

FISICA

TEMA 5: FÍSICA CUÁNTICA Y NUCLEAR

- Junio, Ejercicio 4, Opción A
- Junio, Ejercicio 4, Opción B
- Reserva 1, Ejercicio 4, Opción A
- Reserva 1, Ejercicio 4, Opción B
- Reserva 2, Ejercicio 4, Opción A
- Reserva 2, Ejercicio 4, Opción B
- Reserva 3, Ejercicio 4, Opción A
- Reserva 3, Ejercicio 4, Opción B
- Reserva 4, Ejercicio 4, Opción A
- Reserva 4, Ejercicio 4, Opción B
- Septiembre, Ejercicio 4, Opción A
- Septiembre, Ejercicio 4, Opción B

a) Describa brevemente las interacciones fundamentales de la naturaleza. Compare su alcance e intensidad.

b) El periodo de semidesintegración de un núclido radiactivo de masa atómica 109 u, que emite partículas beta, es de 462,6 días. Una muestra cuya masa inicial era de 100 g, tiene en la actualidad 20 g del núclido original. Calcule la constante de desintegración y la actividad actual de la muestra.

$$1 \text{ u} = 1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

FISICA. 2017. JUNIO. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

## R E S O L U C I O N

a) Las interacciones fundamentales de la naturaleza hasta ahora conocidas son:

**Interacción gravitatoria:** Se debe a la masa. Con largo alcance (hasta el infinito) e intensidad relativa muy baja  $10^{-38}$

**Interacción electromagnética:** Se da entre partículas cargadas. De largo alcance e intensidad relativa del orden de  $10^{-2}$

**Interacción nuclear fuerte:** de corto alcance (se manifiesta en el interior de los núcleos) e intensidad relativa 1. Es la más fuerte conocida.

**Interacción nuclear débil:** de corto alcance e intensidad relativa del orden de  $10^{-13}$

b) Calculamos la constante de desintegración:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{462'6 \cdot 24 \cdot 3600} = 1'73 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

La ley de desintegración radiactiva, dice:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

$$\begin{aligned} N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} &\Rightarrow 20 = 100 \cdot e^{-1'498 \cdot 10^{-3} \cdot t} \Rightarrow 0'2 = e^{-1'498 \cdot 10^{-3} \cdot t} \Rightarrow \ln 0'2 = -1'498 \cdot 10^{-3} \cdot t \Rightarrow \\ &\Rightarrow t = \frac{\ln 0'2}{-1'498 \cdot 10^{-3}} = 1074'39 \text{ días} \end{aligned}$$

1 mol de X = 109 g

1 mol de X =  $N_A$  núcleos de X =  $\frac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}$  núcleos

Calculamos la actividad actual

$$A = \lambda \cdot N = 1'73 \cdot 10^{-8} \cdot 20 \cdot \frac{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}{109} = 1'90 \cdot 10^{15} \text{ desintegraciones/s}$$

a) Enuncie el principio de dualidad onda-corpúsculo. Si un electrón y un neutrón se mueven con la misma velocidad, ¿cuál de los dos tiene asociada una longitud de onda menor?

b) Una lámina metálica comienza a emitir electrones al incidir sobre ella radiación de longitud de onda  $2'5 \cdot 10^{-7}$  m. Calcule la velocidad máxima de los fotoelectrones emitidos si la radiación que incide sobre la lámina tiene una longitud de onda de  $5 \cdot 10^{-8}$  m.

$$h = 6'63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; m_e = 9'1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

**FISICA. 2017. JUNIO. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

### R E S O L U C I O N

a) Louis De Broglie, basándose en los resultados de Planck y Einstein, supuso en 1924 que cualquier partícula puede comportarse como una onda en algunas situaciones. Es decir, supuso que toda la materia tiene un comportamiento dual onda-partícula.

Dicho comportamiento ondulatorio vendrá caracterizado por una  $\lambda$ , llamada longitud de onda asociada a la partícula que estemos considerando. Esta  $\lambda$  viene dada por la expresión  $\lambda = \frac{h}{p}$ , donde

$h$  es la cte de Planck y  $p = m \cdot v$  es la cantidad de movimiento de la partícula. Por lo tanto,

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

Sabemos que:  $v_e = v_p = v$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_e = \frac{h}{m_e \cdot v} \\ \lambda_p = \frac{h}{m_p \cdot v} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{m_p}{m_e} \text{ y como } m_p \gg m_e, \text{ entonces: } \lambda_e \gg \lambda_p$$

Con lo cual la longitud de onda asociada al protón es menor que la asociada al electrón.

b) Aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

$$\begin{aligned} E &= W_0 + E_c \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_0} + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow h \cdot c \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left( \frac{1}{5 \cdot 10^{-8}} - \frac{1}{2'5 \cdot 10^{-7}} \right) = \frac{1}{2} 9'1 \cdot 10^{-31} \cdot v^2 \Rightarrow v = 2'64 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Luego, la velocidad máxima de los electrones es:  $v = 2'64 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

a) Explique en qué consisten las reacciones de fusión y fisión nucleares y comente el origen de la energía que producen.

b) En la bomba de hidrógeno se produce una reacción nuclear en la que se forma helio ( ${}^4_2\text{He}$ ) a partir de deuterio ( ${}^2_1\text{H}$ ) y de tritio ( ${}^3_1\text{H}$ ). Escriba la reacción nuclear y calcule la energía liberada en la formación de un núcleo de helio.

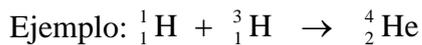
$$1\text{u} = 1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; m({}^2_1\text{H}) = 2'0141 \text{ u}; m({}^3_1\text{H}) = 3'0170 \text{ u}$$

$$m({}^4_2\text{He}) = 4'0026 \text{ u}; m({}^1_0\text{n}) = 1'0086 \text{ u}$$

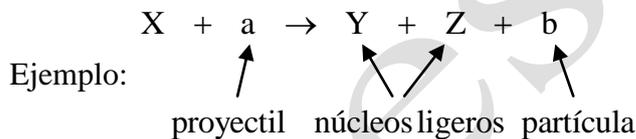
**FISICA. 2017. RESERVA 1. EJERCICIO 4. OPCIÓN A**

### R E S O L U C I O N

a) Una reacción de fusión consiste en la unión de dos núcleos ligeros para obtener otro más pesado.



Una reacción de fisión consiste en la rotura de un núcleo pesado en dos núcleos más ligeros, mediante el bombardeo de una partícula.



En los dos tipos de reacciones nucleares se libera mucha energía (más en las de fusión) debido a que una parte de la masa de los núcleos iniciales se transforma en energía ( $E = m \cdot c^2$ )



Se cumple la ley de conservación de la carga eléctrica:  $1+1=2+0$

Se cumple la ley de conservación del número de nucleones:  $2+3=4+1$

$$\Delta m = m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) - m({}^1_0\text{n}) = 2'0141 + 3'0170 - 4'0026 - 1'0086 = 0'0199 \text{ u}$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 0'0199 \text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2'99 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

La energía liberada al formarse un núcleo de Helio es:  $2'99 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

a) Hipótesis de Planck y su relación con el efecto fotoeléctrico.

b) Al iluminar la superficie de un cierto metal con un haz de luz de longitud de onda  $2 \cdot 10^{-8}$  m, la energía cinética máxima de los fotoelectrones emitidos es de 3 eV. Determine el trabajo de extracción del metal y la frecuencia umbral.

$$h = 6'63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; e = 1'6 \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$

**FISICA. 2017. RESERVA 1. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

## R E S O L U C I O N

a) La hipótesis de Planck dice que la energía que se absorbe o se emite por la materia es proporcional a la frecuencia. Se emite o se absorbe en forma de cuantos de energía.

$$E = h \cdot f$$

E = energía de un cuanto de luz

h = constante de Planck

f = frecuencia de la luz

La energía de la luz no es algo continuo, sino que está cuantizada.

Esto le sirvió a Einstein para explicar el efecto fotoeléctrico, de forma que la luz está compuesta por fotones (cuantos de luz). Un fotón choca con un electrón del metal y si tiene suficiente energía, lo arranca. De forma que la energía del fotón se divide en dos partes:  $W_0$  que es el trabajo para extraer el electrón y  $E_c$  que es la energía cinética con que sale el electrón del metal.

$$E = W_0 + E_c \Rightarrow h \cdot f = W_0 + E_c$$

b) Aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

$$\begin{aligned} E = W_0 + E_c &\Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_0 + E_c \Rightarrow 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^{-8}} = W_0 + 3 \text{ eV} \cdot \frac{1'6 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow W_0 = 9'465 \cdot 10^{-18} \text{ J} \end{aligned}$$

Calculamos la frecuencia umbral:

$$W_0 = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{9'465 \cdot 10^{-18}}{6'63 \cdot 10^{-34}} = 1'43 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$$

a) Defina los conceptos de defecto de masa y energía de enlace por nucleón.

b) Cuando se bombardea un núcleo de  ${}^{235}_{92}\text{U}$  con un neutrón se produce la fisión del mismo, obteniéndose dos isótopos radiactivos,  ${}^{89}_{36}\text{Kr}$  y  ${}^{144}_{56}\text{Ba}$ , y liberando 200 MeV de energía. Escriba la reacción de fisión correspondiente y calcule la masa de  ${}^{235}\text{U}$  que consume en un día una central nuclear de 700 MW de potencia.

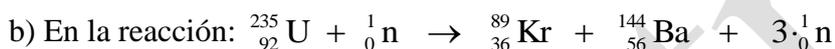
$$m({}^{235}_{92}\text{U}) = 235'0439 \text{ u} ; 1\text{u} = 1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; e = 1'60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

**FISICA. 2017. RESERVA 2. EJERCICIO 4. OPCIÓN A**

### R E S O L U C I O N

a) Defecto de masa es la diferencia de masa entre la suma de las masas de los constituyentes de un núcleo (protones y neutrones) y la masa del núcleo.

La energía de enlace por nucleón es la energía necesaria que hay que suministrar a un núcleo para arrancarle un nucleón (protón ó neutrón)



Se cumple la ley de conservación de la carga eléctrica:  $92 + 0 = 36 + 56 + b \Rightarrow b = 0$

Se cumple la ley de conservación del número de nucleones:  $235 + 1 = 89 + 144 + a \Rightarrow a = 3$

$$\Delta m = m({}^{235}_{92}\text{U}) + m({}^1_0\text{n}) - m({}^{89}_{36}\text{Kr}) - m({}^{144}_{56}\text{Ba}) - 3 \cdot m({}^1_0\text{n})$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 200 \text{ MeV} = 200 \cdot 10^6 \text{ eV} = 200 \cdot 10^6 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} = 3'2 \cdot 10^{-11} \text{ J/núcleo}$$

$$\text{Potencia} = 700 \text{ MW} = 700 \cdot 10^6 \text{ W} \Rightarrow E^* = \text{Potencia} \cdot \text{tiempo} = 700 \cdot 10^6 \cdot 24 \cdot 3600 = 6'048 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ núcleo de U libera} \rightarrow 3'2 \cdot 10^{-11} \text{ J} \\ x \quad \quad \quad \rightarrow 6'048 \cdot 10^{13} \text{ J} \end{array} \right\} \Rightarrow x = \frac{6'048 \cdot 10^{13}}{3'2 \cdot 10^{-11}} = 1'89 \cdot 10^{24} \text{ núcleos de U}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ mol U} = 235'0439 \text{ g} \\ 1 \text{ mol U} = N_A = \frac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}} \text{ núcleos} \end{array} \right\}$$

Luego, la masa es:

$$1'89 \cdot 10^{24} \text{ núcleos} \cdot \frac{235'0439 \text{ g}}{\frac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}} \text{ núcleos}} = 741'87 \text{ g de U}$$

a) Explique la hipótesis de De Broglie de dualidad onda-corpúsculo y por qué no se considera dicha dualidad al estudiar los fenómenos macroscópicos.

b) Determine la relación entre las longitudes de onda asociadas a electrones y protones acelerados con una diferencia de potencial de  $2 \cdot 10^4$  V.

$$h = 6'63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}; e = 1'6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9'1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; m_p = 1'7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**FISICA. 2017. RESERVA 2. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

### R E S O L U C I O N

a) Louis De Broglie, basándose en los resultados de Planck y Einstein, supuso en 1924 que cualquier partícula puede comportarse como una onda en algunas situaciones. Es decir, supuso que toda la materia tiene un comportamiento dual onda-partícula.

Dicho comportamiento ondulatorio vendrá caracterizado por una  $\lambda$ , llamada longitud de onda asociada a la partícula que estemos considerando. Esta  $\lambda$  viene dada por la expresión  $\lambda = \frac{h}{p}$ , donde

$h$  es la cte de Planck y  $p = m \cdot v$  es la cantidad de movimiento de la partícula. Por lo tanto,

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

La onda asociada a una partícula recibe el nombre de onda de materia.

Es posible y, se ha comprobado, observar fenómenos característicos de las ondas (interferencias, difracción, ondas estacionarias) en partículas como los electrones. En otros experimentos (rayos catódicos, efecto fotoeléctrico) es necesario considerar sólo el carácter corpuscular.

En el mundo macroscópico, las  $\lambda$  asociadas a cuerpos son muy pequeñas debido al valor pequeño de la constante de Planck, por lo que una partícula macroscópica se comporta como partícula.

b) Se desprecian los rozamientos, con lo cual aplicamos el principio de conservación de la energía mecánica

$$E_{pe}(A) + E_c(A) = E_{pe}(B) + E_c(B) \Rightarrow qV_e(A) - qV_e(B) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{Para el protón} \Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 20000}{1'67 \cdot 10^{-27}}} = 1'96 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Para el electrón} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 20000}{9'11 \cdot 10^{-31}}} = 8'38 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Luego: } \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{\frac{h}{m_e \cdot v_e}}{\frac{h}{m_p \cdot v_p}} = \frac{m_p \cdot v_p}{m_e \cdot v_e} = \frac{1'67 \cdot 10^{-27} \cdot 1'96 \cdot 10^6}{9'11 \cdot 10^{-31} \cdot 8'38 \cdot 10^7} = 42'88$$

a) ¿Se puede asociar una longitud de onda a cualquier partícula, con independencia de los valores de su masa y su velocidad? Justifique su respuesta.

b) ¿Qué velocidad ha de tener un electrón para que su longitud de onda sea 100 veces mayor que la de un neutrón cuya energía cinética es 6 eV?

$$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; m_n = 1.69 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

**FISICA. 2017. RESERVA 3. EJERCICIO 4. OPCIÓN A**

### R E S O L U C I O N

a) La longitud de onda asociada a la partícula viene dada por  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

$h$  es la constante de Planck de valor muy pequeño

Si  $m$  ó  $v$  tienen valores grandes (mundo macroscópico) resulta que  $\lambda$  es muy pequeña, con lo cual en el mundo macroscópico se desprecia. En teoría podemos asociar una  $\lambda$  a cualquier partícula, pero en la práctica, en el mundo macroscópico se desprecia.

$$b) E_c(n) = 6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{1}{2} m_n v_n^2 \Rightarrow v_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{1.69 \cdot 10^{-27}}} = 33706 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Luego:

$$\frac{h}{m_e \cdot v_e} = 100 \frac{h}{m_n \cdot v_n} \Rightarrow v_e = \frac{m_n \cdot v_n}{100 m_e} = \frac{1.69 \cdot 10^{-27} \cdot 33706}{100 \cdot 9.11 \cdot 10^{-31}} = 625.281'45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

a) Defina actividad de una muestra radioactiva, escriba su fórmula e indique sus unidades en el S.I.

b) Se tiene una muestra del isótopo  $^{226}\text{Ra}$  cuyo periodo de semidesintegración es de 1600 años. Calcule su constante de desintegración y el tiempo que se requiere para que su actividad se reduzca a la cuarta parte.

**FISICA. 2017. RESERVA 3. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

### R E S O L U C I O N

a) La actividad de una muestra radiactiva es la cantidad de núcleos radiactivos que se desintegran en un cierto tiempo, es decir, el número de desintegraciones por segundo (S.I.).

$$A = \lambda \cdot N$$

A = número de desintegraciones/segundo

N = número de núcleos radiactivos en ese momento

$\lambda$  = constante de desintegración ( $\text{s}^{-1}$ )

b) La constante de desintegración es:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{1600 \text{ años}} = 4'33 \cdot 10^{-4} \text{ años}^{-1}$$

Calculamos el tiempo necesario para que su actividad se reduzca a la cuarta parte

Sabemos que:  $\lambda \cdot N_0 \xrightarrow{T} \frac{\lambda \cdot N_0}{2} \xrightarrow{T} \frac{\lambda \cdot N_0}{4}$  luego, deben pasar 2 periodos de semidesintegración, es decir,  $t = 2T = 3.200$  años

Otra forma: Aplicamos la ley de desintegración radiactiva

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{\lambda \cdot N_0}{4} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t} \Rightarrow \ln \frac{1}{4} = -\frac{\ln 2}{T} \cdot t \Rightarrow \\ &\Rightarrow -2 \ln 2 = -\frac{\ln 2}{T} \cdot t \Rightarrow t = 2T = 3200 \text{ años} \end{aligned}$$

a) Explique cómo varía la estabilidad de los núcleos atómicos en función del número másico. Indique su relación con la fusión y fisión nucleares.

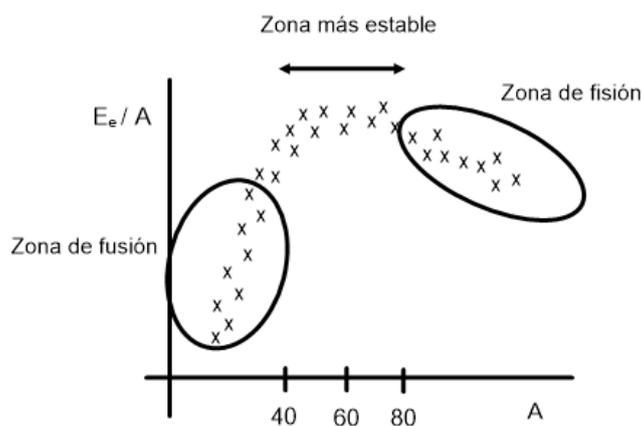
b) Calcule la energía de enlace por nucleón del tritio ( ${}^3_1\text{H}$ ).

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}; m({}^3_1\text{H}) = 3'016049 \text{ u}; m_p = 1'007276 \text{ u}; m_n = 1'008665 \text{ u}; 1\text{u} = 1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

FISICA. 2017. RESERVA 4. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

### R E S O L U C I O N

a) La variación de la estabilidad de los núcleos atómicos en función del número másico se explica bien mediante la gráfica energía de enlace por nucleón ( $E_e/n$ ) frente al número másico ( $A$ ). Cada elemento se representa por unas x y la distribución de puntos sale algo aproximado al esquema:



Para los núcleos ligeros  $A < 40$  la  $E_e/n$  aumenta rápidamente con  $A$ .

Para los núcleos pesados  $A > 80$  la  $E_e/n$  disminuye lentamente con  $A$ .

Los núcleos más estables están en torno a  $40 < A < 80$ .

Las reacciones de fusión parten de núcleos ligeros y produce un núcleo más pesado que es más estable que los núcleos de partida.

Las reacciones de fisión rompen un núcleo pesado y producen núcleos más ligeros que son más estables que el núcleo de partida.



$$\Delta m = 1 \cdot \text{masa}(p) + 2 \cdot \text{masa}(n) - \text{masa } {}^3_1\text{H} = 1 \cdot 1'007276 + 2 \cdot 1'008665 - 3'016049 = 0'008557 \text{ u}$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 0'008557 \text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1'29 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

La energía de enlace por nucleón para el  ${}^3_1\text{H}$  es:  $E_e/n = \frac{1'29 \cdot 10^{-12}}{3} = 4'29 \cdot 10^{-13} \text{ J/nucleón}$

a) Explique el principio de incertidumbre de Heisenberg y por qué no se tiene en cuenta en el estudio de los fenómenos ordinarios.

b) La frecuencia umbral de fotoemisión del potasio es  $5'5 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ . Calcule el trabajo de extracción y averigüe si se producirá efecto fotoeléctrico al iluminar una lámina de ese metal con luz de longitud de onda  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

$$h = 6'63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**FISICA. 2017. RESERVA 4. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

## R E S O L U C I O N

a) Cuando se realiza una medida de una magnitud de un sistema, el instrumento de medida altera el valor de la medida. En el mundo macroscópico esa alteración es despreciable, sin embargo en el mundo microscópico no es así.

El principio de incertidumbre de Heisenberg indica un límite de precisión de medidas: el producto de las inexactitudes (incertidumbres o errores) en la medida simultánea de dos magnitudes asociadas a un fenómeno físico que dimensionalmente tenga unidades de energía por tiempo, es siempre mayor que  $\frac{h}{4\pi}$

Si se quiere determinar la posición y velocidad de un electrón, para verlo, le enviamos un fotón, el electrón lo absorbe y emite un fotón, pero al hacerlo, cambia el electrón de posición y velocidad, por lo que no se puede medir exactamente la posición y velocidad a la vez.

El valor de  $h$  es tan pequeño que los errores cometidos dentro del mundo macroscópico son despreciables, por eso no se tiene en cuenta en los fenómenos ordinarios.

b) Calculamos el trabajo de extracción

$$W_0 = h \cdot f_0 = 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 5'5 \cdot 10^{14} = 3'647 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda_{\text{luz}} = 5 \cdot 10^{-6} \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-6}} = 6 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$$

Como la  $f$  de la luz es inferior a la  $f$  umbral, no se produce efecto fotoeléctrico.

a) La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia?.

¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

b) El isótopo  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  tiene una masa atómica de 19,9924 u. Calcule su defecto de masa y la energía de enlace por nucleón.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; m_p = 1'0073 \text{ u} ; m_n = 1'0087 \text{ u} ; 1 \text{ u} = 1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**FISICA. 2017. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 4. OPCIÓN A**

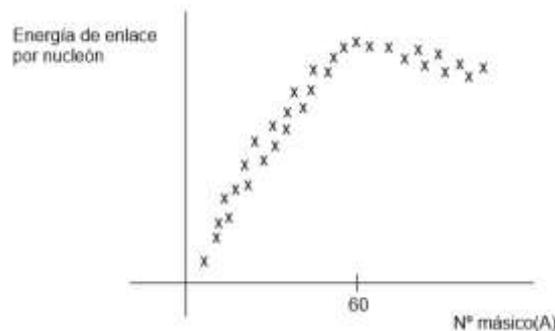
### R E S O L U C I O N

a) La masa de un núcleo atómico es menor que la sumas de las masas de las partículas que lo constituyen. Al unirse las partículas constituyentes para formar el núcleo, se libera energía. Esta energía proviene de la conversión de masa en energía según la ecuación de Einstein:  $E = \Delta m \cdot c^2$

$\Delta m$  = defecto de masa (masa que se convierte en energía)

E = energía de enlace de ese núcleo

Un núcleo es más estable cuando hay que darle más energía para arrancarle un nucleón de su núcleo. Si se representa la energía de enlace por nucleón ( $E_e/n$ ) frente a cada elemento conocido, la distribución de puntos sale aproximado a la gráfica siguiente:



Para los núcleos ligeros  $A < 60$  la  $E_e/n$  aumenta rápidamente con A.

Para los núcleos pesados  $A > 60$  la  $E_e/n$  disminuye lentamente con A.

Los núcleos más estables están en torno a 60 de masa atómica.

b)  $10p + 10n \rightarrow {}^{20}_{10}\text{Ne}$

$$\Delta m = 10 \text{ masa } p + 10 \text{ masa } n - \text{masa } {}^{20}_{10}\text{Ne} = 10 \cdot 1'0073 + 10 \cdot 1'0087 - 19'9924 = 0'1676 \text{ u}$$

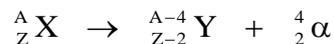
$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 0'1676 \text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ u}} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2'52 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

La energía de enlace por nucleón para el  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  es:  $E_e/n = \frac{2'52 \cdot 10^{-11}}{20} = 1'26 \cdot 10^{-12} \text{ J/nucleón}$

- a) Describa las características de los procesos de emisión radiactiva alfa, beta y gamma.  
 b) El  $^{14}_6\text{C}$  se desintegra en  $^{14}_7\text{N}$  y emite una partícula beta, con un periodo de semidesintegración de 5736 años. Escriba la ecuación del proceso de desintegración y calcule la edad de unos tejidos encontrados en una tumba cuya actividad debida al  $^{14}_6\text{C}$  es del 40% de la que presentan los tejidos similares actuales.  
**FISICA. 2017. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 4. OPCIÓN B**

### R E S O L U C I O N

a) La emisión radiactiva alfa (o rayos alfa) es la emisión por parte de un núcleo de una partícula alfa (núcleo de helio,  $^4_2\text{He}$ ,  $^4_2\alpha$ )



Los rayos alfa tienen poco poder de penetración en la materia y al estar cargados eléctricamente se desvían dentro de un campo magnético.

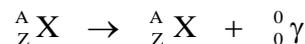
La emisión radiactiva beta (o rayos beta) es la emisión de electrones desde el núcleo



Los rayos beta tienen mayor poder de penetración en la materia y como su carga es negativa se desvía al contrario que los rayos alfa dentro de un campo magnético.

Los electrones del núcleo provienen de la desintegración de un neutrón. El neutrón se rompe dando un protón, un electrón (que sale) y una tercera partícula (que sale del núcleo).

La emisión radiactiva gamma son ondas electromagnéticas que tienen más poder de penetración en la materia que los rayos beta y no se desvían dentro de un campo magnético.



b) La reacción que tiene lugar es:  $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\beta$

Según la ley de desintegración radiactiva

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow 0'4 \cdot \lambda \cdot N_0 = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow 0'4 = e^{-\lambda \cdot t} \\ &\Rightarrow \ln 0'4 = -\lambda \cdot t \Rightarrow \ln 0'4 = -\frac{\ln 2}{T} \cdot t \Rightarrow \ln 0'4 = -\frac{\ln 2}{5376} \cdot t \Rightarrow t = 7.852'6 \text{ años} \end{aligned}$$

Luego, la edad de los tejidos de la tumba es: 7.852'6 años