Relación Problemas Tema 10: Física Nuclear

Problemas

1.- El Cloro tiene dos isótopos naturales. El 75,53% de los átomos es de $^{35}_{17}Cl$, cuya masa es de 34,96885 uma, y el 24,47% restante de $^{37}_{17}Cl$, de masa 36,96590 u. Calcular la masa atómica del Cloro.

$$m_{Cl} = 34,96885 \cdot 0,7553 + 36,96590 \cdot 0,2447 = 35,4575\ u$$

2.- Determinar el defecto de masa y la energía de enlace por nucleón del isótopo $^{4}_{2}He$. [Datos: m($^{4}_{2}He$): 4,0026033 u ; m($^{1}_{1}H$): 1,00785252 u; m($^{1}_{0}n$): 1,0086654 u]

Lo primero es escribir la reacción nuclear:

$$^{4}_{2}He \rightarrow 2\,^{1}_{1}H + 2\,^{1}_{0}n$$

El defecto de masa es la diferencia entre la masa de los productos y de los reactivos:

$$\Delta m = \left[2M\left(^{1}_{1}H\right) + 2M_n\right] - \left[M\left(^{4}_{2}He\right)\right] = 2\left(1,00785252 + 1,0086654\right) - 4,0026033 = 0,03043u$$

Como una uma son $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg, entonces el defecto de masa será:

$$\Delta m = 5,05 \cdot 10^{-29}\ \text{kg}$$

La energía de enlace, viene dada por:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right|$$

Por tanto:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right| = \left|5,05 \cdot 10^{-29}\,\text{kg} \cdot 9 \cdot 10^{16}\,m^2 \cdot s^{-2}\right| = 4,5466 \cdot 10^{-12}\,J$$

Y la energía por nucleón, representa el promedio de energía desprendida por cada partícula que compone el núcleo:

$$E_n = \frac{E_e}{A} = \frac{E_e}{4} = \frac{4,5466 \cdot 10^{-12}\,J}{4} = 1,1367 \cdot 10^{-12}\,J$$

Si esta energía la expresamos en MeV, tenemos:

$$E_n = 1,1367 \cdot 10^{-12}\,J \cdot \frac{1MeV}{1,602 \cdot 10^{-13}} = 7,1\ MeV$$

3.- a) Indicar las partículas constituyentes de los dos nucleidos $^{3}_{1}H$ y $^{3}_{2}He$ y explicar qué tipo de emisión radiactiva permitiría pasar de uno a otro.
b) Calcular la energía de enlace para cada uno de los nucleidos e indicar cuál de ellos es más estable. ($m_{He\text{-}3}$ = 3,016029 u ; $m_{H\text{-}3}$ = 3,016049 u ; m_n = 1,0086 u ; m_p = 1,0073 u ; 1 u = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg ; c = $3 \cdot 10^8$ m s^{-1})

a) Las partículas constituyentes del isótopo de Tritio son 2 neutrones y un protón, mientras que las del isótopo de Helio son 1 neutrón y dos protones.

La reacción que me lleva de uno a otro será: $^{3}_{1}H \xrightarrow{\text{emisión } \beta} {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{-1}\beta^- + {}^{0}_{0}\overline{\nu}_e$

b) Calculamos el defecto de masa de isótopo de Tritio, que será:

$$\Delta m_{^3_1H} = \left[M\left(^{3}_{1}H\right)\right] - \left[M_p + 2M_n\right] = 3,016049 - \left(1,0073 + 2 \cdot 1,0086\right) = -8,45 \cdot 10^{-3}\,u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}\,kg \cdot u^{-1} = -1,403 \cdot 10^{-29}\,kg$$

Su energía de enlace, viene dada por:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right|$$

Por tanto:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right| = \left|-1,403 \cdot 10^{-29} kg \cdot 9 \cdot 10^{16} m^2 \cdot s^{-2}\right| = 1,263 \cdot 10^{-12} J = 7,88\ MeV$$

El defecto de masa de isótopo del Helio será:

$$\Delta m_{{}^3_2He} = \left[M\left({}^3_2He\right)\right] - \left[2M_p + M_n\right] = 3,016029 - (2 \cdot 1,0073 + 1,0086) = -7,171 \cdot 10^{-3} u \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} kg \cdot u^{-1} = -1,1904 \cdot 10^{-29} kg$$

Su energía de enlace, viene dada por:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right|$$

Por tanto:

$$E_e = \left|\Delta m \cdot c^2\right| = \left|-1,1904 \cdot 10^{-29} kg \cdot 9 \cdot 10^{16} m^2 \cdot s^{-2}\right| = 1,071 \cdot 10^{-12} J = 6,69\ MeV$$

Sabemos que la estabilidad depende de la energía de enlace por nucleón, como ambos isótopos tienen el mismo número másico, será más estable el de mayor energía de enlace, ya que:

$$E_n = \frac{E_e}{A} = \frac{E_e}{3}$$

Por tanto el más estable es el isótopo de Tritio.

Vemos que para calcular el defecto de masa en este caso da igual el orden ya que después tomamos valor absoluto.

4.- Un gramo de carbón, al arder, produce 7 kcal. Calcular la cantidad de carbón necesaria para producir la misma energía que 1 kg de ${}^{235}_{92}U$, si la fisión de un núcleo de este elemento libera 200 Mev.

Si un gramo de carbón produce 7 kcal, 1 kilogramo de carbón producirá 7000 kcal, si expresamos esto en julios, tenemos que un kilogramo produce:

$$Q = 7000 kcal = 7 \cdot 10^6 cal \cdot 4,18 J \cdot cal^{-1} = 2,926 \cdot 10^5 J = 2,926 \cdot 10^5 J \cdot \frac{1 eV}{1,602 \cdot 10^{-19} J} = 1,826 \cdot 10^{26} eV = 1,826 \cdot 10^{20} MeV$$

Si un núcleo de Uranio-235 libera 200 MeV, calculo los núcleos que hay en un kilo de Uranio-235.
Como el número de moles se calcula mediante:

$$n_U = \frac{m_U}{A} = \frac{1000 gr}{235 gr \cdot mol^{-1}} = 4,26\ mol$$

Si en un mol hay un número de Avogadro de átomos, en 4,26 moles habrá:

$$\text{átomos de }\ {}^{235}U = 4,26\ mol \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{átomos} \cdot mol^{-1} = 2,57 \cdot 10^{24} \text{átomos}$$

Si un átomo libera 200MeV, entonces $2,57 \cdot 10^{24}$ átomos liberarán:

$$E = 2,57 \cdot 10^{24} \text{átomos} \cdot 200 MeV \cdot \text{átomo}^{-1} = 5,06 \cdot 10^{26} MeV$$

Si dividimos la energía que libera un kilogramo de Uranio entre la energía que libera un kilogramo de carbón, obtenemos la masa de carbón que liberaría esa misma cantidad de energía:

$$m_{carbón} = \frac{5,06 \cdot 10^{26} MeV}{1,826 \cdot 10^{20} MeV \cdot kg^{-1}} = 2,78 \cdot 10^6 kg$$

Por tanto, casi tres millones de kilos de carbón liberan la misma energía que un kilo de Uranio-238.

5.- El ${}^{238}_{92}U$ se desintegra emitiendo, sucesivamente, las siguientes partículas antes de alcanzar su forma estable: α, β, β, α, α, α, α, α, β, β, α, β, β, α. ¿Cuál es el nucleido estable que se alcanza?

Si un nucleido emite una partícula α, sabemos que su número másico disminuye en 4 unidades y su número atómico en dos, y también sabemos que si emite una partícula β, su número másico se mantiene, mientras que su número atómico aumenta en una unidad.

Por tanto: $\begin{cases} A = 238 - 4 \cdot 8 = 206 \\ Z = 92 - 2 \cdot 8 + 6 \cdot 1 = 82 \end{cases} \rightarrow {}^{206}_{82}Pb$ obtenemos un nucleido de plomo.

6.- La vida media del ${}^{14}_{6}C$ es 5730 años. ¿Qué fracción de una muestra de ${}^{14}_{6}C$ permanecerá inalterada después de transcurrir un tiempo equivalente a cinco vidas medias?

Sabemos que la vida media de un nucleido radioactivo viene dada por $\tau = \frac{1}{\lambda}$, si despejamos la constante de desintegración radiactiva, tenemos que; $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{5370 años} = 1{,}862 \cdot 10^{-4} años^{-1}$. Después de 5 vidas medias, la cantidad de carbono que quedará sin desintegrarse será, utilizando la ley de la desintegración radioactiva:

$$\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{t}{\tau}} = e^{-\frac{5\tau}{\tau}} = e^{-5} = 6{,}7379 \cdot 10^{-3}$$

Si lo expresamos en tanto por ciento, tenemos que la fracción que quedará inalterada será del 0,67379 %.

7.- El periodo de semidesintegración de ${}^{51}_{25}Cr$ es de 27 días y, en un instante, tenemos $4{,}13 \cdot 10^{21}$ átomos de ese elemento. Calcular: a) Vida media del emisor radiactivo. b) Número de átomos que quedará al cabo de un año.

a) Sabemos que la vida media de un nucleido radioactivo viene dada por $\tau = \frac{1}{\lambda}$, como el periodo de semidesintegración se calcula mediante $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$,si despejamos la constante de desintegración radiactiva, tenemos que; $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{27 días} = 0{,}0257 días^{-1}$ e con esto, calculamos la vida media:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0{,}0257 dias} = 38{,}95 \ días$$

b) Para calcular el número de átomos que quedará al cabo de un año, utilizamos la ley de la desintegración radiactiva:

$$N = N_o e^{-\lambda \cdot t}$$

Antes expresamos la vida media y la constante de desintegración en segundos.

$$\tau = 38{,}95 \ días = 3{,}365 \cdot 10^6 seg \qquad \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{27 días} = 2{,}97 \cdot 10^{-7} seg^{-1}$$

Con esto:

$$N = N_o e^{-\lambda \cdot t} = N_o e^{-\frac{t}{\tau}} = 4{,}13 \cdot 10^{21} \cdot e^{-\frac{3{,}154 \cdot 10^7}{3{,}365 \cdot 10^6}} = 3{,}51 \cdot 10^{17} átomos$$

8.- Se tienen 50 mg de ${}^{131}_{53}I$, cuya vida media es de 8 días. Calcular: a) Cantidad del isótopo que había hace un mes y la cantidad que habrá dentro de dos meses. b) Periodo de semidesintegración. c) Actividad. ($N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26}$ = nº de partículas que hay en 1 mol-kg) (considerar los meses de 30 días).

a) Si tenemos 50 mg, calculamos el número de moles mediante:

$$n = \frac{m}{A} = \frac{0{,}05 gr}{131 gr \cdot mol^{-1}} = 3{,}917 \cdot 10^{-4} mol$$

Y como en un mol de átomos hay un número de Avogadro de átomos,

$$átomos_I = n \cdot N_A = 3{,}817 \cdot 10^{-4}\, mol \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23}\, átomos \cdot mol^{-1} = 2{,}299 \cdot 10^{20}\, átomos$$

Para calcular la cantidad de Yodo que había hace un mes, utilizamos la ley de la desintegración radiactiva:

$$N = N_o e^{-\lambda \cdot t} = N_o e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Hace un mes había:

$$N_o = N \cdot e^{\lambda \cdot t} = N \cdot e^{\frac{t}{\tau}} = N \cdot e^{\frac{t}{\tau}} = 2{,}299 \cdot 10^{20} \cdot e^{\frac{2{,}592 \cdot 10^6\, s}{6{,}912 \cdot 10^5\, s}} = 9{,}7756 \cdot 10^{21}\, átomos$$

En dos meses habrá:

$$N = N_o e^{-\lambda \cdot t} = N_o \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 2{,}299 \cdot 10^{20} \cdot e^{-\frac{5{,}184 \cdot 10^6\, s}{6{,}912 \cdot 10^5\, s}} = 1{,}27 \cdot 10^{17}\, átomos$$

b) El periodo de semidesintegración lo calculamos mediante:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \ln 2 \cdot \tau = 5{,}545\ días$$

c) La actividad, la calculamos mediante:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda \cdot N = \frac{N}{\tau} = \frac{2{,}299 \cdot 10^{20}\, átomos}{6{,}91 \cdot 10^5\, s} = 3{,}32 \cdot 10^{14}\, Bq$$

9.- La vida media del $^{234}_{90}Th$ es de 24 días. ¿Qué proporción de Torio permanecerá sin desintegrarse el cabo de 96 días?

La proporción de Torio que quedará sin desintegrarse la calculamos utilizando la ley de la desintegración radiactiva:

$$\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{t}{\tau}} = e^{-\frac{96}{24}} = 0{,}0183$$

Si lo expresamos en %, tendremos que la proporción será: 1,83 %

10.- La constante de desintegración radiactiva de una preparación es 1,44 $\cdot 10^{-3}$ h^{-1} ¿Cuánto tiempo tardará en desintegrarse el 75 % de la masa original?

Aplicando la Ley de Elster y Geitel:

$$\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda \cdot t}$$

Tenemos que si se desintegra, la proporción que queda sin desintegrarse será del 25%:

$$0{,}25 = e^{-\lambda \cdot t}$$

De donde:

$$\ln 0{,}25 = -\lambda \cdot t$$

Y despejando t, nos queda:

$$t = \frac{\ln 0{,}25}{-\lambda} = \frac{\ln 0{,}25}{-1{,}44 \cdot 10^{-3} h^{-1}} = 962{,}7\ h$$

11.- En una mezcla encontrada en la actualidad, de isótopos de U, el $^{238}_{92}U$ representa el 99,3 % y el $^{235}_{92}U$ el 0,7 %. Sus vidas medias son $4{,}56 \cdot 10^9$ años y $1{,}02 \cdot 10^9$ años respectivamente.
Calcular: a) Tiempo transcurrido desde que se formó la Tierra, si eran igualmente abundantes en ese momento. b) Actividad de 1 gramo de $^{238}_{92}U$

a) Si llamamos A al isótopo U-238 y B al U-235, y escribimos las leyes de emisión radioactivas de cada uno de ellos tenemos:

$$N_A = N_{Ao} \cdot e^{-\lambda_A \cdot t} \qquad y \qquad N_B = N_{Bo} \cdot e^{-\lambda_B \cdot t}$$

Si dividimos ambas expresiones, tenemos:

$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{N_{Ao}}{N_{Bo}} \cdot e^{-(\lambda_A - \lambda_B) \cdot t}$$

Como dicen que cuando se formó la tierra las dos especies eran igual de abundantes, nos queda:

$$\frac{N_A}{N_B} = 1 \cdot e^{-(\lambda_A - \lambda_B) \cdot t} = e^{-(\lambda_A - \lambda_B) \cdot t}$$

La proporción existente en la actualidad entre ambos isótopos es:

$$\frac{99,3}{0,7} = e^{(\lambda_B - \lambda_A) \cdot t}$$

Apicando logaritmos, tenemos:

$$\ln\left(\frac{99,3}{0,7}\right) = (\lambda_B - \lambda_A) \cdot t$$

Como desconocemos las constantes de desintegración radioactivas, pero si conocemos sus tiempos de vida media, reescribimos la ecuación de la forma:

$$\ln\left(\frac{99,3}{0,7}\right) = \left(\frac{1}{\tau_B} - \frac{1}{\tau_A}\right) \cdot t$$

De donde despejando t, y sustituyendo los datos del enunciado, obtenemos:

$$t = \frac{\ln\left(\frac{99,3}{0,7}\right)}{\left(\frac{1}{1,02 \cdot 10^9 \, años} - \frac{1}{4,56 \cdot 10^9 \, años}\right)} = 6,515 \cdot 10^9 \, años$$

b) La actividad, la calculamos mediante:

$$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = \lambda \cdot N = \frac{N}{\tau}$$

Calculamos el número de moles de 1 gramo de Uranio-238:

$$n = \frac{m}{A} = \frac{1gr}{238 gr \cdot mol^{-1}} = 4,202 \cdot 10^{-3} mol$$

Y sustituimos en la ecuación de la actividad:

$$A = \frac{N}{\tau} = \frac{4,202 \cdot 10^{-3} mol \cdot 6,023 \cdot 10^{23} átomos \cdot mol^{-1}}{4,56 \cdot 10^9 \, años \cdot \frac{365 días}{año} \cdot \frac{24 horas}{día} \cdot \frac{3600 s}{hora}} = \frac{2,5309 \cdot 10^{21} átomos}{1,438 \cdot 10^{17} s} = 17600 Bq$$

12.- Formular la reacción $^{7}Li(p,\gamma)^{8}Be$ y calcular la frecuencia de la radiación emitida.
Datos: m(^{8}Be)= 8,00777 u; m(^{7}Li): 7,01818 u ; m(^{1}H): 1,00813 u; h = 6,63·10^{-34} J·s

$${}^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H^{+} \rightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{0}_{0}\gamma$$

Calculamos el defecto de masa mediante:

$$\Delta m = \left[M\left({}^{8}_{4}Be\right)\right] - \left[M\left({}^{7}_{3}Li\right) + M\left({}^{1}_{1}H\right)\right] = 8{,}00777 - 7{,}01818 - 1{,}00813 = -0{,}01854u$$

Es decir, al producirse la reacción tiene lugar una pérdida de masa de 0,018 umas por cada átomo de Litio reaccionante, por tanto se liberará una energía E de valor:

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

Por tanto:

$$E = \Delta m c^2 = 0{,}01854u \cdot 1{,}67 \cdot 10^{-27} kg \cdot u^{-1} \cdot 9 \cdot 10^{16} m^2 \cdot s^{-2} = 2{,}7865 \cdot 10^{-12} J$$

Que sustituyendo en la ecuación de Planck, nos da una frecuencia:

$$E = h \cdot \nu \quad \Rightarrow \quad \nu = \frac{E}{h} = \frac{2{,}7865 \cdot 10^{-12} J}{6{,}63 \cdot 10^{-34} J \cdot s} = 4{,}2 \cdot 10^{21} Hz$$

13.- Una de las reacciones posibles de fusión del ${}^{239}_{94}Pu$ cuando capta un neutrón es la formación de ${}^{141}_{58}Ce$ y ${}^{96}_{42}Mo$, liberándose 3 neutrones. Formular la reacción y calcular la energía liberada por cada núcleo fisionado. Datos: m(${}^{239}_{94}Pu$): 239,052158 u; m(${}^{141}_{58}Ce$): 140,908570 u; m(${}^{96}_{42}Mo$): 95,90499 u; m(${}^{1}_{0}n$): 1,008665 u; m(${}^{0}_{-1}e^-$): 0,000549 u.

$${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{141}_{58}Ce + {}^{96}_{42}Mo + 3\,{}^{1}_{0}n + 6\,{}^{0}_{-1}e^-$$

Calculamos el defecto de masa de la reacción mediante:

$$\Delta m = \left[M\left({}^{141}_{58}Ce\right) + M\left({}^{96}_{42}Mo\right) + 3M\left({}^{1}_{0}n\right) + 6M\left({}^{0}_{-1}e^-\right)\right] - \left[M\left({}^{239}_{94}Pu\right) + M\left({}^{1}_{0}n\right)\right] =$$
$$95{,}90499 + 140.90857 + 3(1{,}008665) + 6(0{,}000549) - 239{,}052158 - 1{,}008665 = -0{,}21794u$$

Es decir, al producirse la reacción tiene lugar una pérdida de masa de 0,218 umas por cada átomo de Plutonio reaccionante, por tanto se liberará una energía E de valor:

$$E_r = \Delta m \cdot c^2$$

Por tanto:

$$E_r = \Delta m c^2 = -0{,}218u \cdot 1{,}66 \cdot 10^{27} kg \cdot 9 \cdot 10^{16} = -3{,}26 \cdot 10^{-11} J = -203{,}3 MeV$$

14.- En un proceso nuclear se bombardean núcleos de ${}^{7}_{3}Li$ con protones, produciéndose dos partículas α. Si la energía liberada en la reacción es exclusivamente cinética. ¿Qué energía cinética, en MeV, tendrá cada una de las partículas α? [m(${}^{7}_{3}Li$): 7,01818 u; m(${}^{1}_{1}H$): 1,00813 u; m(${}^{4}_{2}He$): 4 ,0026033 u]

Se trata en este problema de una reacción nuclear, en la que el litio, al captar un protón, se vuelve inestable y se descompone en dos partículas alfa. La reacción que tiene lugar es:

$${}^{7}_{3}Li + {}^{1}_{1}H \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He$$

La energía liberada en esta reacción (en forma de energía cinética de las dos partículas alfa, según nos dicen) proviene de la pérdida de masa, que se ha transformado en energía según la expresión de Einstein

$$E_r = \Delta m \cdot c^2$$

donde Δm es el defecto másico, que se calcula mediante:

$$\Delta m = \sum M_{\text{Productos}} - \sum M_{\text{Reactivos}}$$

, y c la velocidad de la luz en el vacío. Así:

$$\Delta m = \left[2 \cdot M\left({}^4_2He\right)\right] - \left[M\left({}^7_3Li\right) + M\left({}^1_1H\right)\right] = 2(4,0026033) - 7,01818 - 1,00813 = -0,0211034u$$

Que expresada en MeV equivale a:

$$\Delta m = -0,0211034u \cdot 931,494 MeV \cdot c^{-2} = -19,658 MeV \cdot c^{-2}$$

Y de aquí, la energía de esta reacción nuclear será:

$$E_r = \Delta m c^2 = -19,658 MeV \cdot c^{-2} \cdot c^2 = -19,658 MeV$$

El signo es negativo al ser energía desprendida. Las partículas alfa se llevan esa energía, pero positiva. Suponiendo que ambas partículas alfa llevan la misma energía cinética, a cada una corresponde la mitad de la energía desprendida, es decir $1,5765 \cdot 10^{-12}$ J ó 9,83 MeV.

15.- Completar las siguientes reacciones nucleares:

$$a)\, {}^{23}_{11}Na + {}^4_2He \rightarrow {}^{26}_{12}Mg + ? \qquad c)\, {}^{105}_{48}Cd + {}^{0}_{-1}e \rightarrow ?$$

$$b)\, {}^{12}_{6}C(d,n)? \qquad d)\, {}^{55}_{25}Mn(n,\gamma)?$$

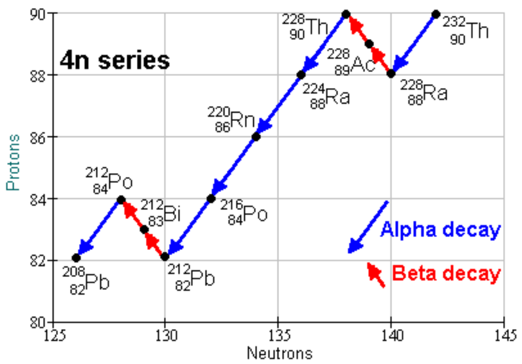
$a)\, {}^{23}_{11}Na + {}^4_2He \rightarrow {}^{26}_{12}Mg + {}^1_1H$

$b)\, {}^{12}_{6}C(d,n) : {}^{12}_{6}C + {}^2_1H \rightarrow {}^{13}_{7}N + {}^1_0n$

$c)\, {}^{105}_{48}Cd + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{105}_{47}Ag$

$d)\, {}^{55}_{25}Mn(n,\gamma) : {}^{55}_{25}Mn + {}^1_0n \rightarrow {}^{56}_{25}Mn + {}^0_0\gamma$

16.- El ${}^{234}_{90}Th$ se descompone según α, β, β, α, α, α, α, β, α, β. Escribir todas las reacciones y decir cuál es el núcleo estable final.



Estamos ante la familia radiactiva del Torio-234, y que como podemos ver en el gráfico de la izquierda termina con ${}^{208}_{82}Pb$ vemos que la penúltima desintegración es una α en vez de una β, por tanto tenemos que:

$${}^{212}_{83}Bi \rightarrow {}^{208}_{81}Tl + {}^4_2\alpha$$

$${}^{208}_{81}Tl \rightarrow {}^{208}_{82}Pb + {}^{0}_{-1}\beta$$

Así que el resultado final es el mismo, pero varían los dos últimos pasos.

17.- El análisis de ${}^{14}_{6}C$ de una momia egipcia revela que presenta 2/3 de la cantidad habitual en un ser vivo. ¿Cuándo murió el egipcio momificado? (T de semidesintegración= 3970 años)

Esto es una cuestión de radiactividad, emisión de partículas por parte de núcleos inestables, que se transforman en otros núcleos distintos.

Cuando un ser vivo muere, la cantidad de ${}^{14}_{6}C$ que posee disminuye por desintegración. El ritmo de desintegración de los núcleos de ${}^{14}_{6}C$ depende de la cantidad de núcleos que queden sin desintegrar, N, de forma que el número de átomos inicial disminuye según la ley de desintegración radiactiva:

$$N = N_o \cdot e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

donde N_0 es el nº inicial de átomos, t el tiempo transcurrido y τ la vida media de la sustancia radiactiva (tiempo promedio de desintegración de un núcleo).

La fracción sin desintegrar se calcula mediante:

$$\frac{N}{N_o} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

De donde despejando el tiempo, tenemos:

$$t = -\tau \ln \frac{N}{N_o}$$

Como el periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) es el tiempo que transcurre hasta que la cantidad de átomos inicial se reduce a la mitad. Y se calcula mediante:

$T_{\frac{1}{2}} = \tau \cdot \ln 2$, de aquí despejamos la semivida, y nos da: $\tau = \frac{T_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} = \frac{3970}{\ln 2} = 5727{,}5 años$

Como nos dicen que la momia presenta 2/3 de la cantidad normal, quiere decir que se ha desintegrado 1/3 y por tanto quedarían sin desintegrad 2/3, si sustituimos en: $t = -\tau \ln \frac{N}{N_o} = -5727{,}5 años \cdot \ln \frac{2}{3} = -2322 años$

Así que el egipcio momificado murió hace aproximadamente 2300 años.

18.- Suponga una central nuclear en la que se produzca energía a partir de la siguiente reacción nuclear de fusión: $4\,{}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{16}_{8}O$ a) Determine la energía que se produciría por cada kg de Helio que se fusionase.
b) Razone en cuál de los dos núcleos anteriores es mayor la energía de enlace por nucleón.
(c = 3 ·10⁸ m·s⁻¹ ; 1 u = 1,66 ·10⁻²⁷ kg ; m (He) = 4,0026 u ; m (O) = 15,9950 u.)

a) Si la reacción es:

$$4\,{}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{16}_{8}O$$

Calculamos la energía que se desprende mediante:

$$E_r = \Delta m \cdot c^2$$

donde Δm es el defecto másico, que se calcula mediante:

$$\Delta m = \sum M_{\text{Productos}} - \sum M_{\text{Reactivos}}$$

, y c la velocidad de la luz en el vacío. Así:

$$\Delta m = \left[M\left({}^{16}_{8}O\right) \right] - \left[4 \cdot M\left({}^{4}_{2}He\right) \right] = 15{,}995 - 4(4{,}0026) = -0{,}0154u$$

Que expresada en MeV equivale a:

$$\Delta m = -0{,}0154u \cdot 931{,}494 MeV \cdot c^{-2} = -14{,}345 MeV \cdot c^{-2}$$

Y de aquí, la energía de esta reacción nuclear será:

$$E_r = \Delta m \cdot c^2 = -14{,}345 MeV \cdot c^{-2} \cdot c^2 = -14{,}345 MeV$$

Así que por cada 4 núcleos de Helio se desprenden 14,345 Mev, por un núcleo serán 3,59 Mev.

Calculamos los átomos de Helio que hay en un kilogramo:

$$n = \frac{m}{A} = \frac{1000 gr}{4{,}0026 gr / mol} = 249{,}84 mol$$

Y como en cada mol hay un número de Avogadro, entonces el número de átomos será:

$$\text{átomos} = n \cdot N_A = 249{,}84 mol \cdot 6{,}023 \cdot 10^{23} \text{átomos} \cdot mol^{-1} = 1{,}5 \cdot 10^{26} \text{átomos}$$

Así que si por un átomo se desprenden 3,59 MeV, por $1{,}5 \cdot 10^{26}$ se desprenderán:

$$E = 1{,}5 \cdot 10^{26} \text{átomos} \cdot 3{,}59 MeV \cdot \text{átomo}^{-1} = 5{,}384 \cdot 10^{26} MeV$$

b) La energía de enlace, viene dada por:

$$E_e = \left| \Delta m \cdot c^2 \right|$$

Mientras que la energía de enlace por nucleón

$$E_n = \frac{E_e}{A}$$

Es la cantidad de energía que hay que comunicar al núcleo para poder deshacerlo, separando completamente los nucleones, al igual que es la energía que se desprende en la formación de un núcleo. Dividiendo la energía de enlace entre el número de nucleones del núcleo obtenemos la energía de enlace por nucleón, que nos da una idea de la estabilidad de los núcleos; ***cuánto mayor sea, más estable será el núcleo***, ya que se requerirá más energía por nucleón para descomponerlo en sus nucleones. La evaluación de esta energía de ligadura de nucleón para los distintos núcleos nos da unos valores prácticamente constantes, de aproximadamente 8,5MeV, en una zona central de valores de A. Sin embargo existen dos zonas de menor estabilidad nuclear, correspondientes a núcleos ligeros y a núcleos pesados, con valores menores de esta energía, valores que sin embargo crecen al acercarse a la zona central. Así las dos formas de ganar energía por nucleón en una reacción nuclear, y por lo tanto pasar a una situación más estable, con el consiguiente desprendimiento de energía, son la ***fisión de un núcleo pesado en dos más ligeros*** de la zona central o la ***fusión de dos núcleos ligeros para dar uno más pesado***, más próximo a esa zona central.

Así que según esto, como el átomo de O es más pesado que los de Helio, entonces su energía de enlace por nucleón será mayor, como podemos observar en la gráfica siguiente.