EMESTRADA
EXÁMENES DE SELECTIVIDAD

PROBLEMAS RESUELTOS

SELECTIVIDAD ANDALUCÍA

2018

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) Explique la conservación de la energía en el proceso de emisión de electrones por una superficie metálica al ser iluminada con luz adecuada.
b) Los fotoelectrones expulsados de la superficie de un metal por una luz de $4\cdot 10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío son frenados por una diferencia de potencial de 0,8 V. ¿Qué diferencia de potencial se requiere para frenar los electrones expulsados de dicho metal por otra luz de $3\cdot 10^{-7}$ m de longitud de onda en el vacío? Justifique todas sus respuestas.
$c = 3\cdot 10^{8}\ m\cdot s^{-1}$; $e = 1'6\cdot 10^{-19}\ C$; $h = 6'63\cdot 10^{-34}\ J\cdot s$
FISICA. 2018. JUNIO. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) Siguiendo a Einstein, la luz incidente está formada por fotones. Cada fotón tiene una energía que según Planck vale: $E = h\cdot f$

Un fotón choca con un electrón del metal, de forma que la energía del fotón se reparte en dos cosas: una es el trabajo de extracción (W_0) que es la energía necesaria para arrancar el electrón del metal y otra es la energía cinética (E_c) con que sale el electrón del metal.

Se conserva la energía porque se cumple: $E = W_0 + E_c$ que es la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico.

b) Aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

$$\text{luz}_1 \begin{cases} \lambda_1 = 4\cdot 10^{-7}\ m \\ V_{f_1} = 0'8\ V \end{cases} \Rightarrow E_1 = W_0 + E_{c1} \Rightarrow h\cdot f_1 = W_0 + q\cdot V_{f_1} \Rightarrow h\cdot \frac{c}{\lambda_1} = W_0 + q\cdot V_{f_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6'63\cdot 10^{-34}\ \frac{3\cdot 10^{8}}{4\cdot 10^{-7}} = W_0 + 0'8\ eV \Rightarrow 4'97\cdot 10^{-19} = W_0 + 0'8\ eV\cdot \frac{1'6\cdot 10^{-19}\ J}{1eV} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_0 = 3'69\cdot 10^{-19}\ \ J$$

$$\text{luz}_2 \begin{cases} \lambda_2 = 3\cdot 10^{-7}\ m \\ V_{f_2} = ? \end{cases} \Rightarrow E_2 = W_0 + E_{c2} \Rightarrow h\cdot f_2 = W_0 + q\cdot V_{f_2} \Rightarrow h\cdot \frac{c}{\lambda_2} = W_0 + q\cdot V_{f_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6'63\cdot 10^{-34}\ \frac{3\cdot 10^{8}}{3\cdot 10^{-7}} = 3'69\cdot 10^{-19}\ \ J + E_{c2} \Rightarrow E_{c2} = 2'94\cdot 10^{-19}\ \ J \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c2} = 2'94\cdot 10^{-19}\ \ J\cdot \frac{1eV}{1'6\cdot 10^{-19}\ J} = 1'84\ eV \Rightarrow V_{f_2} = 1'84\ V$$

Luego, la diferencia de potencial para frenar los electrones con la luz 2 es: 1’84voltios

a) Explique la teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico.
b) Se ilumina la superficie de un metal con dos haces de longitudes de onda $\lambda_1 = 1'96 \cdot 10^{-7}$ m y $\lambda_2 = 2'65 \cdot 10^{-7}$ m. Se observa que la energía cinética de los electrones emitidos con la luz de longitud de onda λ_1 es el doble que la de los emitidos con la de λ_2. Obtenga la energía cinética con que salen los electrones en ambos casos y la función trabajo del metal.
$h = 6'63 \cdot 10^{-34}$ J·s ; $c = 3 \cdot 10^8$ m·s^{-1}
FISICA. 2018. JUNIO. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Einstein dice que la luz incidente en un metal está formada por fotones. Cada fotón tiene una energía que según Planck vale: $E = h \cdot f$

El efecto fotoeléctrico se produce cuando un fotón choca con un electrón del metal. La energía del fotón se reparte en dos cosas: una es el trabajo de extracción (W_0) que es la energía necesaria para arrancar el electrón del metal y otra es la energía cinética (E_c) con que sale el electrón del metal.

Se conserva la energía porque se cumple: $E = W_0 + E_c$ que es la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico.

Para que se produzca efecto fotoeléctrico, la energía de cada fotón debe superar a W_0; expresado en frecuencia, la frecuencia de la luz incidente debe superar a la frecuencia umbral (f_0) del metal, ya que $W_0 = h \cdot f_0$

Si f de la luz es menor que f_0, no se produce efecto fotoeléctrico, aunque haya mucha intensidad de luz, ya que la intensidad de la luz es la cantidad de fotones por tiempo que chocan con el metal. Como ningún fotón tiene energía suficiente para arrancar un electrón, no se produce efecto fotoeléctrico.

b) Como es el mismo metal, W_0 toma el mismo valor.

$$E = W_0 + E_c \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_0 + E_c \Rightarrow \left.\begin{array}{l} h \cdot \dfrac{c}{\lambda_1} = W_0 + E_{c1} \\ h \cdot \dfrac{c}{\lambda_2} = W_0 + E_{c2} \end{array}\right\} \xrightarrow{\text{restando}} h \cdot c \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = E_{c1} - E_{c2} = E_{c2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{1'96 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{2'65 \cdot 10^{-7}} \right) = 2'64 \cdot 10^{-19} \text{ J} = E_{c2}$$

$$E_{c1} = 2E_{c2} = 2 \cdot 2'64 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5'28 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$W_0 = h \cdot \frac{c}{\lambda_1} - E_{c1} = 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{1'96 \cdot 10^{-7}} - 5'28 \cdot 10^{-19} = 4'89 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

a) Describa los procesos radiactivos alfa, beta y gamma.
b) Se ha producido un derrame de ^{131}Ba en un laboratorio de radioquímica. La actividad de la masa derramada es de $1'85\cdot 10^{16}$ Bq. Sabiendo que su periodo de semidesintegración es de 7'97 días, determine la masa que se ha derramado, así como el tiempo que debe transcurrir para que el nivel de radiación descienda hasta $1'85\cdot 10^{13}$ Bq
$1u = 1'67\cdot 10^{-27}$ kg ; $m\left(^{131}Ba\right) = 130'906941$ u
FISICA. 2018. RESERVA 1. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

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_2He , $^4_2\alpha$)

$$^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha$$

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

$$^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^0_{-1}\beta$$

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.

$$^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX + {}^0_0\gamma$$

b) Según la ley de desintegración radiactiva

$$N = N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t} \Rightarrow \lambda\cdot N = \lambda\cdot N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t} \Rightarrow 1'85\cdot 10^{13} = 1'85\cdot 10^{16}\cdot e^{-\frac{\ln 2}{7'97}\cdot t} \Rightarrow t = 79'43 \text{ días}$$

La actividad de una muestra, A, es el producto del número de núcleos radiactivos por la constante de desintegración.

$$A = \lambda\cdot N = \frac{\ln 2}{T}\cdot N \Rightarrow N = \frac{A\cdot T}{\ln 2} = \frac{1'85\cdot 10^{16}\cdot 7'97\,\text{dias}}{\ln 2}\cdot\frac{24\cdot 3600\text{ s}}{1\text{ dia}}\cdot\frac{\text{núcleos}}{\text{s}} = 1'83\cdot 10^{22}\text{ núcleos}$$

$$\left.\begin{array}{l} 1\text{ mol Ba} = 130'906941\text{ g} \\ 1\text{ mol Ba} = N_A\text{ núcleos} = \dfrac{1}{1000\cdot 1'67\cdot 10^{-27}}\text{ núcleos} \end{array}\right\}$$

Luego la masa es: $N = 1'83\cdot 10^{22}\text{ núcleos}\cdot\dfrac{130'906941\text{ g}}{\dfrac{1}{1000\cdot 1'67\cdot 10^{-27}}\text{ núcleos}} = 4\text{ g}$

a) Cuando se ilumina un metal con un haz de luz monocromática se observa que se produce emisión fotoeléctrica. Si se varía la intensidad del haz de luz que incide en el metal, manteniéndose constante su longitud de onda, ¿variará la velocidad máxima de los electrones emitidos? ¿Y el número de electrones emitidos en un segundo? Razone las respuestas.
b) La máxima longitud de onda con la que se produce el efecto fotoeléctrico en un metal es de $7'1 \cdot 10^{-7}$ m. Calcule la energía cinética máxima de los electrones emitidos cuando se ilumina con luz de $5 \cdot 10^{-7}$ m, así como el potencial de frenado necesario para anular la fotocorriente. Justifique todas sus respuestas.
$h = 6'63 \cdot 10^{-34}$ J·s ; $c = 3 \cdot 10^{8}$ m·s^{-1} ; $e = 1'6 \cdot 10^{-19}$ C.
FISICA. 2018. RESERVA 1. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Si se varía la intensidad de luz, lo que se varía es el número de fotones por segundo que chocan con el metal y como λ es constante, entonces, la frecuencia no varía.

Como cada fotón choca con un electrón, entonces varía el número de electrones por segundo que sale del metal.

Como la frecuencia no varía, la energía de cada fotón no varía y como el trabajo de extracción es el mismo, entonces, no varía la energía cinética de los electrones y, por lo tanto, no varía su velocidad.

b) Aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico

$$E = W_0 + E_c \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \frac{c}{\lambda_0} + E_c \Rightarrow h \cdot c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = E_c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6'63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8} \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{7'1 \cdot 10^{-7}} \right) = E_c \Rightarrow E_{c\ máxima} = 1'18 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Pasamos la energía cinética a eV: $E_{c\ máxima} = 1'18 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{eV}}{1'6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 0'74 \text{ eV}$

$$E_c = q \cdot V_{frenado} \Rightarrow V_{frenado} = \frac{E_c}{q} = \frac{0'74}{1} = 0'74 \text{ V}$$

a) **¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique cualitativamente la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.**
b) En algunas estrellas predominan las fusiones del denominado ciclo de carbono, cuyo último paso consiste en la fusión de un protón con nitrógeno $^{15}_{7}N$ para dar $^{12}_{6}C$ y un núcleo de helio. Escriba la reacción nuclear y determine la energía necesaria para formar 1 kg de $^{12}_{6}C$

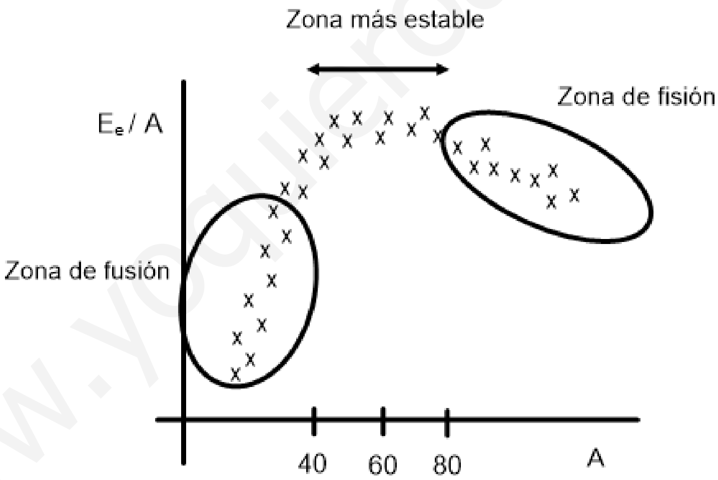
$1u = 1'67\cdot 10^{-27}$ kg; $c = 3\cdot 10^{8}\ m\cdot s^{-1}$; $m(^{1}_{1}H) = 1'007825$ u ; $m(^{15}_{7}N) = 15'000109$ u

$m(^{12}_{6}C) = 12'000000$ u ; $m(^{4}_{2}He) = 4'002603$ u

FISICA. 2018. RESERVA 2. 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 $\left(E_e / n\right)$ 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 $40 < A < 80$. Un núcleo es más estable cuanto mayor es la energía de enlace por nucleón.
Las reacciones de fusión se producen en la zona de A bajo, los núcleos ligeros se unen para formar un núcleo más pesado. Al fusionarse núcleos ligeros, el núcleo pesado es más estable al aumentar su E_e / n.

Las reacciones de fisión se producen en la zona de A alto, los núcleos pesados se rompen en núcleos más ligeros. Al fisionarse un núcleo pesado se producen núcleos más ligeros y estables al tener más E_e / n.

b) En la reacción: ${}^{15}_{7}N + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He$

Se cumple la ley de conservación de la carga eléctrica: $7+1=6+2$

Se cumple la ley de conservación del número de nucleones: $15+1=12+4$

$$\Delta m = m\left({}^{15}_{7}N\right) + m\left({}^{1}_{1}p\right) - m\left({}^{4}_{2}He\right) - m\left({}^{12}_{6}C\right) = 15'000109 + 1'007825 - 4'002603 - 12'000000 = 0'005331u$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 0'005331\ u \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27}\ kg}{1\ u} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 8'01 \cdot 10^{-13}\ J$$

$$\left.\begin{array}{l} 1\ mol\ C = 12\ g \\ 1\ mol\ C = N_A = \dfrac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}\ núcleos \end{array}\right\}$$

La energía liberada al formar 1000 g de C es:

$$1000\ g\ C \cdot \frac{\dfrac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}\ núcleos}{12\ g\ C} \cdot \frac{8'01 \cdot 10^{-13}\ J}{1\ núcleo} = 3'99 \cdot 10^{13}\ J$$

a) ¿Qué se entiende por dualidad onda-corpúsculo? Si un electrón y un neutrón se desplazaran con la misma energía cinética, ¿cuál de ellos tendrá un mayor valor de longitud de onda asociada? Razone su respuesta.
b) Se acelera un protón desde el reposo mediante una diferencia de potencial de 5000 V. Determine la velocidad del protón y su longitud de onda de de Broglie. Si en lugar de un protón fuera un electrón el que se acelera con la misma diferencia de potencial, calcule su energía cinética y longitud de onda. Justifique todas sus respuestas.
$\mathbf{h = 6'63\cdot 10^{-34}\ J\cdot s\ ;\ e = 1'6\cdot 10^{-19}\ C\ ;\ m_p = 1'7\cdot 10^{-27}\ kg ;\ m_e = 9'1\cdot 10^{-31}\ kg}$
FISICA. 2018. 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 λ, llamada longitud de onda asociada a la partícula que estemos considerando. Esta λ 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,

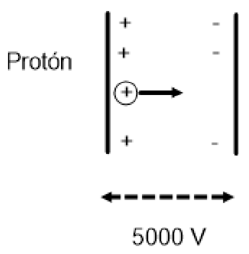
$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v}$$

Sabemos que: $E_c(e^-) = E_c(p^+) \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v_e^2 = \frac{1}{2} m_p v_p^2 \Rightarrow v_e > v_p \Rightarrow \frac{v_e}{v_p} > 1$, ya que $m_p >> m_e$

$$\left.\begin{aligned} \lambda_e &= \frac{h}{m_e\cdot v_e} \\ \lambda_p &= \frac{h}{m_p\cdot v_p} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{m_p\cdot v_p}{m_e\cdot v_e}\cdot\frac{v_p}{v_p}\cdot\frac{v_e}{v_e} = \frac{\cancel{m_p\cdot v_p^2}\cdot v_e}{\cancel{m_e\cdot v_e^2}\cdot v_p} = \frac{v_e}{v_p} > 1 \Rightarrow \lambda_e > \lambda_p$$

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

b)

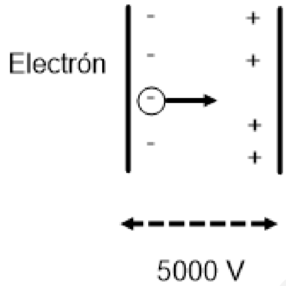


En ausencia de rozamiento, se aplica el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_m(+) = E_m(-) \Rightarrow E_{pe}(+) + \cancel{E_c(+)} = E_{pe}(-) + E_c(-) \Rightarrow q \cdot V(+) = q \cdot V(-) + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q \cdot [V(+) - V(-)] = \frac{1}{2} m_p \cdot v_p^2 \Rightarrow 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 5000 = \frac{1}{2} 1'7 \cdot 10^{-27} \cdot v_p^2 \Rightarrow v_p = 970.142'5 \ m/s$$

$$\lambda_p = \frac{h}{m_p \cdot v_p} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{1'7 \cdot 10^{-27} \cdot 970.142'5} = 4'02 \cdot 10^{-13} \ m$$



El proceso es el mismo, luego:

$$E_m(+) = E_m(-) \Rightarrow E_{pe}(+) + E_c(+) = E_{pe}(-) + \cancel{E_c(-)} \Rightarrow q \cdot V(+) + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = q \cdot V(-) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q \cdot [V(-) - V(+)] = \frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2 \Rightarrow 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 5000 = \frac{1}{2} 9'1 \cdot 10^{-31} \cdot v_e^2 \Rightarrow v_e = 41.931.393'47 \ m/s$$

$$q \cdot [V(-) - V(+)] = \frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2 \Rightarrow 1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 5000 = E_{ce} = 8 \cdot 10^{-16} \ J$$

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e \cdot v_e} = \frac{6'63 \cdot 10^{-34}}{9'1 \cdot 10^{-31} \cdot 41.931.393'47} = 1'74 \cdot 10^{-11} \ m$$

a) A partir de la gráfica de estabilidad nuclear, justifique en qué zona se producen de forma espontánea las reacciones de fusión y fisión.
b) En la explosión de una bomba de hidrógeno se produce la reacción:

$$ {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} $$

Calcule la energía liberada en la formación de 10 g de helio.

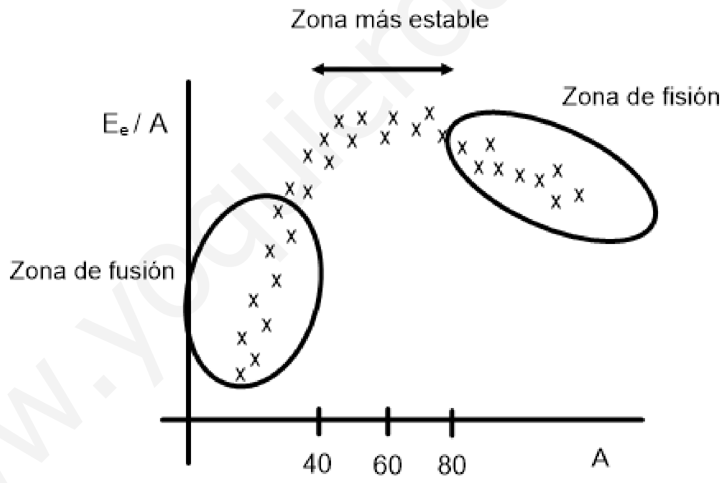
$1u = 1'67\cdot 10^{-27}$ kg; $c = 3\cdot 10^{8}$ $m\cdot s^{-1}$; $m({}^{2}_{1}H) = 2'014102$ u ; $m({}^{3}_{1}H) = 3'016049$ u

$m({}^{4}_{2}He) = 4'002603$ u ; $m({}^{1}_{0}n) = 1'008665$ u

FISICA. 2018. RESERVA 3. 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 $\left(E_e / n\right)$ 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 $40 < A < 80$. Un núcleo es más estable cuanto mayor es la energía de enlace por nucleón.
Las reacciones de fusión se producen en la zona de A bajo, los núcleos ligeros se unen para formar un núcleo más pesado. Al fusionarse núcleos ligeros, el núcleo pesado es más estable al aumentar su E_e / n.

Las reacciones de fisión se producen en la zona de A alto, los núcleos pesados se rompen en núcleos más ligeros. Al fisionarse un núcleo pesado se producen núcleos más ligeros y estables al tener más E_e / n.

b) En la reacción: ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$

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

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

$$\Delta m = m\left({}_{1}^{2}H\right) + m\left({}_{1}^{3}H\right) - m\left({}_{2}^{4}He\right) - m\left({}_{0}^{1}n\right) = 2'014102 + 3'016049 - 4'002603 - 1'008665 = 0'018883\ u$$

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 0'018883\ u \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27}\ kg}{1\ u} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2'84 \cdot 10^{-12}\ J$$

$$\left.\begin{array}{l} 1\ \text{mol He} = 4'002603\ g \\ 1\ \text{mol He} = N_A = \dfrac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}\ \text{núcleos} \end{array}\right\}$$

La energía liberada al formar 10 g de He es:

$$10\ g\ He \cdot \frac{\dfrac{1}{1000 \cdot 1'67 \cdot 10^{-27}}\ \text{núcleos}}{4'002603\ g\ He} \cdot \frac{2'84 \cdot 10^{-12}\ J}{1\ \text{núcleo}} = 4'25 \cdot 10^{12}\ J$$

a) Una superficie metálica emite fotoelectrones cuando se ilumina con luz verde pero no emite con luz amarilla. Explique razonadamente qué ocurrirá cuando se ilumine con luz violeta y cuando se ilumine con luz roja.
b) Una radiación de $1'8\cdot 10^{-7}$ m de longitud de onda incide sobre una superficie de rubidio, cuyo trabajo de extracción es 2'26 eV. Explique razonadamente si se produce efecto fotoeléctrico y, en caso afirmativo, calcule la frecuencia umbral del material y la velocidad de los electrones emitidos.
$h = 6'63\cdot 10^{-34}$ J·s ; $c = 3\cdot 10^{8}$ m·s^{-1} ; $e = 1'6\cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9'1\cdot 10^{-31}$ kg.
FISICA. 2018. RESERVA 3. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Si emite con luz verde, eso quiere decir que la frecuencia de la luz verde (f_v) supera la frecuencia umbral f_0.
Si no emite con luz amarilla, eso quiere decir que la frecuencia de la luz amarilla (f_a) no supera la frecuencia umbral f_0
Como la frecuencia de la luz violeta ($f_{violeta}$) es mayor que la frecuencia de la luz verde y ésta, a su vez es mayor que la frecuencia umbral, entonces, también emitirá fotoelectrones.
Como la frecuencia de la luz roja (f_r) es menor que la frecuencia de la luz amarilla y ésta, a su vez, es menor que la frecuencia umbral, entonces, no emitirá fotoelectrones.

b) Calculamos la frecuencia umbral del Rubidio

$$W_0 = h\cdot f_0 \Rightarrow 2'26\ \text{eV}\cdot\frac{1'6\cdot 10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}} = 6'63\cdot 10^{-34}\cdot f_0 \Rightarrow f_0 = 5'45\cdot 10^{14}\ \text{Hz}$$

$$c = \lambda\cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot 10^{8}}{1'8\cdot 10^{-7}} = 1'67\cdot 10^{15}\ \text{Hz}$$

Como: $f = 1'67\cdot 10^{15}$ Hz es mayor que la frecuencia umbral $f_0 = 5'45\cdot 10^{14}$ Hz, se produce efecto fotoeléctrico

Aplicamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico para calcular la velocidad

$$E = W_0 + E_c \Rightarrow h\cdot f = h\cdot f_0 + \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 6'63\cdot 10^{-34}\cdot\frac{3\cdot 10^{8}}{1'8\cdot 10^{-7}} = 2'26\cdot 1'6\cdot 10^{-19} + \frac{1}{2}9'1\cdot 10^{-31}v^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1'105\cdot 10^{-18} = 3'616\cdot 10^{-19} + \frac{1}{2}9'1\cdot 10^{-31}v^2 \Rightarrow v = 1'28\cdot 10^{6}\ \text{m/s}$$

a) Enuncie la ley que rige la desintegración radiactiva identificando cada una de las magnitudes que intervienen en la misma, y defina periodo de semidesintegración y actividad de un isótopo radiactivo.
b) Uno de los isótopos que se suele utilizar en radioterapia es el ^{60}Co. La actividad de una muestra se reduce a la milésima parte en 52,34 años. Si tenemos $2\cdot 10^{15}$ núcleos inicialmente, determine la actividad de la muestra al cabo de dos años.
FISICA. 2018. RESERVA 4. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) La ley de desintegraciones radiactivas dice que los núcleos de una muestra radiactiva se desintegran de manera exponencial con el tiempo, de acuerdo con la expresión:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$N =$ número de núcleos radiactivos al cabo de un cierto tiempo
$N_0 =$ número de núcleos radiactivos al inicio
$\lambda =$ constante de desintegración
$t =$ tiempo en segundos

El periodo de semidesintegración de un nucleido radiactivo, T, es el tiempo que debe transcurrir para que el número de núcleos presentes en la muestra se reduzca a la mitad.

La actividad de una muestra, $A = \lambda \cdot N$, es la cantidad de núcleos que se desintegran en un determinado tiempo (desintegraciones/segundo).

b) Sabemos que: $\lambda \cdot N_0 \xrightarrow{t=52'34 \text{ años}} \dfrac{\lambda \cdot N_0}{1000}$

Aplicamos la ley de desintegración radiactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \frac{\lambda \cdot N_0}{1000} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot 52'34 \text{ años}} \Rightarrow \ln \frac{1}{1000} = -\lambda \cdot 52'34 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \lambda = 0'13198 \text{ años}^{-1}$$

Calculamos la actividad de la muestra al cabo de 2 años

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \lambda \cdot N = 0'13198 \text{ años}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{15} \text{ núcleos} \cdot e^{-0'13198 \cdot 2} =$$
$$\Rightarrow \lambda \cdot N = 0'13198 \text{ años}^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{15} \text{ núcleos} \cdot 0'768 = \frac{0'13198}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}} \cdot 2 \cdot 10^{15} \text{ núcleos} \cdot 0'768 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \lambda \cdot N = 6'43 \cdot 10^6 \text{ Bq}$$

a) Defina defecto de masa y energía de enlace de un núcleo y cómo están relacionadas entre sí.
b) Considere los núclidos $^{3}_{1}H$ y $^{4}_{2}He$. Calcule cuál de ellos es más estable y justifique la respuesta.
$1u = 1'67\cdot 10^{-27}$ kg; $c = 3\cdot 10^{8}\ m\cdot s^{-1}$; $m(^{3}_{1}H) = 3'016049$ u; $m(^{4}_{2}He) = 4'002603$ u
$m_n = 1'008665$ u; $m_p = 1'007276$ u
FISICA. 2018. RESERVA 4. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Defecto de masa (Δm), es la diferencia entre la suma de las masas de los nucleones del núcleo (protones + neutrones) y la masa real del núcleo.
La energía de enlace (E_e) de un núcleo es la energía que hay que suministrar a un núcleo para descomponerlo en todos sus nucleones por separado.
La ecuación de Einstein es la relación entre ambas: $E_e = \Delta m \cdot c^2$
Físicamente se puede interpretar como Δm se transforma en E_e en el proceso de formación de un núcleo.

b) En la reacción: $1p + 2n \rightarrow {}^{3}_{1}H$

$$\Delta m = m_p + 2\cdot m_n - m\left({}^{3}_{1}H\right) = 1'007276 + 2\cdot 1'008665 - 3'016049 = 0'008557\ u$$

$$E_e = \Delta m\cdot c^2 = 0'008557\ u\cdot\frac{1'67\cdot 10^{-27}\ kg}{1\ u}\cdot(3\cdot 10^{8})^2 = 1'286\cdot 10^{-12}\ J$$

$$E_e / n = \frac{1'286\cdot 10^{-12}}{3} = 4'29\cdot 10^{-13}\ J/nucleón$$

En la reacción: $2p + 2n \rightarrow {}^{4}_{2}He$

$$\Delta m = 2\cdot m_p + 2\cdot m_n - m\left({}^{4}_{2}He\right) = 2\cdot 1'007276 + 2\cdot 1'008665 - 4'002603 = 0'029279\ u$$

$$E_e = \Delta m\cdot c^2 = 0'029279\ u\cdot\frac{1'67\cdot 10^{-27}\ kg}{1\ u}\cdot(3\cdot 10^{8})^2 = 4'4\cdot 10^{-12}\ J$$

$$E_e / n = \frac{4'4\cdot 10^{-12}}{4} = 1'1\cdot 10^{-12}\ J/nucleón$$

Es más estable el ${}^{4}_{2}He$ porque su energía de enlace por nucleón es mayor.

a) Complete, razonadamente, las reacciones nucleares siguientes especificando el tipo de nucleón o átomo representado por la letra X y el tipo de emisión radiactiva de que se trata:

$$^{210}_{83}\mathbf{Bi} \rightarrow\ ^{206}_{81}\mathbf{Tl} + \mathbf{X}$$

$$^{24}_{11}\mathbf{Na} \rightarrow \mathbf{X} + \beta$$

$$\mathbf{X} \rightarrow\ ^{234}_{91}\mathbf{Pd} + \beta$$

b) Determine razonadamente la cantidad de $^{3}_{1}\mathbf{H}$ que quedará, tras una desintegración beta, de una muestra inicial de 0'1 g al cabo de 3 años sabiendo que el periodo de semidesintegración del $^{3}_{1}\mathbf{H}$ es 12,3 años, así como la actividad de la muestra al cabo de 3 años.

$\mathbf{m\left(^{3}_{1}H\right) = 1'016049\ u\ ;\ u = 1'7\cdot 10^{-27}\ kg}$

FISICA. 2018. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) En las tres reacciones nucleares deben cumplirse la ley de conservación de nucleones y la ley de conservación de la carga eléctrica.

$$^{210}_{83}\mathrm{Bi} \rightarrow\ ^{206}_{81}\mathrm{Tl} +\ ^{a}_{b}\mathrm{X} \Rightarrow \left.\begin{matrix} 210 = 206 + a \\ 83 = 81 + b \end{matrix}\right\} \Rightarrow a = 4\ ;\ b = 2 \Rightarrow \mathrm{X} =\ ^{4}_{2}\mathrm{He} \Rightarrow \text{ Partícula alfa}$$

$$^{24}_{11}\mathrm{Na} \rightarrow\ ^{a}_{b}\mathrm{X} +\ ^{0}_{-1}\beta \Rightarrow \left.\begin{matrix} 24 = a + 0 \\ 11 = b - 1 \end{matrix}\right\} \Rightarrow a = 24\ ;\ b = 12 \Rightarrow\ ^{24}_{12}\mathrm{X} \Rightarrow \text{ Es un núcleo de un átomo}$$

diferente al sodio con un número atómico superior en 1.

$$^{a}_{b}\mathrm{X} \rightarrow\ ^{234}_{91}\mathrm{Pa} +\ ^{0}_{-1}\beta \Rightarrow \left.\begin{matrix} a = 234 + 0 \\ b = 91 - 1 \end{matrix}\right\} \Rightarrow a = 234\ ;\ b = 90 \Rightarrow\ ^{234}_{90}\mathrm{X} \Rightarrow \text{ Es un núcleo de un átomo}$$

diferente al Pa con un número atómico inferior en 1.

b) Según la ley de desintegración radiactiva

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow N = 0'1\ g \cdot e^{-\frac{\ln 2}{12'3}\cdot 3} = 0'084\ g$$

Calculamos la actividad.

$$\left.\begin{matrix} 1\ \text{mol}\ ^{3}_{1}\mathrm{H} = 3'016049\ \mathrm{g} \\ 1\ \text{mol}\ ^{3}_{1}\mathrm{H} = N_A\ \text{núcleos} = \dfrac{1}{1000\cdot 1'67\cdot 10^{-27}}\ \text{núcleos} \end{matrix}\right\}$$

$$A = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{12'3}\cdot 0'084 = \frac{\ln 2}{12'3\cdot 365\cdot 24\cdot 3600}\cdot 0'084 \cdot \frac{\frac{1}{1000\cdot 1'67\cdot 10^{-27}}}{3'016049} = 2'87\cdot 10^{13}$$

Luego, la actividad es: $A = 2'87\cdot 10^{13}$ desintegraciones/s

a) Se ilumina la superficie de un metal con dos fuentes de luz distintas observándose lo siguiente: con la primera de frecuencia ν_1 e intensidad I_1 no se produce efecto fotoeléctrico mientras que si la iluminamos con la segunda de frecuencia ν_2 e intensidad I_2 se emiten electrones. (i) ¿Qué ocurre si se duplica la intensidad de la fuente 1?; (ii) ¿y si se duplica la intensidad de la luz de la fuente 2?; (iii) ¿y si se incrementa la frecuencia de la fuente 2? Razone sus respuestas.
b) Para poder determinar la constante de Planck de forma experimental se ilumina una superficie de cobre con una luz de $1'2\cdot 10^{15}$ Hz observándose que los electrones se emiten con una velocidad de $3'164\cdot 10^{5}\ m\cdot s^{-1}$. A continuación se ilumina la misma superficie con otra luz de $1'4\cdot 10^{15}$ Hz y se observa que los electrones se emiten con una velocidad de $6'255\cdot 10^{5}\ m\cdot s^{-1}$. Determine el valor de la constante de Planck y la función trabajo del cobre.
$c = 3\cdot 10^{8}\ m\cdot s^{-1}$; $e = 1'6\cdot 10^{-19}$ C ; $m_e = 9'1\cdot 10^{-31}$ kg .
FISICA. 2018. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a)

(i) Si se duplica I_1, sigue sin producirse efecto fotoeléctrico, ya que la energía de cada fotón sigue siendo la misma que antes, con lo cual no se supera la frecuencia umbral f_0.

(ii) Si se duplica I_2, sigue produciéndose efecto fotoeléctrico y además se duplica el número de fotones. Como cada fotón arranca un electrón, entonces se duplica el número de electrones.

(iii) Si aumenta ν_2, lo que ocurre es que cada fotón aumenta su energía. El trabajo de extracción no varía, con lo cual aumenta la energía cinética de cada electrón.

b)

$$\text{luz 1}\begin{cases} f_1 = 1'2\cdot 10^{15}\ \text{Hz} \\ v_1 = 3'164\cdot 10^{5}\ m\cdot s^{-1}\end{cases} \qquad \text{luz 2}\begin{cases} f_2 = 1'4\cdot 10^{15}\ \text{Hz} \\ v_2 = 6'255\cdot 10^{5}\ m\cdot s^{-1}\end{cases}$$

En los dos casos utilizamos la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico: $E = W_0 + E_c$

$$\left.\begin{array}{l} h\cdot f_1 = W_0 + \frac{1}{2}mv_1^2 \\ h\cdot f_2 = W_0 + \frac{1}{2}mv_2^2 \end{array}\right\} \xrightarrow{\text{restando}} h\cdot(f_1 - f_2) = \frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2) \Rightarrow h = \frac{\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)}{(f_1 - f_2)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{\frac{1}{2}9'1\cdot 10^{-31}\left((3'164\cdot 10^5)^2 - (6'255\cdot 10^5)^2\right)}{1'2\cdot 10^{15} - 1'4\cdot 10^{15}} = 6'62\cdot 10^{-34}\ J\cdot s$$

Calculamos la función trabajo del cobre:

$$W_0 = h\cdot f_1 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 6'62\cdot 10^{-34}\cdot 1'2\cdot 10^{15} - \frac{1}{2}9'1\cdot 10^{-31}(3'164\cdot 10^5)^2 = 7'189\cdot 10^{-19}\ J$$