$$A_0 = \lambda_A \cdot N_0 \ \Rightarrow \ N_0 = \frac{A_0}{\lambda_A} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{11}}{7{,}716 \cdot 10^{-7}} = 2{,}1 \cdot 10^{17} \text{ núcleos}$$

c) La actividad varía con el tiempo en la forma

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

cuando el tiempo transcurrido sea t = 45 días = 45·24·3600 = 3888000 s, su valor será

$$A_A = 1{,}6 \cdot 10^{11} \cdot e^{-7{,}716 \cdot 10^{-7} \cdot 3{,}888 \cdot 10^{6}} = 7{,}97 \cdot 10^{9} \text{ Bq}$$

esta actividad es la misma para la fuente B a los 45 días

$$A_A = A_B = 7{,}97 \cdot 10^{9} \text{ Bq}$$

d) Como nos dan la actividad inicial de la fuente B y conocemos su actividad a los 45 días

$$A_B = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \ \Rightarrow \ \frac{A_B}{A_0} = e^{-\lambda t}$$

tomando logaritmos neperianos

$$\ln \frac{A_B}{A_0} = -\lambda_B \cdot t \ \Rightarrow \ \lambda_B \cdot t = \ln \frac{A_0}{A_B} = \ln \frac{8{,}5 \cdot 10^{11}}{7{,}97 \cdot 10^{9}} = 4{,}67$$

$$\lambda_B = \frac{4{,}67}{3{,}888 \cdot 10^{6}}\ 1{,}2 \cdot 10^{-6}\ s^{-1}$$