

FISICA

TEMA 5: FÍSICA CUÁNTICA Y NUCLEAR

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

a) Teoría de Einstein del efecto fotoeléctrico: concepto de fotón.

b) Un haz de luz provoca efecto fotoeléctrico en un determinado metal. Explique cómo se modifica el número de fotoelectrones y su energía cinética máxima si: i) aumenta la intensidad del haz luminoso; ii) aumenta la frecuencia de la luz incidente; iii) disminuye la frecuencia por debajo de la frecuencia umbral del metal.

FÍSICA. 2016. JUNIO. EJERCICIO 2. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

a) Einstein interpreta el efecto fotoeléctrico suponiendo que la luz incidente es un conjunto de partículas (llamadas fotones o cuantos de luz). Cada fotón tiene una energía $E = h \cdot f$, siendo h la constante de Planck y f la frecuencia de la luz.

Cuando la luz incide sobre un metal ocurre que un fotón choca con un electrón del metal y le transfiere energía E , el fotón es absorbido por el electrón. De forma que parte de la energía se usa para extraer el electrón del metal (W_0 , trabajo del metal) y el resto en energía cinética del electrón.

$$E = W_0 + E_c$$

Para que se produzca efecto fotoeléctrico la energía del fotón E , debe superar a W_0 ; dicho de otra forma, la frecuencia de la luz incidente debe superar a la frecuencia umbral del metal f_0 .

Si $f < f_0$, por mucha intensidad de luz, es decir, por muchos fotones que haya, ninguno es capaz de arrancar un electrón del metal, por lo que no se produce el efecto fotoeléctrico.

b)

i) Hay efecto fotoeléctrico. Al aumentar la intensidad de la luz, aumenta el número de fotones, con lo cual aumenta el número de electrones arrancados y aumenta la intensidad de la corriente eléctrica. La energía cinética no cambia, ya que cada fotón sigue teniendo la misma energía.

ii) Al aumenta la frecuencia de la luz incidente, aumenta la energía de cada fotón, como W_0 es constante, aumenta la energía cinética de los fotoelectrones. No aumenta el número de fotoelectrones porque la intensidad de la luz es la misma.

iii) $f < f_0$, luego deja de producirse efecto fotoeléctrico, ya que cada fotón no tiene energía suficiente para arrancar un electrón.

El ${}^{210}_{82}\text{Pb}$ emite dos partículas beta y se transforma en polonio y, posteriormente, por emisión de una partícula alfa se obtiene plomo.

a) Escriba las reacciones nucleares descritas.

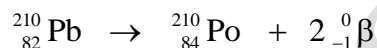
b) El periodo de semidesintegración del ${}^{210}_{82}\text{Pb}$ es de 22,3 años. Si teníamos inicialmente 3 moles de átomos de ese elemento y han transcurrido 100 años, ¿cuántos núcleos radiactivos quedan sin desintegrar?

$$N_A = 6'02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

FISICA. 2016. JUNIO. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) En nuestro caso como el plomo emite 2 partículas beta se transforma en polonio



En nuestro caso, el polonio se transforma en plomo al emitir una partícula alfa.



b) La ley de desintegración radiactiva, dice: $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t}$

$$\text{Calculamos: } N_0 = 3 \text{ moles} \cdot \frac{6'02 \cdot 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 1'806 \cdot 10^{24} \text{ átomos de Pb}$$

Luego, el número de átomos sin desintegrar es:

$$N = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = 1'806 \cdot 10^{24} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{22'3} 100} = 8'07 \cdot 10^{22} \text{ átomos}$$

Dada la reacción nuclear: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2\,{}^4_2\text{He}$

a) Calcule la energía liberada en el proceso por cada núcleo de litio que reacciona.

b) El litio presenta dos isótopos estables, ${}^6_3\text{Li}$ y ${}^7_3\text{Li}$. Razone cuál de los dos es más estable.

$1\text{u} = 1'67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $m({}^7_3\text{Li}) = 7'016005\text{ u}$; $m({}^6_3\text{Li}) = 6'015123\text{ u}$

$m({}^4_2\text{He}) = 4'002603\text{ u}$; $m({}^1_1\text{H}) = 1'007825\text{ u}$; $m({}^1_0\text{n}) = 1'008665\text{ u}$

FISICA. 2016. RESERVA 2. EJERCICIO 4. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) En la reacción: ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow 2\,{}^4_2\text{He}$

$$\Delta m = m({}^7_3\text{Li}) + m({}^1_1\text{H}) - 2 \cdot m({}^4_2\text{He}) = 7'016005 + 1'007825 - 2 \cdot 4'002603 = 0'018624\text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}}{1\text{ u}} =$$

$$= 3'110208 \cdot 10^{-29}\text{ kg}$$

Luego, la energía liberada es:

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 3'110208 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2'8 \cdot 10^{-12}\text{ J}$$

b) En la reacción: $3\text{p} + 3\text{n} \rightarrow {}^6_3\text{Li}$

$$\Delta m = 3m(\text{p}) + 3m(\text{n}) - m({}^6_3\text{Li}) = 3 \cdot 1'007825 + 3 \cdot 1'008665 - 6'015123 = 0'034347\text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}}{1\text{ u}} =$$

$$= 5'735949 \cdot 10^{-29}\text{ kg}$$

Luego, la energía liberada es:

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 5'735949 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 5'16 \cdot 10^{-12}\text{ J}$$

$$\frac{E_e({}^6_3\text{Li})}{6} = \frac{5'16 \cdot 10^{-12}}{6} = 8'6 \cdot 10^{-13}\text{ J}$$

En la reacción: $3\text{p} + 4\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li}$

$$\Delta m = 3m(\text{p}) + 4m(\text{n}) - m({}^7_3\text{Li}) = 3 \cdot 1'007825 + 4 \cdot 1'008665 - 7'016005 = 0'04213\text{ u} \cdot \frac{1'67 \cdot 10^{-27}\text{ kg}}{1\text{ u}} =$$

$$= 7'03571 \cdot 10^{-29}\text{ kg}$$

Luego, la energía liberada es:

$$E_e = \Delta m \cdot c^2 = 7'03571 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 6'33 \cdot 10^{-12}\text{ J}$$

$$\frac{E_e({}^7_3\text{Li})}{7} = \frac{6'33 \cdot 10^{-12}}{7} = 9'04 \cdot 10^{-13}\text{ J}$$

Luego es más estable el ${}^7_3\text{Li}$, ya que tiene mayor energía de enlace por nucleón.

a) ¿Qué se entiende por dualidad onda-corpúsculo?

b) Un electrón y un neutrón se desplazan con la misma energía cinética. ¿Cuál de ellos tendrá un menor valor de longitud de onda asociada? Razone la respuesta.

FISICA. 2016. RESERVA 3. EJERCICIO 2. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

a) Se entiende que la realidad es a la vez onda y partícula. En unos experimentos aparece el aspecto corpuscular o de partícula (efecto fotoeléctrico, colisiones, etc..) y en otros experimentos aparece el aspecto ondulatorio (reflexión, refracción, etc..). Todo corpúsculo tiene asociado una onda y viceversa.

$$b) E_c(n) = E_c(e) \Rightarrow \frac{1}{2} m_n v_n^2 = \frac{1}{2} m_e v_e^2 \Rightarrow m_n v_n^2 = m_e v_e^2$$

$$\text{Como: } m_n > m_e \Rightarrow v_n < v_e \Rightarrow \frac{v_n}{v_e} < 1$$

$$\frac{\lambda_n}{\lambda_e} = \frac{\frac{h}{m_n \cdot v_n}}{\frac{h}{m_e \cdot v_e}} = \frac{m_e \cdot v_e}{m_n \cdot v_n} = \frac{m_e \cdot v_e}{m_n \cdot v_n} \cdot \frac{v_e \cdot v_n}{v_e \cdot v_n} = \frac{m_e \cdot v_e^2}{m_n \cdot v_n^2} \cdot \frac{v_n}{v_e} = \frac{v_n}{v_e} < 1 \Rightarrow \lambda_n < \lambda_e$$

Tiene menos λ asociada el neutrón.

a) Escriba la ley de desintegración radiactiva y explique el significado físico de las variables y parámetros que aparecen en ella.

b) Discuta la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: “cuanto mayor es el período de semidesintegración de un material, más rápido se desintegra”.

FISICA. 2016. RESERVA 4. EJERCICIO 2. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

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

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

N = número de núclidos en un instante t

N_0 = número de núclidos iniciales $t = 0$

λ = constante de desintegración

t = tiempo que transcurre en segundos

b) El periodo de semidesintegración de un nucleido radiactivo, $t_{\frac{1}{2}}$, es el tiempo que debe transcurrir para que el número de núcleos presentes en la muestra se reduzca a la mitad, es decir, para pasar de N_0 a $\frac{N_0}{2}$.

La afirmación es falsa, ya que si $t_{\frac{1}{2}}$ aumenta, entonces es mayor el tiempo que transcurre para que se desintegren los núcleos, es decir, se desintegra más lentamente.

El trabajo de extracción del cátodo metálico en una célula fotoeléctrica es 1,32 eV. Sobre él incide radiación de longitud de onda $\lambda = 300 \text{ nm}$.

a) Defina y calcule la frecuencia umbral para esta célula fotoeléctrica. Determine la velocidad máxima con la que son emitidos los electrones.

b) ¿Habrá efecto fotoeléctrico si se duplica la longitud de onda incidente? Razone la respuesta.

$$h = 6'6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} ; e = 1'6 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9'1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

FISICA. 2016. RESERVA 4. EJERCICIO 4. OPCIÓN B

R E S O L U C I O N

$$W_0 = 1'32 \text{ eV} = 1'32 \text{ eV} \cdot \frac{1'6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2'112 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\lambda = 300 \text{ nm} = 300 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

a) La frecuencia umbral de la célula fotoeléctrica es aquella frecuencia a partir de la cual se produce efecto fotoeléctrico.

$$W_0 = h \cdot f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{2'112 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{6'6 \cdot 10^{-34}} = 3'2 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = W_0 + E_c \Rightarrow h \cdot f = W_0 + \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow h \cdot \frac{c}{\lambda} = W_0 + \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6'6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-7}} = 2'112 \cdot 10^{-19} + \frac{1}{2} 9'1 \cdot 10^{-31} v^2 \Rightarrow v = 993.163'44 \text{ m/s}$$

$$\text{b) } \lambda^* = 2\lambda \Rightarrow f^* = \frac{c}{\lambda^*} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-7}} = 5 \cdot 10^{14} > f_0$$

Sigue habiendo efecto fotoeléctrico porque se supera la frecuencia umbral.

- a) Explique los conceptos de energía de enlace nuclear y de defecto de masa.
 b) Describa las reacciones de fusión y fisión nucleares y haga una justificación cualitativa a partir de la curva de estabilidad nuclear.
FISICA. 2016. SEPTIEMBRE. EJERCICIO 2. OPCIÓN A

R E S O L U C I O N

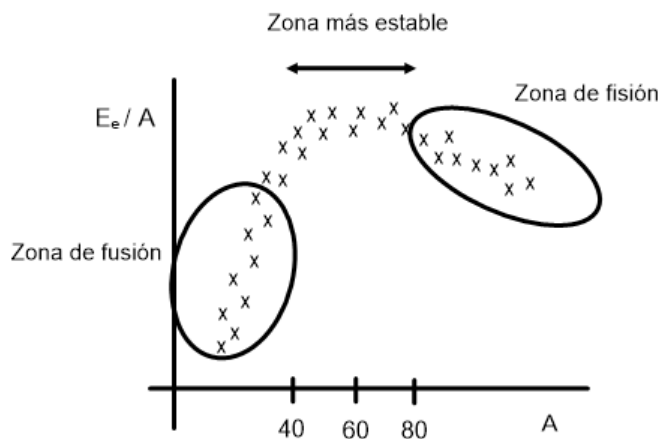
a) La suma de las masas de las partículas que constituyen un núcleo es siempre mayor que la masa del núcleo. A esta diferencia se le llama, defecto de masa (Δm).

El defecto de masa se puede entender diciendo que esa masa se ha convertido en energía que se libera al formarse un núcleo a partir de sus constituyentes.

A esta energía liberada se le llama energía de enlace (E_e).

Dicho de otra manera, si a un núcleo se le da su energía de enlace, el núcleo se descompone en todas sus partículas constituyentes.

b) 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 $40 < A < 80$. 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 .