	<b>FÍSICA 2º Bachillerato</b> <b>Ejercicios: Física nuclear (II)</b>	1(6)
	Autor: Manuel Díaz Escalera ( <a href="http://www.fgdiazescalera.com">http://www.fgdiazescalera.com</a> ) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

### Ejercicio nº 1

Algunos relojes llevan  $^{226}\text{Ra}$  para que los números o las agujas se puedan ver en la oscuridad. Supongamos que uno de dichos relojes lleva  $1 \cdot 10^{-6}$  g de este elemento que tiene un periodo de semidesintegración de 1 600 años. ¿Qué cantidad de radio desaparece al cabo de un año? ¿Tendrás que cambiar el reloj debido a que se agote el  $^{226}\text{Ra}$  que lleva?

### Ejercicio nº 2

Un gramo de Radio tiene una Actividad de  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq. Si la masa atómica del Ra es de 226 u. Calcular:

- a) La constante de desintegración del Radio.
- b) La vida media de los átomos de Radio.

Número de Avogadro  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  átomos

### Ejercicio nº 3

Se ha medido la actividad de una muestra de madera prehistórica observándose que se desintegran 90 átomos/hora, cuando en una muestra actual de la misma naturaleza, la tasa de desintegración es de 700 átomos/hora. Calcula el tiempo transcurrido desde que se cortó la madera sabiendo que el periodo de semidesintegración del  $^{14}\text{C}$  es de 5590 años.

### Ejercicio nº 4

5. a) Explica por qué y cómo puede determinarse la edad de restos de un organismo prehistórico por el "método del carbono-14". (1 punto)
- b) Se observa que la actividad radioactiva de una muestra de madera prehistórica es diez veces inferior a la de una muestra de igual masa de madera moderna. Sabiendo que el periodo de semidesintegración de  $^{14}\text{C}$  es de 5 600 años, calcula la antigüedad de la primera muestra. (1 punto)

### Ejercicio nº 5

Disponemos de 100 g de  $^{60}\text{Co}$ , cuya constante de desintegración es  $2 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .


- a) ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que la cantidad de dicho núclido se reduzca a 25 g?
- b) Determina la actividad inicial de la muestra.

Datos:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  ;  $m(\text{Co}) = 59,93 \text{ u}$

### Ejercicio nº 6

Se preparan 250 gramos de una sustancia radiactiva y al cabo de 24 horas se ha desintegrado el 15 % de la masa original. Se pide:

- a) La constante de desintegración de la sustancia
- b) El periodo de semidesintegración de la sustancia así como su vida media.
- c) La masa que quedará sin desintegrar al cabo de 10 días.

	<b>FÍSICA 2º Bachillerato</b> <b>Ejercicios: Física nuclear (II)</b>	2(6)
	Autor: Manuel Díaz Escalera ( <a href="http://www.fgdiazescalera.com">http://www.fgdiazescalera.com</a> ) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

### Ejercicio nº 7

Se tiene un mol de un isótopo radiactivo cuyo periodo de semidesintegración es de 100 días. Conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

- ¿Al cabo de cuánto tiempo quedará solo el 10% del material inicial?
- ¿Qué velocidad de desintegración o actividad tiene la muestra en ese momento?

Dar el resultado en unidades del S.I. (1,5 puntos)

Dato: Número de Avogadro  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$

### Ejercicio nº 8

El  $^{14}_6\text{C}$  es un isótopo radiactivo del carbono utilizado para determinar la antigüedad de objetos. Calcula la energía de ligadura media por nucleón, en  $\text{MeV}$ , de un núcleo de  $^{14}_6\text{C}$ .

Datos: Masas atómicas,  $^1_0\text{n} : 1,0087 \text{ u}$ ,  $^1_1\text{H} : 1,0073 \text{ u}$ ,  $^{14}_6\text{C} : 14,0032 \text{ u}$ ;

Carga del protón,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ; velocidad de la luz en el vacío  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;

Masa del protón  $m_p = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

### Ejercicio nº 9

2. Cuando se bombardea con un protón un núcleo de litio,  $^7_3\text{Li}$ , éste se descompone en dos partículas  $\alpha$ .

- Escribe y ajusta la reacción nuclear del proceso. (1 punto.)
- Calcula la energía liberada en dicha desintegración, siendo los pesos atómicos del litio, el hidrógeno y el helio 7,0182 u, 1,0076 u y 4,0029 u, respectivamente. Expresa el resultado en eV. (1 punto.)

### Ejercicio nº 10

4. En una reacción de fusión se obtiene  $^4_2\text{He}$  a partir de  $^2_1\text{H}$  y  $^3_1\text{H}$ .

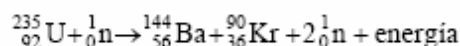
- Escribe la ecuación completa de la reacción y calcula la energía liberada.
- ¿Cuál es la energía de enlace por nucleón del  $^4_2\text{He}$ ?

$^2_1\text{H} : 2,014102 \text{ u}$ ;  $^3_1\text{H} : 3,016049 \text{ u}$ ;  $^4_2\text{He} : 4,002603 \text{ u}$ ;  $^1_1\text{H} : 1,007825 \text{ u}$ ;


$\text{n} : 1,008665 \text{ u}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

### Ejercicio nº 11

6.- A partir de las siguientes masas nucleares  $^{235}_{92}\text{U} = 234,99 \text{ u}$ ,  $^{141}_{56}\text{Ba} = 143,90 \text{ u}$ ,  $^{92}_{36}\text{Kr} = 89,92 \text{ u}$  y  $^1_0\text{n} = 1,01 \text{ u}$ , calcular la energía que se libera en la siguiente reacción de fisión:



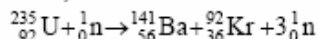
( $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $1 \text{ u} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

	<b>FÍSICA 2º Bachillerato</b> <b>Ejercicios: Física nuclear (II)</b>	3(6)
	Autor: Manuel Díaz Escalera ( <a href="http://www.fgdiazescalera.com">http://www.fgdiazescalera.com</a> ) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

### Ejercicio nº 12

4) a) Explica brevemente en qué consiste la *fisión nuclear*. (1 punto)

b) Tras capturar un neutrón térmico, un núcleo de Uranio 235 se fisiona en la forma



Calcula la energía liberada en este proceso. Expresa tu resultado en J y en MeV. (1,5 puntos)

Masas atómicas:  $m_{\text{U}} = 235,0439 \text{ u}$  ;  $m_{\text{Ba}} = 140,9140 \text{ u}$  ;  $m_{\text{Kr}} = 91,9250 \text{ u}$  ;  $m_{\text{n}} = 1,0087 \text{ u}$ .

$1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

### Ejercicio nº 13

La masa del núcleo del isótopo del sodio  ${}_{11}^{23}\text{Na}$  es de 22,9898 u. Calcula:

a) El defecto de masa correspondiente.

b) Energía media de enlace por nucleón.

Datos: masa del protón = 1,0073 u; masa del neutrón = 1,0087 u;

masa de 1 u =  $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ; velocidad de la luz,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

### Ejercicio nº 14

Calcula la masa de deuterio que requeriría cada día una hipotética central de fusión de 500 MW de potencia eléctrica en la que la energía se obtuviese del proceso  $2{}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He}$ , suponiendo un rendimiento del 30%.

Datos:  $m_{\text{D}} = 2,01474 \text{ u}$ ;  $m_{\text{He}} = 4,00387 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ át./mol}$ .

### Ejercicio nº 15

Calcule:

a) La energía media de enlace por nucleón de un átomo de  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ , expresada en MeV (megaelectrón-voltios).

b) La cantidad de energía necesaria para disociar completamente 1 g de  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$ , expresando dicha energía en Julios.

Datos:

Masa atómica del  ${}_{20}^{40}\text{Ca} = 39,97545 \text{ u}$  Masa atómica del protón = 1,0073 u

Masa atómica del neutrón = 1,0087 u Numero de Avogadro =  $6,023 \times 10^{23} \text{ át/mol}$

1 u equivale a 931 MeV.

## RESPUESTAS

### Solución nº 1

$$\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 0,693 / 1600 \text{ años} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} = 9,99 \cdot 10^{-7} \text{ gramos (queda, al cabo de un año, el 99,9% de Radio)}$$

### Solución nº 2

a) Primero calculamos los átomos en un gramo de Radio:

$$1 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{226 \text{ g}} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol}} = 2,67 \cdot 10^{21} \text{ átomos}$$



$$A = \lambda \cdot N \rightarrow \lambda = A / N = 3,7 \cdot 10^{10} / 2,67 \cdot 10^{21} = 1,39 \cdot 10^{-11} \text{ segundos}^{-1}$$

b)  $\tau = \lambda^{-1} = 7,19 \cdot 10^{10} \text{ segundos}$

### Solución nº 3

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5590} = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow A / A_0 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow A_0 / A = e^{\lambda \cdot t} \rightarrow \ln(A_0 / A) = \lambda \cdot t$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_0}{A} = \frac{1}{1,24 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{700}{90} = 16542 \text{ años}$$

### Solución nº 4

b)

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5590} = 1,24 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow A / A_0 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow 0,1 = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$t = \frac{-\ln 0,1}{\lambda} = \frac{2,303}{1,24 \cdot 10^{-4}} = 18573 \text{ años}$$

### Solución nº 5

a)  $m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow 25 = 100 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow 25/100 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow \ln(0,25) = -2 \cdot 10^{-6} \cdot t$   
 $t = 6,9 \cdot 10^5 \text{ segundos}$

b)  $N_0 = 100 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / 59,93 = 1 \cdot 10^{24}$  núcleos iniciales  
La actividad inicial:  $A_0 = \lambda \cdot N_0 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^{24} = 2 \cdot 10^{18} \text{ Bq}$

### Solución nº 6

a)  $m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow m/m_0 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow 0,85 = e^{-\lambda \cdot 24} \rightarrow \ln 0,85 = -\lambda \cdot 24$   
 $\lambda = 6,77 \cdot 10^{-3} \text{ horas}^{-1}$

b)  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 102,38 \text{ horas}$ ;  $\tau = \lambda^{-1} = 147,7 \text{ horas}$

c)  $m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} = 49 \text{ gramos}$

### Solución nº 7

a)  $\lambda = \ln 2 / t_{1/2} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ días}^{-1}$

$$m = m_0 e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow m/m_0 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow 0,1 = e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow \ln 0,1 = -6,9 \cdot 10^{-3} \cdot t$$

$t = 333,7 \text{ días}$

b)  $N = 0,1 \cdot N_0 = 0,1 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 6,022 \cdot 10^{22}$  núcleos

$$\lambda = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ días}^{-1} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ segundos}^{-1}$$

$$A = \lambda \cdot N = 8 \cdot 10^{-8} \cdot 6,022 \cdot 10^{22} = 4,8 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$$

### Solución nº 8

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{exp}} = 6 \cdot 1,0073 \text{ u} + 8 \cdot 1,0087 \text{ u} - 14,0032 \text{ u} = 0,1102 \text{ u}$$

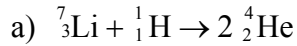
$$0,1102 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg/u} = 1,83 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$



$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 1,83 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,647 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 1,647 \cdot 10^{-11} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,03 \cdot 10^8 \text{ eV} = 103 \text{ MeV}$$

$$\Delta E / A = 103 / 14 = 7,36 \text{ MeV/nucleón}$$

### Solución nº 9



b)

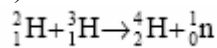
$$\Delta m = 2 \cdot m({}^4_2\text{He}) - m({}^7_3\text{Li}) - m({}^1_1\text{H}) = 2 \cdot 4,0029 - 7,0182 - 1,0076 = -0,02 \text{ u}$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -0,02 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,99 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$\Delta E = 2,99 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 2,99 \cdot 10^{-12} / 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,87 \cdot 10^7 \text{ eV}$$

### Solución nº 10

a)



$$\Delta E = (4,002603 + 1,008665 - 2,014102 - 3,016049) \cdot \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$\Delta E = 2,82 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

b)

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (2,1008665 + 2,1007825 - 4,002603) \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4,54 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

$$\Delta E / A = 4,54 \cdot 10^{-12} / 4 = 1,13 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucleón}$$

### Solución nº 11

Primero calculamos el defecto de masa  $\Delta m$  correspondiente a la reacción y luego la energía liberada con la ecuación  $\Delta E = \Delta m c^2$

$$\Delta m = m({}^{144}_{56}\text{Ba}) + m({}^{90}_{36}\text{Kr}) + 2m({}^1_0\text{n}) - m({}^{235}_{92}\text{U}) - m({}^1_0\text{n})$$

$$\Delta m = 143,9 + 89,92 + 2,02 - 234,99 - 1,01 = -0,16 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,16 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}} = 2,66 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 2,66 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,39 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

### Solución nº 12

b)


$$\Delta m = m({}^{141}_{56}\text{Ba}) + m({}^{92}_{36}\text{Kr}) + 3m({}^1_0\text{n}) - m({}^{235}_{92}\text{U}) - m({}^1_0\text{n})$$

$$\Delta m = 140,9140 + 91,9250 + 2,0174 - 235,0439 = -0,1875 \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,1875 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{u}} = 3,1 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 3,1 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

$$E = \frac{2,8 \cdot 10^{-11}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,75 \cdot 10^8 \text{ eV} = 175 \text{ MeV}$$

	<b>FÍSICA 2º Bachillerato</b> <b>Ejercicios: Física nuclear (II)</b>	6(6)
	Autor: Manuel Díaz Escalera ( <a href="http://www.fgdiazescalera.com">http://www.fgdiazescalera.com</a> ) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

### Solución nº 13

a)

$$\Delta m = 11 \cdot 1,0073 + 12 \cdot 1,0087 - 22,9898 = 0,1949 \text{ u} = 3,24 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

b)

$$\frac{\Delta E}{n} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n} = \frac{3,24 \cdot 10^{-28} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{23} = 1,27 \cdot 10^{-12} \frac{\text{J}}{\text{nucleón}}$$

### Solución nº 14

El defecto de masa de la reacción:  $\Delta m = 2M(\text{D}) - M(\text{He}) = 0,0256 \text{ u} = 4,25 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$

La central necesita 500 MW cada día. La energía correspondiente:

$$E = P \cdot t = 500 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 4,32 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

Supuesto un rendimiento del 30 %, se necesita una energía mayor de la reacción nuclear:  $4,32 \cdot 10^{13} \text{ J} \cdot 100/30 = 1,44 \cdot 10^{14} \text{ J}$

Calculamos el defecto de masa para obtener dicha energía:

$$\Delta m = \Delta E / c^2 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$$

2 núcleos de deuterio  $\rightarrow \Delta m = 4,25 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$

X núcleos de deuterio  $\rightarrow \Delta m = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$

$X = 7,53 \cdot 10^{25}$  núcleos de deuterio  $= 7,53 \cdot 10^{25} / 6,02 \cdot 10^{23} = 125,1$  moles de deuterio  $= 125,1 \cdot 2,015 = 252$  gramos de deuterio

### Solución nº 15

a)

$$\Delta M = 20 \cdot 1,0073 + 20 \cdot 1,0087 - 39,97545 = 0,34455 \text{ u}$$

$$0,34455 \cdot 931 = 321 \text{ MeV}$$

$$\Delta E / A = 321 \text{ MeV} / 40 = 8,05 \text{ MeV} / \text{nucleón}$$

b) 1 gramo de Ca-40  $= 1/39,97545 = 0,025$  moles  $= 0,025 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,5 \cdot 10^{22}$  núcleos

La energía necesaria para disociar los núcleos:

$$1,5 \cdot 10^{22} \cdot 321 = 4,83 \cdot 10^{24} \text{ MeV} = 4,83 \cdot 10^{30} \text{ eV} = 7,7 \cdot 10^{11} \text{ J}$$